



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI  
BABEȘ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM  
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITÄT  
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY  
TRADITIO ET EXCELLENTIA



**UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI**  
**FACULTATEA DE PSIHOLOGIE ȘI ȘTIINȚE ALE EDUCAȚIEI**  
**ȘCOALĂ DOCTORALĂ**  
**"DIDACTICA. TRADIȚIE, DEZVOLTARE, INOVAȚIE"**

# **TEZA DE DOCTORAT**

**Strategii metacognitive care îmbunătățesc conștientizarea  
metacognitivă în domeniul științelor și reduc concepțiile  
greșite la Științe la viitorii profesori de învățământ primar și  
preșcolar**

**Doctorandă: HAIUC (CĂSĂTORITĂ ȘUTEU) LAVINIA-DENISA**  
**Supervizor: UNIV. PROF. UNIV. DR. LILIANA CIASCAI**

**Cluj-Napoca**

**2024**

## CUPRINS

MULȚUMITI.....	X
DECLARAȚIE .....	XI
LISTĂ DE PUBLICAȚII.....	XII
CUPRINS.....	XIV
LISTE DE TABELE.....	XVIII
LISTĂ DE FIGURI.....	XX
LISTĂ DE ANEXE.....	XXIII
ABSTRACT.....	10
CAPITOLUL 1: Introducere.....	13
1.1 Problema de cercetare, relevanța și motivația studiului .....	14
1.2 Ipoteze generale de cercetare .....	18
1.3 Considerații privind analiza statistică .....	19
1.4 Structura lucrării.....	19
CAPITOLUL 2: Concepții științifice greșite, schimbare conceptuală și metacogniție. Aspecte teoretice esențiale .....	21
2.1 Perspective teoretice privind dezvoltarea conceptelor științifice și concepțiile greșite despre științe .....	21
2.1.1 Perspective teoretice privind dezvoltarea conceptelor științifice.....	22
2.1.2 Concepții științifice greșite. Cadrul teoretic .....	25
2.2 Schimbarea conceptuală. Context teoretic .....	30
2.3 Rădăcinile istorice ale metacogniției în context școlar. Conceptualizări timpurii și actuale .....	38
2.4 Metacogniția în educația .....	48
Capitolul 3. Caracteristici ale conștientizării metacognitive în domeniul științelor la viitorii profesori de învățământ preșcolar și primar. O analiză exploratorie.....	51
3.1 Introducere .....	51
3.2 Metacogniția în contextul educațional .....	51
3.2.1 Cadrul teoretic metacognitiv .....	51
3.2.2 Metacogniția la viitorii profesori de învățământ primar .....	53
3.3 Enunțarea problemei, obiective și întrebări de cercetare .....	54
3.4 Metodologie .....	55
3.5 Rezultate.....	57
3.6 Concluzii și discuții .....	73
CAPITOLUL 4: "SOARELE DISPARE NOAPTEA!" Așa este? Rolul predictiv al conștientizării metacognitive asupra concepțiilor greșite la Științe.....	29

4.1 Cadrul teoretic .....	76
4.1.1 Concepții greșite la științe la profesori.....	76
4.1.2 Metacogniție și concepții greșite la științe .....	81
4.2 Ipoteze de cercetare .....	83
4.3 Metodologie .....	84
4.3.1 Participanți .....	84
4.3.2 Instrumente .....	84
4.3.3 Colectarea datelor .....	86
4.4 Rezultate.....	86
4.4.1 Statistici descriptive .....	86
4.4.2 Rolul predictiv al conștientizării metacognitive asupra concepțiilor greșite la științe. O analiză de regresie .....	91
4.5 Concluzii și discuții .....	93
Capitolul 5: Concepții greșite la științe și strategii de învățare: un model de “analiză de cale” .....	96
5.1 Strategii de învățare metacognitivă, strategii de învățare profundă și strategii de învățare strategică. Perspective teoretice .....	96
5.2 Scopul studiului .....	99
5.3 Ipoteza cercetării .....	99
5.4 Metodologie .....	100
5.4.1 Participanți .....	100
5.4.2 Instrumente .....	100
5.4.3 Colectarea datelor .....	102
5.5 Rezultate.....	103
5.5.1 Statistici descriptive .....	103
5.5.2 Analiza de regresie .....	104
5.5.3 Analiza modelării ecuațiilor structurale .....	108
5.5.4 Teste pentru diferențele de grup.....	111
5.5.5 Analiza grupelor: o tipologie a studenților din domeniul științelor .....	113
5.6 Discuții și concluzii .....	116
CAPITOLUL 6. Efectul modelului de instruire MDS (Metacognitive-Deep-Strategic) asupra nivelului de concepții greșite la științe și a conștientizării metacognitivea studenților .....	44120
6.1 Model teoretic .....	
6.2 Ipoteze de cercetare .....	127
6.3 Metodologie .....	127

6.3.1 Participanți .....	127
6.3.2 Instrumente .....	127
6.3.3 Colectarea datelor și implementarea programului .....	129
6.4 Rezultate.....	129
6.4.1 Caracteristici demografice.....	131
6.4.2 Distribuția datelor.....	131
6.4.3 Analize corelaționale .....	132
6.4.4 Pre-test / post-test - test t pentru eșantioane independente .....	135
6.4.5 Analiza între subiecți: grupul experimental .....	138
6.4.6 Explicațiile studenților privind fotosinteza, proprietățile materiei și sistemul solar .....	139
6.5 Discuții și concluzii.....	140
CAPITOLUL 7. Impactul textelor refutaționale, al textelor expositive și al textelor bazate pe manuale asupra concepțiilor greșite și a înțelegerii științei .....	143
7.1 Cadru teoretic .....	143
7.1.1 Introducere .....	143
7.1.2 Concepții greșite despre fotosinteză .....	145
7.1.3 Sistemul solar și concepțiile greșite legate de Pământ.....	150
7.1.4 Concepții greșite legate de lumină .....	154
7.1.5 Texte refutaționale, texte expositive și texte bazate pe manuale .....	161
7.2 Ipoteze de cercetare .....	166
7.3 Metodologie .....	167
7.3.1 Participanți .....	167
7.3.2 Instrumente .....	168
7.3.3 Colectarea datelor .....	169
7.4 Constatări .....	171
7.4.1 Analiza pre-test / post-test .....	171
7.4.3 Comparații între grupuri.....	177
7.5 Discuții și concluzii .....	179
CAPITOLUL 8. Concluzii generale și discuții. Contribuții originale. Limite și direcții viitoare de cercetare .....	181
8.1 Implicații teoretice. Concluzii .....	181
8.2 Abordarea teoretică a învățării metacognitive - profunde - strategice .....	183
8.3 Implicații practice. Concluzii .....	185
8.4 Limite și direcții pentru cercetări viitoare .....	187
REFERINȚE .....	189



## ABSTRACT

Metacogniția a fost studiată intens în ultimul deceniu și deține un rol-cheie în predare și învățare, fiind un punct de interes atât pentru cercetători, cât și pentru practicienii din domeniul științelor educației. Profesorii sunt actori-cheie în dezvoltarea metacogniției studenților, astfel că trebuie să aibă ei înșiși competențe metacognitive. De asemenea, metacogniția influențează înțelegerea conceptelor științifice. Metacogniția este o variabilă cheie atât în înțelegerea conținutului științific cât și în generarea schimbării conceptuale la științe și reducerea concepțiilor greșite legate de știință (Beeth, 1995; Gunstone & Mitchell, 1998; Wandersee et al., 1998). Având în vedere toate acestea, studiul de față se axează asupra conștientizării metacognitive și a concepțiilor greșite la științe la viitorii profesori de învățământ preșcolar și primar. Obiectivul principal al studiului a fost dezvoltarea și testarea impactului unui program axat pe strategii de învățare metacognitivă, profundă și strategică asupra conștientizării metacognitive și a și concepțiilor greșite la științe la studenții viitori profesori. Al doilea obiectiv al studiului este axat pe testarea eficacității a trei tipuri de texte asupra concepțiilor științifice greșite ale studenților: texte de disputare, texte expositive și texte din manualele de științe. În vederea atingerii primului obiectiv al acestei lucrări au fost efectuate mai multe studii. Cu o bază teoretică bine dezvoltată, capitolul doi al acestei lucrări prezintă principalele teorii privind conștientizarea metacognitivă, concepțiile greșite la științe și schimbarea conceptuală. După prezentarea celor mai importante perspective teoretice privind conștientizarea metacognitivă și concepțiile greșite la științe, au fost realizate cinci studii care au condus la atingerea obiectivului principal al acestei teze. Lucrarea de față utilizează atât metodologia calitativă, cât și cea cantitativă, permițând astfel prezentarea unor date de profunzime.

Primul studiu se bazează pe o cercetare exploratorie și investighează caracteristicile conștientizării metacognitive la viitorii profesori din învățământul preșcolar și primar. Folosind un design de cercetare mixt, participanții au completat Inventarul conștiinței metacognitive (MAI), două întrebări deschise și o sarcină de tip vignietă, toate axate pe învățarea la științe. Rezultatele au arătat că desigur studenții au raportat un nivel ridicat de conștientizare metacognitivă la scala de auto-evaluare MAI, datele calitative arată că aceștia au puține cunoștințe metacognitive. În plus, acest studiu evidențiază caracteristicile specifice ale metacogniției la viitorii profesori, caracteristici pe care practicienii ar trebui să le ia în considerare atunci când dezvoltă și implementează programe de formare pentru stimularea competențelor metacognitive. Având la bază rezultatele acestui prim studiu, aducem în discuție importanța includerii competențelor metacognitive în programele de formare inițială și continuă a profesorilor.

În cel de-al doilea studiu, am efectuat o analiză de regresie pentru a testa valoarea predictivă a conștientizării metacognitive asupra concepțiilor greșite la științe. Studiul a utilizat un eșantion de 252 de participanți, dintre care 107 au fost viitori profesori de învățământ primar și preșcolar, în timp ce

145 au fost profesori preuniversitari cu activitate la catedră. Grupul de studenți a fost omogen din punct de vedere al vârstei, al educației și al independenței financiare, fiind toți studenți în anul 3 la o universitate cunoscută din România. Vârsta medie a acestora a fost de 22,44 ani și 51% provin din mediul rural, iar 56% din mediul urban. Pentru grupul de profesori practicieni, vârsta medie a fost de 43,67 ani, cu o experiență medie de predare de 20,17 ani.

Scopul acestui studiu este de a testa valoarea predictivă a conștientizării metacognitive asupra concepțiilor greșite la științe. Specific, ne așteptăm să arătăm că abilitățile ridicate de conștientizare metacognitivă prezic niveluri scăzute de concepții greșite la știință. Astfel, un program formativ care se concentrează pe creșterea metacogniției studenților în învățarea științelor ar trebui să conducă la niveluri scăzute de concepții greșite în domeniul științelor.

Al treilea studiu analizează relațiile dintre concepțiile greșite la științe, strategiile de învățare profundă, strategiile strategice de învățare și concepțiile greșite la științe. Studiul testează modul în care aceste variabile se influențează reciproc și modul în care ar putea fi combinate pentru a avea cel mai mare impact asupra procesului de învățare. Studiul a avut un grup de 211 viitori profesori care au completat online un set de scale de autoevaluare. Dintre aceștia, un număr de 104 erau înscriși în programul de studii cu frecvență în timp ce 107 studenți cursurile învățământului la distanță. Analiza datelor a indicat faptul că strategiile de învățare profundă și strategică sunt predictorii semnificativi ai conștientizării metacognitive care, la rândul său, are un impact ridicat asupra concepțiilor greșite la științe. Trei modele au fost testate în acest studiu, utilizând programul statistic AMOS. Cel mai bun model aduce contribuții semnificative la literatura de specialitate și arată rolul mediator al conștientizării metacognitive între învățarea profundă și strategică și concepțiile greșite la științe. Prin urmare, programul dezvoltat pentru a îmbunătăți conștientizarea metacognitivă și a reduce concepțiile greșite la științe a fost numit "abordarea Metacognitivă-Profundă-Strategică (MDS)". Abordarea MDS promovează abilități de învățare profunde, strategice și metacognitive pentru a crește conștientizarea metacognitivă a studenților și pentru a reduce concepțiile greșite ale acestora în domeniul științelor. Programul dezvoltat a fost testat în cel de-al patrulea studiu al acestei lucrări.

Programul MDS fost implementat în cadrul unui curs obligatoriu la științe cu un număr de 89 de studenți. Dintre aceștia, 56 au fost incluși în grupul experimental și 33 în cel de control. Cursul s-a desfășurat pe o perioadă de 12 săptămâni, cu sesiuni de evaluare pre-test și post-test. Temele abordate au fost fotosinteza, sistemul solar și proprietăți și modificări ale materiei. Pentru a evalua concepțiile științifice greșite legate de cele trei subiecte, am utilizat paisprezece afirmații de tip adevărat-fals. Pentru a reduce probabilitatea răspunsurilor aleatorii, studenții au fost rugați să își explice alegerea sau să argumenteze de ce cred că afirmația aleasă de ei este adevărată sau falsă. Așadar, cei care nu au oferit o explicație corectă, nu au primit punctajul alocat răspunsului corect. Rezultatele acestui studiu sunt promițătoare, arătând că abordarea educațională MDS, care este ușor de implementat în predarea zilnică, îmbunătățind conștientizarea metacognitivă la științe și reducând concepțiile greșite

legate de fotosinteză, sistemul solar și proprietățile materiei. Ghidul de intervenție are cinci pași principali care sunt ușor de înțeles și de aplicat: (1) stabilirea sarcinii care trebuie rezolvată; (2) identificarea cunoștințelor, abilităților și resurselor necesare pentru rezolvarea sarcinii; (3) alegerea celor mai adecvate strategii de învățare pentru sarcina de învățare; (4) aplicarea strategiilor de învățare alese și (5) evaluarea învățării. Impactul programului pentru conștientizarea metacognitivă a fost de 0,554, iar pentru concepțiile greșite la științe am obținut un coeficient Cohen d de 1,705. Programul și-a atins obiectivul și a crescut gradul de conștientizare metacognitivă a studenților în învățarea științelor, reducând în același timp nivelul lor de concepții greșite la științe.

Deoarece utilizarea metacogniției în predare este considerată consumatoare de timp de către mulți profesori și deoarece unii profesori nu sunt familiarizați cu metacogniția și au prea puține informații despre cum o pot introduce în abordarea lor didactică, în ultima cercetare ne-am concentrat atenția asupra textelor cu conținut științific. Deși există multe cercetări care arată că textele de disputare sunt utile în diminuarea concepțiilor greșite la științe și în generarea de schimbări conceptuale, în ultimul nostru studiu am realizat o analiză comparativă a impactului a trei tipuri de texte asupra concepțiilor greșite la științe: texte de disputare, texte expositive și texte bazate pe manualele de științe. Din cunoștințele noastre, acesta este primul studiu care testează efectul tuturor acestor trei tipuri de texte în predarea și învățarea științelor. Acest ultim studiu axat pe diferite tipuri de texte ne arată că textele de disputare au un impact mai mare asupra concepțiilor greșite la științe în comparație cu textele expositive și textele bazate pe manuale. Impactul cel mai mare al textelor de disputare a fost asupra fotosintezei, urmată de sistemul solar și, în cele din urmă, de tema relaționată luminii și a modului în care vedem lucrurile din jurul nostru. Principala concluzie a acestui ultim studiu este că textele de disputare din domeniul științelor ar trebui introduse în toate manualele de științe deoarece acestea sunt utilizate pe scară largă atât de profesori, cât și de studenți (Guzzetti et al., 1992; Mikkila-Erdmann, 2011; Tippett, 2014). Includerea textelor de disputare în manualele de științe ar avea un impact uriaș asupra concepțiilor greșite la științe ale studenților, facilitând astfel înțelegerea conceptuală în domeniul științelor și creșterea alfabetizării științifice.

#### CUVINTE CHEIE:

- Conștientizarea metacognitivă la științe
- Concepții greșite la științe
- Viitori profesori de învățământ primar și preșcolar
- Schimbarea conceptuală
- Învățare metacognitivă, de profunzime și strategică
- Texte de disputare
- Texte expositive
- Texte din manualele de științe



## **CAPITOLUL 1. Introducere**

Ce este important pentru studenții de astăzi? Să învețe cât mai mult conținut sau să fie capabili să analizeze multitudinea de informații care în înconjoară zilnic și să învețe eficient și independent? A fi o persoană care învață eficient este extrem de important astăzi, dacă luăm în considerare cantitatea de informații pe care o putem găsi în diverse medii. Studenții trebuie să fie capabili să învețe eficient pentru a putea face față cantității uriașe de informații și pentru a se putea adapta la schimbările continue impuse de societatea informațională. Cu toate acestea, cum poate un student să devină un învățăcel eficient? Există modalități specifice prin care o persoană își poate îmbunătăți învățarea, iar una dintre acestea este învățarea metacognitivă. Învățarea este o activitate complexă care implică utilizarea diferitelor strategii, inclusiv planificarea, activarea cunoștințelor anterioare, monitorizarea, evaluarea și reflecția. În literatura de specialitate, aceste strategii au devenit cunoscute ca strategii metacognitive de învățare. Cunoștințele și abilitățile metacognitive în context educațional ne permit să căutăm, să selectăm și să evaluăm informații, să alegem și să evaluăm strategii de învățare, să ne cunoaștem punctele forte și punctele slabe legate de modul în care învățăm cel mai bine și de modul în care funcționează procesele noastre cognitive. Pentru ca studenții să poată învăța eficient, trebuie să avem profesori eficienți cu un nivel ridicat de competențe metacognitive.

### **1.1 Problema de cercetare, relevanța și motivația studiului**

Cercetările indică faptul că, în practică, puțini studenți se concentrează asupra modului în care învață și chiar mai puțini își folosesc metacogniția atunci când învață. Ei se concentrează mai degrabă pe învățarea pe de rost și pe învățarea diversilor algoritmi pentru rezolvarea problemelor. Aceste strategii îi ajută să obțină rezultate bune la științe și la diferite discipline școlare, dar nu și să înțeleagă și să utilizeze în viața de zi cu zi informațiile științifice dobândite în context școlar. Pe lângă aceste probleme, cercetările indică (Frenkel, 2014) că majoritatea studenților care abandonează școala, care repetă anul sau care se confruntă cu dificultăți școlare au competențe și cunoștințe metacognitive scăzute, una dintre principalele lor probleme fiind că nu știu cum să învețe eficient.

Există puține cercetări preocupate de impactul programelor care urmăresc să dezvolte cunoștințele și abilitățile metacognitive ale studenților și profesorilor din România (Mih & Mih, 2008; Mih, 2010). În ceea ce privește învățarea și predarea metacognitivă în domeniul științelor, numărul studiilor realizate cu populație românească este nesemnificativ pentru a avea rezultate concludente care să fie utilizate în proiectarea și implementarea unui curs eficient axat pe metacogniție. Lucrarea de față acoperă această lacună și se concentrează pe testarea impactului unui program de intervenție metacognitivă atât asupra conștientizării metacognitive a viitorilor profesori de învățământ primar și preșcolar, cât și asupra înțelegerii conceptelor științifice de bază. Pentru a rezuma, considerăm că

dezvoltarea metacogniției la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar ar facilita rezolvarea, cel puțin într-o anumită măsură, a problemei analfabetismului la științe în rândul elevilor și studenților.

Având în vedere informațiile de mai sus, acest studiu are un scop dublu. În primul rând, să verificăm impactul unei intervenții bazate pe strategii metacognitive asupra conștientizării metacognitive și a concepțiilor greșite la științe la studenții viitori profesori. În al doilea rând, ne propunem să testăm efectul binecunoscutelor texte de disputare asupra concepțiilor greșite la științe (comparativ cu textele expositive și textele bazate pe manuale) în populația specifică a viitorilor profesori de învățământ primar și preșcolar.

Studiul are următoarele contribuții esențiale:

- (1) Creșterea gradului de înțelegere a modului în care strategiile de învățare metacognitivă pot fi utilizate pentru a îmbunătăți conștientizarea metacognitivă în învățarea științelor și pentru a reduce concepțiile greșite despre științe, în contextul predării și învățării zilnice a acestei discipline.
- (2) Informarea factorilor de decizie asupra importanței introducerii metacogniției în predarea științelor, în scopul dezvoltării unei înțelegeri profunde a conținutului științific.
- (3) Factorii de decizie din domeniul educației pot propune introducerea explicită a metacogniției în programa școlară în domeniul științelor și pot stabili modul în care acest lucru ar putea fi pus în practică în mod eficient.
- (4) Modificarea manualelor de științe existente pentru a introduce texte de disputare care să dezbată și să explice unele dintre cele mai frecvente concepții greșite la științe.

Cum ar arăta integrarea metacogniției în predarea științelor? Deși există cercetări în această direcție în întreaga lume, este adesea destul de dificil pentru practicieni să transpună și să aplice rezultatele diverselor cercetări în practica lor didactică de zi cu zi. De cele mai multe ori, articolele de cercetare publicate în diverse jurnale de specialitate nu prezintă toate activitățile implementate în scopul dezvoltării metacogniției studenților, astfel încât alți cercetători și practicieni să le poată adapta și utiliza. Pe de altă parte, cu o simplă căutare pe internet se poate găsi un număr foarte mare de activități al cărui scop declarant este să crească conștientizarea metacognitivă a studenților în domeniul științelor. Cu toate acestea, nu există dovezi care să arate că acestea sunt de fapt eficiente, deși pot părea interesante și centrate pe elev. Există o nevoie mai mare de studii care să ofere atât cercetătorilor, cât și practicienilor descrieri detaliate ale acestor programe. Acest studiu își propune să depășească această limită, prin prezentarea detaliată a activităților utilizate în programul de formare propus în această lucrare.

## 1.2 Scopul, obiectivele și întrebările de cercetare

Acest studiu își propune să răspundă la următoarea întrebare de cercetare: "Ce impact au strategiile de predare metacognitivă asupra concepțiilor greșite la științe și asupra conștientizării metacognitive la candidații la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar?". Pornim de la

ipoteză că programul formativ va îmbunătăți înțelegerea conceptelor științifice și nivelul conștientizării metacognitive la această populație specifică.

### **Scopul:**

- (1) Dezvoltarea și testarea unui program axat pe strategii metacognitive pentru a crește gradul de conștientizare metacognitivă a viitorilor profesori și a reduce nivelul lor de concepții greșite la științe.
- (2) Testarea eficacității textelor științifice de disputare asupra concepțiilor științifice greșite.

### **Obiective:**

- (1) Identificarea particularităților metacogniției la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar.
- (2) Determinarea celor mai frecvente concepții greșite la științe la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar și relația acestora cu metacogniția.
- (3) Investigarea valorii predictive a trei tipuri de strategii de învățare (metacognitive, de profunzime și strategice) asupra conștientizării metacognitive și concepțiilor greșite la științe.
- (4) Proiectarea și testarea unui program educațional bazat pe strategii metacognitive pentru a crește gradul de conștientizare metacognitivă a studenților și pentru a le reduce concepțiile greșite legate de știință (utilizând un design cvasi-experimental).
- (5) Identificarea efectului textelor de disputare, expositive și bazate pe manual asupra concepțiilor greșite la științe.

Pentru a oferi o descriere și o înțelegere bogată a modului în care variabilele care ne interesează apar în populația specifică a viitorilor profesori și a modului în care interacționează între ele, în analiza statistică sunt incluse mai multe variabile demografice, cum ar fi statutul profesorilor (viitori profesori versus profesori practicieni) și tipul de studii urmate de profesori (învățământ la zi sau învățământ la distanță).

### **Întrebări de cercetare:**

- (1) Ce cunoștințe și abilități metacognitive au viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar?
- (2) Care sunt cele mai frecvente concepții greșite la științe ale viitorilor profesori de învățământ primar (comparativ cu cele ale profesorilor practicieni)?
- (3) Care este relația dintre conștientizarea metacognitivă și concepțiile greșite la științe?
- (4) Care sunt cele mai eficiente strategii de învățare care dezvoltă și sporesc conștientizarea metacognitivă a viitorilor profesori în domeniul științelor și reduc în același timp nivelul de concepții greșite la științe?
- (5) Care este efectul unui program de strategii de predare metacognitivă (MDS) asupra concepțiilor greșite și a conștientizării metacognitive la viitorii profesori?

(6) Care este efectul textelor de disputare, expositive și bazate pe manuale asupra concepțiilor greșite la științe?

## **1.2 Ipoteza generală a cercetării**

**H1:** Conștientizarea metacognitivă este un predictor semnificativ al concepțiilor greșite la științe.

**H2:** Diferite strategii de învățare (metacognitive, strategice și de profunzime) prezic niveluri diferite de concepții greșite la științe.

**H3:** Studenții care participă la cursurile bazate pe MDS au niveluri mai scăzute de concepții greșite la științe comparativ cu cei care nu participă la un astfel de curs.

**H4:** Studenții care participă la cursurile bazate pe MDS își îmbunătățesc nivelul de conștientizare metacognitivă în învățarea științelor.

**H5:** Textele de disputare au un impact mai mare asupra reducerii nivelului de concepții greșite la științe în comparație cu textele expositive și textele bazate pe manuale.

**H6:** Textele expositive au un impact mai mare în reducerea nivelului de concepții greșite la științe comparativ cu textele bazate pe manuale.

## **1.3 Considerații privind analiza statistică**

Abordarea constructelor educaționale și psihologice nu este o sarcină ușoară, deoarece aceste constructe sunt dificil de măsurat în mod direct. Majoritatea acestor constructe sunt variabile latente care pot fi operaționalizate și măsurate prin comportamente observabile specifice. În plus, majoritatea scalelor de evaluare utilizate pentru măsurarea constructelor psihologice și educaționale sunt scale de autoevaluare, ceea ce implică faptul că participanții își evaluează și raportează singuri comportamentele, atitudinile și intențiile. O atenție deosebită a fost acordată scalelor de auto-evaluare de tip Likert. Deși aceste scale sunt în primul rând ordinale, ele au fost adesea considerate și tratate ca scale de interval și prelucrate cu ajutorul analizei statistice parametrice. Diferite scale care măsoară constructe precum anxietatea, stima de sine, convingerile, intențiile, atitudinile, toate cu aplicații în domeniul educațional și al didacticii, au fost măsurate cu ajutorul scalelor Likert. Au fost elaborate diverse modele teoretice a căror dezvoltare a fost posibilă prin utilizarea instrumentelor de tip Likert. Există cercetători care susțin că analiza parametrică poate fi efectuată cu date de tip Likert, fiind suficient de robustă pentru a stabili concluzii valide din punct de vedere științific (Sullivan & Artino, 2013; Norman, 2010). În plus, tratarea scalelor Likert cu statistici parametrice este considerată adecvată dacă există un scor compozit sau global care poate fi calculat pentru scală. Având în vedere toate aceste considerente, am tratat scalele Likert utilizate în această lucrare cu statistici parametrice, pentru datele care aproximează distribuția Gaussiană sau normală.

## **1.4 Structura lucrării**

Primul capitol al tezei evidențiază problema de cercetare, scopul, obiectivele, întrebările și ipotezele de cercetare. Pentru a înțelege conceptele și perspectivele teoretice care stau la baza acestei lucrări, al doilea capitol abordează definițiile, teoriile, clasificările și dimensiunile principalelor constructe ale cercetării: concepțiile greșite la științe și conștientizarea metacognitivă. În capitolele următoare descriem cele cinci studii majore realizate pentru a atinge scopul tezei: testarea impactului unui program bazat pe strategii de predare-învățare metacognitivă asupra conștientizării metacognitive și concepțiilor greșite la științe. Fiecare capitol urmează structura unui articol de cercetare clasic, având o secțiune cu o bază teoretică, urmată de secțiunile de metodologie, analize și rezultate ale cercetării. Chiar dacă structura capitolelor o urmează pe cea a unui articol științific, secțiunea teoretică este mai extinsă decât în cazul unui articol științific.

## **CAPITOLUL 2. Concepții științifice greșite, schimbare conceptuală și metacogniție. Aspecte teoretice esențiale**

### **2.1 Perspective teoretice asupra concepțiilor greșite la științe**

Concepțiile greșite la științe au fost în centrul atenției cercetătorilor încă de la sfârșitul anilor 1970. Odată cu dezvoltarea constructivismului, cercetătorii au început să acorde atenție conceptelor precum preconcepții, concepții greșite, concepții alternative sau greșeli și erori de învățare. Termenul de concepție greșită a fost utilizat intersanjabil cu termeni precum preconcepții, credințe false, credințe alternative, concepții naive, credințe neștiințifice sau cunoștințe intuitive. Cu toate acestea, există cercetări care încearcă să diferențieze clar între toate aceste concepte.

Concepțiile științifice greșite pot fi definite ca explicații incorecte ale conceptelor științifice sau explicații care contrazic dovezile științifice existente. Acestea se regăsesc aproape în aceeași formă în diferite culturi și sunt utilizate pentru a rezolva și explica atât sarcini academice, cât și experiențe cotidiene. Astfel, ele au un rol important atât în viața copiilor, cât și a adulților. Smith și colegii săi (1993) au afirmat că unele dintre principalele caracteristici ale concepțiilor greșite sunt caracterul lor greu de schimbat. Unii cercetători susțin că concepțiile greșite nu pot fi văzute doar ca o simplă neînțelegere a conceptelor (Gomez-Zwiep, 2008). În schimb, acestea sunt strâns relaționate de alte concepte formând adesea o rețea puternică de baze de cunoștințe (Southerland et al., 2001).

Având în vedere numeroasele concepții greșite din domeniul științelor naturii, acest subcapitol și-a propus să ofere o definiție inteligibilă a ceea ce înseamnă acest concept și să evidențieze unele dintre cele mai cunoscute abordări teoretice pe această temă. Concepțiile științifice greșite pot fi abordate prin intermediul unui proces cunoscut în literatura de specialitate sub denumirea de schimbare conceptuală.

Schimbarea conceptuală are un rol esențial în educația formală, deoarece studenții vin în clasă cu o serie de cunoștințe anterioare care pot facilita sau împiedica învățarea. Cunoștințele anterioare ale studenților pot fi consolidate sau puse la îndoială și provocate în contextul predării la clasă. Schimbarea conceptuală poate fi privită ca orice modificare care apare în organizarea specifică a propriilor concepte.

Pentru a promova alfabetizarea științifică este esențial să se abordeze și să se corecteze concepțiile greșite la științe. Studenții au nevoie de sprijin din partea profesorilor pentru a înțelege cu exactitate conceptele științifice. Diagnosticarea și modificarea concepțiilor greșite ale studenților au fost identificate de mulți cercetători ca o componentă esențială a eficienței procesului de predare (Seo et al., 2016). Astfel, profesorii au un rol esențial în furnizarea de informații bazate pe dovezi științifice, care încurajează, de asemenea, dezvoltarea gândirii critice. Cu toate acestea, Stein și colegii (2008) au subliniat că există o mare probabilitate ca elevii să aibă profesori cu multe concepții științifice greșite.

Ei au subliniat, de asemenea, că profesorii au o mare influență asupra modului în care elevii înțeleg conceptele științifice, în special în învățământul primar.

Pintrich și colegii săi (1993) au susținut că schimbarea conceptuală implică mai mult decât factorii cognitive menționați în majoritatea modelelor teoretice și au adus în atenția cercetătorilor importanța factorilor afectivi precum motivația, implicarea și interesele studenților. Ei susțin că doar cogniția singură nu poate explica în întregime procesul de învățare care are loc în contextul clasei, context în care emoțiile și relațiile au o mare influență asupra învățării.

O varietate de teorii ale schimbării conceptuale s-au dezvoltat pentru a explica modul în care concepțiile greșite pot fi schimbate în concepții științifice. Potrivit lui Goris și Dyrenfurth (2010), cele mai cunoscute teorii ale schimbării conceptuale sunt: modelul schimbării conceptuale (Posner et al.), modificarea cadrului alternativ, teoria lui Kuhn, teoria transformărilor treptate ale teoriei naive, teoriile revizuirii modelelor mentale și a credințelor, teoria învățării a lui Piaget, teoria categorizării ontologice greșite a lui Chi și perspectiva lui DiSessa asupra concepțiilor greșite. Ronen (2017) enumeră mai multe metode diferite care pot fi utilizate pentru schimbarea conceptuală, cum ar fi predicția - observarea - explicarea (POE), modelul dual de învățare situată (DSLMM), mediile deschise de învățare (OLE) și modelele analogice. Indiferent de strategiile utilizate pentru a schimba concepțiile greșite ale elevilor, majoritatea dintre acestea implică crearea unui conflict cognitiv. Aceasta înseamnă că noile informații pe care le primește un elev trebuie să contrazică cunoștințele sale anterioare astfel încât să aibă dificultăți în integrarea lor în baza de cunoștințe existentă.

Pintrich și colegii săi (1993) au integrat factorii cognitivi și metacognitivi cu factorii motivaționali și contextuali și au dezvoltat un model “fierbinte” de schimbare conceptuală în care controlul volițional, reglarea, metacogniția și evaluarea sunt indispensabile. De fapt, credem că metacogniția este necesară pentru ca schimbarea conceptuală să aibă loc indiferent de abordarea teoretică la care se aderă. Metacogniția este necesară chiar și în modelul lui Posner și al colegilor săi, deoarece studenții trebuie să își folosească abilitățile metacognitive pentru a stabili dacă sunt nemulțumiți de cunoștințele lor actuale și dacă cel nou este plauzibil, prolific și inteligibil.

Includerea metacogniției în modelele de schimbare conceptuală a început cu modelul dezvoltat de Alsop și Watts (2000; 2002) (Kural & Kocakulah, 2016). Strategiile de învățare profundă, reflecția și gândirea metacognitivă au fost, de asemenea, incluse în modelul de reconstrucție cognitivă a cunoștințelor (Dole & Sinatra, 1998). Modelele teoretice care includ în mod explicit metacogniția în modelele de schimbare conceptuală sunt cele care se concentrează pe structurile “fierbinți” ale cogniției sau pe cogniția “fierbinte”.

Stein și colegii săi (2008) au subliniat că profesorii au o influență puternică asupra modului în care studenții își formează înțelegerea științifică, în special în învățământul primar. Pentru a promova alfabetizarea științifică și pentru a identifica și schimba concepțiile greșite ale elevilor și studenților în domeniul științelor, profesorii trebuie mai întâi să identifice aceste concepții greșite. Angajamentul

metacognitiv favorizează înțelegerea conceptuală în domeniul științelor și, astfel, previne dezvoltarea concepțiilor greșite în domeniul științelor și ar putea contribui la schimbarea acestora. Strategiile bazate pe învățarea metacognitivă s-au dovedit a fi abordări excelente pentru schimbarea concepțiilor greșite la științe (Wandersee et al., 1998). Autori precum Beeth (1995), Gunstone și Mitchell (1998) sau Wandersee și colegii (1998) susțin că, pentru ca schimbarea conceptuală să aibă loc, studenții trebuie să aibă competențe metacognitive. Altfel spus, ei trebuie să își monitorizeze învățarea pentru a identifica ce nu înțeleg și să utilizeze strategii specifice pentru a-și regla și evalua învățarea. În subcapitolul următor vom discuta implicațiile teoriilor metacognitive în învățare în general și în învățarea la științe în special.

## **2.2 Metacogniția în contextul școlar. Conceptualizări timpurii și actuale.**

Fondatorul conceptului de metacogniție este considerat Flavell, care a început să scrie despre metamemorie în anii 1970. În ceea ce privește rădăcinile metacogniției, accentul inițial a fost pus pe modul în care copiii își amintesc informațiile. Pornind de la concepte precum amintiri și rememorare, a fost dezvoltat termenul de metamemorie. Metamemoria se referă la conștientizarea de către un copil a propriei sale memorii sau, în cuvinte simple, așa cum subliniază Sullivan și Howe (1995), se referă la convingerile despre propria memorie. Flavell a definit metamemoria ca fiind cunoașterea și conștientizarea unei persoane cu privire la propria sa memorie și a dezvoltat și descris o taxonomie a metamemoriei (1995). Pe lângă scrierile sale despre metamemorie, Flavell și alți cercetători (de exemplu, Brown) analizau relațiile dintre teoria minții și diverse aspecte ale dezvoltării cognitive și ale metacogniției, generând astfel un val puternic de cercetări asupra metacogniției în domeniile psihologiei dezvoltării, psihologiei cognitive și educaționale.

Pentru a înțelege metacogniția, au fost elaborate mai multe modele teoretice. Modelele teoretice cu aplicații în domeniul educațional permit cercetătorilor să înțeleagă natura și componentele acestui concept. Cadrul teoretic oferă cercetătorului o linie de bază pentru studiu, indicând care este cea mai potrivită abordare de cercetare pe care investigatorul ar trebui să o urmeze. După cum bine au subliniat Adom, Hussein și Agyem (2018), cadrul teoretic are următoarele beneficii pentru un cercetător: încadrează studiul într-o anumită abordare filosofică, epistemologică și metodologică și ghidează întregul proces de realizare a unei cercetări și de redactare a unei lucrări de cercetare: oferă o definiție adecvată a problemei și a conceptului studiat, redactarea revizuirii literaturii de specialitate, alegerea metodelor adecvate pentru colectarea și analiza datelor și pentru raportarea rezultatelor și integrarea acestora într-un cadru conceptual. Fiind un subiect de mare interes pentru cercetători, metacogniția este conceptul-cheie al mai multor modele teoretice. Pentru a prezenta pe scurt aceste modele teoretice, vom utiliza clasificarea modelelor teoretice ale metacogniției realizată de Pena-Ayala și Cardenas (2015).



Pena-Ayala și Cardenas' (2015) au clasificat modelele teoretice ale metacogniției în două categorii principale: (1) modelele clasice ale metacogniției și (2) modelele declarative și procedurale ale metacogniției. Prima categorie pune accent pe organizarea și relațiile dintre componentele metacogniției și cuprinde: modelul de monitorizare metacognitivă (Flavell), modelul cunoașterii și reglării cognitive (Brown), modelul ierarhic al lui Nelson și Narens, modelul executiv-obiect și modelul lui Shimamura. A doua categorie caracterizează metacogniția ca o succesiune de etape sau procese care se dezvoltă odată cu procesul de dezvoltare al unui individ. Această ultimă categorie are următoarele nouă modele: modelul lui Kuhn, modelul lui Alexander și Schwanenflugel, modelul componential al lui Tobias și Everson, cadrul lui Schraw, modelul cunoașterii meta-strategice al lui Zohar, modelul lui Efklides (toate acestea sunt considerate drept modele descriptive ale metacogniției), modelul lui Veenmans, modelul de conștientizare Zelazo și modelul metacognitiv și afectiv al învățării autoreglate al lui Efklides (modele procedurale ale metacogniției).

Potrivit lui Avargil și colegilor (2018), cercetările relaționate conștientizării metacognitive în domeniul științei implică două categorii principale de studii: studiile teoretice și studiile empirice. Studiile empirice se pot împărți la rândul lor în trei tipuri: (a) studii axate pe instrumente de evaluare a metacogniției, (b) studii axate pe procese de învățare metacognitivă și (c) studii axate pe intervenții metacognitive în practicile educaționale. Studiile teoretice abordează subiecte axate pe definirea metacogniției, măsurarea acesteia sau îmbunătățirea ei în context școlar. Studiile empirice ne oferă informații importante cu privire la modul în care metacogniția poate fi identificată și măsurată în învățarea la științe, ce procese sunt implicate în învățarea metacognitivă și cum poate fi dezvoltată metacogniția prin practici educaționale specifice. Studiile axate pe modul în care metacogniția este utilizată în învățarea conținutului științific arată că aceasta este corelată cu o înțelegere profundă a conceptelor științifice și cu abilități eficiente de citire a textelor științifice. Cercetarea axată pe metacogniție la științe a evoluat atât de mult încât au fost elaborate instrumente specifice pentru a măsura metacogniția în predarea și învățarea științelor. Astfel, s-au dezvoltat instrumente specifice, cum ar fi Physics Metacognition Inventory (PMCI) și Self-Efficacy Metacognition Learning Inventory-Science (SEMLI-S). Pe lângă aceste instrumente dezvoltate pentru măsurarea metacogniției în domeniul științei, au fost dezvoltate și practici educaționale specifice pentru dezvoltarea metacogniției în domenii specifice. Literatura de specialitate (Georghiadis, 2004) menționează cel puțin trei intervenții bine cunoscute axate pe creșterea metacogniției la științe: Project to Enhance Effective Learning in Australia (PEEL), proiectul The Cognitive Acceleration through Science Education (CASE) din Regatul Unit și modelul de cogniție situată al lui Georghiadis.

Meta-analiza lui Avargil și a colegilor (2018) sintetizează foarte bine intervențiile pedagogice bazate pe metacogniție în educația științifică. Ei enumeră 16 astfel de studii care au utilizat intervenții bazate pe metacogniție în sălile de clasă pentru a dezvolta abilități și concepte precum: abilități de învățare prin investigație, concepte de ecologie, probleme de mediu, înțelegerea conceptuală a

electricității, relații și procese de cauzalitate, alfabetizarea științifică generală, înțelegerea conceptelor de fizică și chimie și activități de biologie bazate pe investigație.

Din gama largă de modele care definesc și descriu metacogniția, l-am ales pe cel dezvoltat de **Schraw și Dennison (1994)**, din mai multe motive. În primul rând, acest model își are baza în teoria metacogniției dezvoltată de Flavell, una dintre cele mai utilizate teorii din cadrul domeniului învățării metacognitive. Chiar dacă s-au dezvoltat multe alte teorii, unele dintre ele criticând sau completând acest model, o scurtă căutare în jurnalele de specialitate arată că majoritatea cercetătorilor conceptualizează metacogniția folosind perspectiva lui Flavell. În al doilea rând, chiar dacă unii cercetători au dezvoltat modele teoretice pentru a conceptualiza diferit metacogniția, ei folosesc instrumentul dezvoltat de Schraw și Dennison pentru a o măsura, creând astfel o discrepanță între abordarea teoretică și cea practică. Pentru a evita generarea acestei discrepanțe în studiul nostru, am utilizat abordarea teoretică care este susținută de cercetarea practică și bazată pe dovezi, și anume modelul de metacogniție al lui Schraw și Dennison. Literatura de specialitate (Cooper, Levin & Campbell, 2009; Pirrie, 2001) evidențiază necesitatea promovării programelor de formare care au fost testate și care s-au dovedit a fi eficiente în dezvoltarea conștientizării metacognitive la științe. Astfel, prin acest program ne propunem, în paralel cu scopul și obiectivele cercetării, să reducem discrepanța dintre teorie și practică existentă în sistemul educațional referitoare la tematica abordată.

## **CAPITOLUL 3. Caracteristici ale conștientizării metacognitive în domeniul științelor la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar. O analiză exploratorie**

Alfabetizarea științifică este un subiect important pentru mulți cercetători, iar valoarea și importanța acesteia sunt incontestabile în prezent, acest lucru fiind subliniat de mulți cercetători (Holbrook & Rannikmae, 2009; Laugksch, 2000; Ogunkola, 2013; Yasar, 2022). Snow & Dibner (2016) susțin că, având în vedere societatea informațională în care trăim, alfabetizarea științifică trebuie redefinită, luând în considerare implicațiile sale economice, personale, democratice și culturale. Pentru a deveni alfabetizat științific, un elev trebuie mai întâi să învețe eficient, să înțeleagă și să poată utiliza concepte științifice, iar o modalitate de a face acest lucru este prin dezvoltarea metacogniției. Există studii care arată că utilizarea conștientizării metacognitive are efecte pozitive asupra înțelegerii științelor și asupra performanței academice (Seraphin et al., 2012; Xie et al., 2023). Wirzal și colegii săi (2022) au subliniat că metacogniția crește nu numai interesul studenților pentru știință, ci și înțelegerea conceptelor științifice și utilizarea acestora în situații din viața reală.

### **3.1 Metacogniția la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar**

Importanța utilizării competențelor metacognitive pentru înțelegerea în profunzime a conținutului științific a fost demonstrată în multe studii de-a lungul timpului (Ciascai & Haiduc, 2014; Jahangard et al., 2016; Mai, 2015; Wirzal et al., 2022; Tsai et al., 2019). În plus, cercetările arată că nivelul metacognitiv al profesorilor este strâns legat de modul în care aceștia integrează metacogniția în procesul de predare (Ozturk, 2018). Cu toate acestea, nu este ușor pentru studenți și profesori să utilizeze metacogniția în predare și învățare, deoarece predarea explicită a acesteia poate fi dificilă. Atunci când au fost întrebați cum învață elevii, profesorii au folosit teorii precum motivația, etapele de dezvoltare ale lui Piaget, teoriile inteligenței multiple și stilurile de învățare pentru a descrie modul în care studenții lor învață (Collins, 2002). Pentru a deveni conștienți de modul în care are loc învățarea, este important ca profesorii să se familiarizeze cu conceptul de metacogniție și să utilizeze metacogniția la clasă.

Profesorii trebuie să învețe să predea în mod explicit metacogniția. Există cercetări care indică faptul că conștientizarea metacognitivă diferă în funcție de domeniul de studiu al candidaților la profesie (Bars & Oral, 2016) și ar putea diferi, de asemenea, în funcție de statutul lor profesional (viitori profesori versus profesori practicieni) (Metallidou, 2009). Cu toate acestea, rezultatele cercetărilor referitoare la predarea explicită a metacogniției și la integrarea acesteia în procesul de predare nu sunt concludente (Halamish, 2018).

Studiul lui Halamish (2018) arată că profesorii nu au cunoștințe metacognitive despre cele mai eficiente strategii de învățare. În plus, se pare că experiența didactică în sine nu are un impact pozitiv asupra metacogniției profesorilor. Astfel, pentru a se dezvolta la un nivel care să permită utilizarea sa în procesul zilnic de predare-învățare, metacogniția trebuie predată explicit. Predarea explicită a metacogniției este o abordare pe termen lung, acest lucru însemnând că trebuie făcută constant și integrată în programele școlare pentru cele mai bune rezultate. Această abordare pe termen lung a predării explicite a metacogniției a fost evidențiată în cercetarea lui Fouche și Lamport din 2011. Aceștia susțin că strategiile metacognitive introduse în clasele de științe sunt eficiente dacă sunt aplicate constant în mediul școlar și integrate în strategii de predare eficiente care să fie practicate atât de studenți, cât și de profesori. Mai mult, ei susțin că strategiile metacognitive trebuie incluse în programa de științe dacă dorim ca studenții noștri să le folosească în mod constant și să își sporească responsabilitatea pentru propria învățare. Zohar (2012) susține că abilitățile de gândire de ordin superior, precum metacogniția, ar trebui să devină o componentă importantă a instruirii la clasă și să fie incluse explicit în planurile de lecții ale profesorilor. Importanța includerii metacogniției în planurile de lecții ale profesorilor a fost, de asemenea, subliniată de Randi (2004), care susține că atât profesorii debutanți, cât și cei cu experiență trebuie să învețe cum să introducă metacogniția în predarea zilnică la clasă.

### **3.2 Enunțarea problemei, obiective și întrebări de cercetare**

Pentru a concepe programe eficiente care să dezvolte metacogniția la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar, trebuie să înțelegem caracteristicile acestora în acest grup specific. Acest studiu își propune să identifice perspectivele studenților viitori profesori despre conștientizarea metacognitivă la științe, oferind astfel o imagine a modului în care conștientizarea metacognitivă apare la acest grup specific. Am folosit un design cu metode mixte care ne-a permis să obținem date și analize solide cu privire la subiectul de interes. Există preocupări în literatura de specialitate cu privire la faptul că utilizarea scalelor de auto-evaluare ale metacogniției prezintă două dezavantaje majore. În primul rând, acestea sunt retrospective și prin urmare ar putea fi dificil pentru participanți să își amintească strategiile specifice utilizate în rezolvarea diferitelor sarcini academice. În al doilea rând, există cercetători care consideră că scalele Likert de auto-evaluare sunt dificil de analizat și interpretat (Dinsmore & Zoellner, 2017). De aceea am inclus în studiul de față și metode calitative de investigare a metacogniției.

Integrarea metodelor cantitative cu cele calitative într-un singur studiu permite obținerea unei imagini detaliate a ceea ce înseamnă metacogniția pentru viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar (Ivankova, Creswell & Stick, 2006). Acest design de cercetare este cea mai bună alegere având în vedere faptul că metacogniția este un concept dificil de analizat în cadrul contextului educational. Am colectat, analizat și interpretat atât date calitative, cât și cantitative, folosind o singură

sesiune de colectare și analiză a datelor, așa cum sugerează Mertens (2010). Apoi am urmat recomandările lui Creswell (2009) și am analizat mai întâi datele calitative. După analizarea datelor calitative, s-a trecut la analiza celor cantitative. Urmând această abordare metodologică, s-au formulat următoarele întrebări de cercetare:

- (1) Cum definesc și înțeleg metacogniția viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar?
- (2) Ce strategii metacognitive sunt utilizate de viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar?
- (3) Care este nivelul de conștientizare metacognitivă al viitorilor profesori de învățământ primar și preșcolar?

### **3.3 Metodologie**

#### **Participanți**

Eșantionul acestui studiu a fost alcătuit din 107 studenți aflați în ultimul lor an de studii de licență. Majoritatea sunt femei în vârstă de 22 de ani, provenind din mediul urban. Participanții au fost selectați având la baza criteriul accesibilității. Participarea la cercetare a fost complet voluntară, dar cei care au acceptat invitația la studiu au primit un bonus la nota finală în cadrul cursului *Geografie, cunoașterea mediului/științe și metodică predării acestora în învățământul preșcolar și primar*.

#### **Instrumente**

Participanții au fost rugați să răspundă la două întrebări deschise: (1) "Ce credeți că este învățarea metacognitivă?" și (2) "Ce strategii folosiți atunci când învățați la științe?". După prezentarea celor două întrebări deschise, participanților li s-a prezentat următoarea sarcină de tip studiu de caz/vignetă.

*Profesorul îi anunță pe elevi că trebuie să pregătească un proiect în domeniul științelor naturii. Aceștia au primit o fișă cu cerințele și termenul limită pentru realizarea proiectului. După o săptămână, Mihai îl întreabă pe prietenul său Andrei cum se descurcă cu realizarea proiectului, iar Andrei realizează că a uitat complet de proiect. Pentru că avea alte teme și mai erau două zile până la termenul limită pentru proiectul de la Științele Naturii, Andrei a început să îl facă cu o zi înainte de a-l preda. Pentru că era un subiect mai complex, a stat până noaptea târziu să lucreze la proiect. Nu a reușit să-și facă o schiță. Avea idei, știa ce dorea să scrie, dar nu știa cum să le organizeze. A reușit să respecte numărul de paragrafe menționat în cerință, dar nu era sigur că a inclus în proiect tot ce era necesar. Fiind grăbit să termine proiectul, nu a avut suficient timp să citească ceea ce a scris înainte de a-l preda.*

După citirea acestui scurt text, participanții au fost rugați să răspundă la următoarele întrebări:

- (1) A înțeles Andrei cerințele proiectului? (2) A folosit strategii specifice pentru a realiza proiectul? (3) Credeți că Andrei ar fi trebuit să facă ceva diferit? (4) Dacă ați fi în locul lui, ce ați face diferit (presupunând că ați primi această temă în facultate)? (5) Ce dificultăți credeți că ați întâmpina?

Pentru a evalua cantitativ conștientizarea metacognitivă a studenților, s-a utilizat Inventarul de conștientizare metacognitivă (Metacognitive Awareness Inventory - MAI) dezvoltat de Schraw și Dennison (1994). MAI este o scală de autoevaluare cu 52 de itemi mășurați pe o scală Likert cu 5 puncte, de la dezacord total la acord total. Scala este disponibilă în limba română (deși nu a fost adaptată pe populația românească) și are două dimensiuni principale. Prima dimensiune, cunoaștințele metacognitive, cuprinde trei tipuri de cunoștințe: declarative, procedurale și condiționale. A doua, reglarea metacognitivă, se referă la planificare, strategii de gestionare a informației, monitorizare, strategii de corectare (debugging) și evaluarea învățării. Consistența internă a fost de 0,88 pentru prima dimensiune și de 0,88 pentru cea de-a doua. Întreaga scară a atins un coeficient de consistență internă de 0,93. MAI are proprietăți psihometrice bune raportate în literatura de specialitate: S-B  $\chi^2$  (N = 811; df = 1,220) = 2573.12,  $p < .001$ , \*NNFI = .964, \*CFI = .968, \*IFI = .965, SRMR = .047, RMSEA = .040 [CI90% = .036, .043] (Gutierrez de Blume, 2024).

### **Colectarea datelor**

Datele au fost adunate în al doilea semestru al anului universitar 2022. Studenții au completat online scala MAI și și-au exprimat consimțământul de a participa la studiu. Instrumentul de evaluare (scala MAI, întrebările deschise și studiul de caz) a fost distribuit online prin intermediul platformei educaționale Teams, iar un document online Google Form a înregistrat automat răspunsurile participanților. Evaluarea nu a fost anonimă, deoarece participanții și-au completat numele pentru bonusul de curs. Cu toate acestea, au avut opțiunea de a nuți trece numele dacă nu doreau bonusul la motă. O sută șapte (107) studenți au completat pachetul de evaluare, dintr-un total de 123 de studenți înscriși la curs.

### **3.4 Rezultate**

Majoritatea cadrelor didactice din învățământul primar și preșcolar din România sunt de gen feminin. Astfel, acest studiu a avut un singur participant de sex masculin, în timp ce 99,1% au fost femei. Analizând datele demografice ale acestui studiu, apare imaginea tipică a studentului din anul III în învățământul preșcolar și primar: femei cu vârsta medie de 22 de ani, care provin atât din mediul urban, cât și din mediul rural.

Pentru a obține o imagine mai clară a perspectivelor studenților despre metacogniție, aceștia au fost rugați să menționeze strategiile metacognitive pe care le folosesc în învățare la științe (a doua întrebare deschisă a studiului: Ce strategii metacognitive sunt utilizate de candidații la profesie în învățarea subiectelor legate de știință?). Rezultatele ne arată că studenții consider organizarea și gestionarea informațiilor ca fiind singurele strategii metacognitive pe care le folosesc. Aceștia se concentrează pe selectarea informațiilor principale folosind strategii precum sublinierea, repetiția, luarea de notițe sau realizarea de scheme, diagrame și schițe.

Pe lângă cele două întrebări deschise ilustrate mai sus, a fost introdusă o vignettă metacognitivă pe baza căreia studenții au fost rugați să răspundă la cinci întrebări. Primele trei întrebări sunt dihotomice și solicită un răspuns de tip Da/Nu, iar următoarele două sunt întrebări deschise. Tabelul 3.5 prezintă distribuția procentuală a răspunsurilor dihotomice la primele trei întrebări.

**Tabelul 3.5**

*Răspunsurile participanților la întrebările deschise*

Întrebări	Da (%)	Nu (%)
A înțeles Andrei cerințele proiectului?	81.3	18.7
A folosit strategii specifice care să îl ajute în realizarea proiectului?	15.9	84.1
Credeți că Andrei ar fi trebuit să facă altceva?	99.10	0.9

Concluziile viitorilor profesori cu privire la cât de bine și-a înțeles Andrei sarcina sunt destul de surprinzătoare, deoarece nu există suficiente informații pentru ca aceștia să poată stabili dacă a înțeles sau nu corect cerințele. Deși 81,3% sunt de acord că Andrei a înțeles cerințele temei, aceștia consideră că nu a folosit strategii specifice pentru a o rezolva (84,1%) și că ar fi trebuit să facă ceva diferit (99,1%). Strategiile alternative de învățare pe care aceștia le-au propus presupun citirea cu atenție a cerințelor sarcinii pe care trebuie să o îndeplinească, realizarea unui rezumat, organizarea ideilor și solicitarea de ajutor în cazul în care ar avea nevoie de el. Ei nu au menționat cum și-ar organiza ideile sau ce strategii ar utiliza pentru a citi și înțelege textul. Cu toate acestea, au menționat dificultățile pe care le-ar putea întâmpina în rezolvarea sarcinii. Timpul și stresul sunt cuvintele-cheie pe care participanții le-au menționat ca fiind principalele dificultăți cu care s-ar confrunta. Studenții sunt conștienți de faptul că o sarcină educațională complexă are nevoie de timp pentru a fi rezolvată corespunzător. Mai mult, aceștia au menționat că stresul ar putea fi o reală problemă în rezolvarea temei.

Analiza datelor calitative ne-a permis să stabilim principalele caracteristici ale conștientizării metacognitive la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar. O primă caracteristică care reiese este legată de importanța pe care aceștia o acordă cunoștințelor legate de conținutul științific. O a doua caracteristică este legată de accentul pus pe strategiile specifice care trebuie utilizate în abordarea conținutului la științe, din perspectiva studenților. Aceștia se concentrează pe strategiile de gestionare a informațiilor legate de conținutul științific și pun puțin accent pe cunoștințele legate de sarcină sau pe propriile puncte forte și slabe în procesul de învățare. Un alt rezultat important al analizei calitative este relaționat importanței pe care studenții o acordă timpului și stresului perceput în gestionarea sarcinilor academice.

Rezultatele analizei cantitative a datelor, obținute în urma completării de către participanți a inventarului MAI, ne arată că studenții viitori profesori consideră că au un nivel peste medie al conștientizării metacognitive la științe. În ceea ce privește cunoștințele metacognitive declarative,

exceptând itemul "Sunt bun la reținerea informațiilor", care a avut 42,9% de răspunsuri de acord și acord total, pentru toți ceilalți itemi procentul de acord și acord total a depășit 56,10%. Ceea ce înseamnă că studenții raportează niveluri peste medie ale cunoștințelor metacognitive declarative. Situația este similară și pentru cunoștințele metacognitive procedurale și condiționale. Toți itemii care măsoară cunoștințele metacognitive procedural au un procent ridicat de răspunsuri de acord și puternic de acord, care variază între 58% ("Mă regăsesc folosind automat strategii de învățare utile") și 86,9% ("Am un scop specific pentru fiecare strategie pe care o folosesc"). Studenții declară că folosesc în procesul de învățare strategii de reglare metacognitivă. Astfel, ei citesc cu atenție instrucțiunile înainte de a începe o sarcină, își monitorizează și ajustează ritmul de învățare pentru a avea suficient timp pentru rezolvarea sarcinii, se gândesc la ceea ce trebuie să învețe înainte de a începe o sarcină și își organizează timpul pentru a-și îndeplini cât mai bine obiectivele de învățare. Mai mult, studenții declară că își creează propriile exemple pentru a facilita înțelegerea informațiilor, realizează conexiuni între informațiile care trebuie să le asimileze și cunoștințele lor anterioare, își concentrează atenția asupra celor mai importante informații și că împart materialul pe care trebuie să îl studieze în bucăți mici. Toate aceste strategii de gestionare a informațiilor ar trebui să faciliteze înțelegerea profundă a conceptelor științifice. Comparativ cu strategiile de reglare metacognitivă prezentate mai sus (strategiile de planificare și de gestionare a informațiilor), strategiile utilizate pentru verificarea înțelegerii sunt utilizate într-un procent mai mic de către studenți. Se pare că doar 38,3% dintre aceștia revizuesc periodic informațiile pentru a înțelege relații importante între concepte și 53,3% analizează utilitatea sau eficacitatea strategiilor în timpul procesului de învățare. Cu toate acestea, 84,1% iau în considerare toate opțiunile disponibile pentru a rezolva o sarcină și 76,4% iau pauze în mod regulat pentru a-și verifica înțelegerea și progresul atunci când învață. Studenții evaluează dacă au existat strategii mai bune pe care le-ar fi putut utiliza. Evaluarea tuturor modalităților posibile de a rezolva o problemă (64,4%) și încercarea de a găsi o modalitate mai ușoară de a rezolva o sarcină după ce aceasta fost finalizată (43%) sunt două strategii de evaluare utilizate într-un procent ridicat de către candidații la profesie. Pentru a evalua cât de bine au înțeles conținutul, viitorii profesori rezumă ceea ce au învățat (67,2%) și verifică dacă și-au atins obiectivele de învățare stabilite (72,9%).

Recomandarea pentru cei care doresc să dezvolte și să sporească conștiința metacognitivă la profesorii de științe este să o includă în mod oficial în curriculum-ul universitar sau în programele de dezvoltare profesională continuă pentru profesori. Cu toate acestea, trebuie mai întâi să înțelegem particularitățile acestora în acest grup specific și să folosim instrumentele potrivite pentru a măsura metacogniția la profesorii potențiali și practicieni. Acest studiu relevă faptul că, deși viitorii profesori consideră că au un nivel ridicat al conștientizării metacognitive, atunci când li se cere să menționeze modul în care învață conținuturi legate de știință, aceștia menționează doar câteva cunoștințe metacognitive și mai multe strategii cognitive.



## **Capitolul 4. "Soarele dispare noaptea!" Așa este? Rolul predictiv al conștientizării metacognitive asupra concepțiilor științifice greșite**

### **4.1 Concepții greșite la științe în rândul profesorilor**

Există foarte multe cercetări (Beeth & Hewson, 1999; Blanchet, 1952; Çelikler & Aksan, 2004; Branigan & Donaldson, 2020; Gomez-Zwiep, 2008; Hennessey, 2003; Hynd & Alverman, 2010; Karakaya et al, 2021; Kendeou & Van den Broek, 2005; Van den Broek & Kendeou, 2008; Larkin, 2012; Lubin & Ge, 2011; Vosniadou & Skopelitic, 2017) care ne arată că rezultatele studiilor axate pe relația dintre metacogniție și concepții greșite la științe nu sunt concludente. Deși am putea crede că profesorii practicieni au mai puține concepții greșite în domeniul științelor comparativ cu viitorii profesori, studiile ne indică faptul că acest lucru nu este neapărat adevărat și că concepțiile greșite la științe s-ar putea să nu se schimbe sau să nu dispară pe măsură ce experiența didactică crește. Studiile care investighează și compară concepțiile greșite în rândul ambelor categorii de profesori (viitori profesori și profesori practicieni) sunt extrem de necesare pentru a dezvolta programe eficiente de dezvoltare profesională inițială și continuă. Analizând literatura de specialitate analizată, ne așteptăm ca conștientizarea metacognitivă să fie un predictor puternic al concepțiilor greșite la științe, acest lucru însemnând că scorurile ridicate ale conștientizării metacognitive vor prezice niveluri scăzute ale concepțiilor greșite la științe. Cu toate acestea, este necesară explorarea modului în care această relație se manifestă la viitorii profesori și la profesorii practicieni de învățământ primar și preșcolar.

### **4.2 Ipoteze de cercetare**

H.1 Metacogniția este un predictor semnificativ al concepțiilor greșite la științe. (H<sub>0</sub>. Metacogniția nu este un predictor semnificativ al concepțiilor științifice greșite).

### **4.3 Metodologie**

Fiecare scală utilizată în această cercetare a fost tradusă în limba română și a urmat procedura standard privind adaptarea instrumentelor de cercetare. Aceasta înseamnă că, după prima traducere din limba engleză în limba română, scala a fost tradusă din nou în limba engleză de către trei profesioniști (doi doctoranzi și coordonatorul de doctorat) și verificată în vederea identificării neconcordanțelor. Acolo unde au fost identificate neconcordanțe, itemii au fost eliminați. Ulterior, scalele au fost pilotate cu ajutorul unui grup de doctoranzi în domeniul științelor educației.

## **Participanți**

Eșantionul studiului a fost alcătuit din 252 de participanți. Dintre aceștia, 107 se pregăteau să devină profesori în învățământul primar și preșcolar, în timp ce 145 au fost profesori practicieni. Grupul de candidați la profesie este destul de omogen în ceea ce privește vârsta, educația și independența financiară. Astfel, majoritatea nu urmau alte cursuri universitare de licență și primeau sprijin financiar din partea familiei sau aveau locuri de muncă cu jumătate de normă. Toți participanții din acest grup erau studenți în anul III de studiu la o universitate urbană cunoscută din România și urmau programul de formare pentru a deveni profesori pentru învățământul preșcolar și primar. Vârsta lor medie a fost de 22,44 ani, iar 51% provin din mediul rural și 56% din mediul urban. Vârsta medie a cadrelor didactice în activitate este de 43,67 ani, cu o experiență medie de predare de 20,17 ani.

Grupul profesorilor practicieni a fost mai eterogen în ceea ce privește caracteristicile demografice. Astfel, aceștia predau la diferite niveluri ale învățământului preuniversitar, au vârste diferite și specializări diferite. Aproximativ toți profesorii practicieni sunt femei, bărbații fiind slab reprezentați în această cercetare (5,5%). Predomină predarea în școlile urbane (76,6%) față de predarea în cele rurale (23,4%). Mai mult de jumătate dintre cadrele didactice au atins nivelul didactic 3 (66,9%). Un procent de 19,30% au atins nivelul didactic II (sau gradul II) și 13,8% pe cel I (cel mai înalt grad din sistemul de învățământ românesc, gradul I). Cele mai mari procente de participanți predau la nivelurile preșcolar și primar (38%) și la clasele gimnaziale (37,2%). Profesorii de liceu sunt reprezentați într-un procent de 24,80%.

## **Instrumente**

**Inventarul conștientizării metacognitive (MAI)** dezvoltat de Scraw și Dennison (1994) a fost utilizat pentru a evalua conștientizarea metacognitivă a viitorilor profesorilor. Scala și proprietățile sale psihometrice au fost descrise în primul studiu al acestei lucrări.

**Inventarul conștientizării metacognitive pentru profesori (MAIT)** a fost elaborat în 2011 de Cem Balcikanli și are ca scop evaluarea conștientizării metacognitive la profesorii practicieni. MAIT are coeficienți de fiabilitate adecvați (de la 0,79 la 0,85) și șase dimensiuni: cunoștințe declarative, cunoștințe procedurale, cunoștințe condiționate, planificare, monitorizare și evaluare. Scala are un total de 24 de itemi distribuiți în cele șase dimensiuni menționate mai sus, măsurate pe o scală Likert în 5 puncte.

**Conceptiile științifice greșite au fost evaluate prin următoarele zece afirmații de tip adevărat-fals:**

- (1) Stelele strălucesc datorită luminii reflectată de soare.
- (2) Într-o zi în care umiditatea relativă a aerului este aproape de 100%, acesta conține o cantitate mai mare de apă decât orice altceva.
- (3) Dacă nu ar exista aer, toate corpurile ar cădea cu aceeași viteză.

- (4) Sunetul călătorește prin aer mai repede decât prin orice substanță.
- (5) Solidele au mai multe particule decât lichidele, iar lichidele au mai multe particule decât gazele.
- (6) Toate corpurile solide au o formă definită.
- (7) Nu există spațiu între particulele corpurilor solide.
- (8) Materialele care pot fi turnate dintr-un recipient în altul sunt lichide.
- (9) Solidele au volum, în timp ce lichidele și gazele nu au.
- (10) Solidele sunt materiale rigide.

Primii patru itemi au fost colectați și adaptați după Rayla și Rayla (1983), dar au fost utilizați și de alți cercetători (Dunlop, 2000; Korur, 2015) și măsoară concepțiile greșite legate de astronomie, atmosferă și fizică. Concepțiile greșite de la cinci la zece au fost adaptate după Tatar (2011) care le-a identificat într-un grup de 227 de studenți din anul al patrulea care se pregăteau să devină profesori de învățământ primar. Cel mai mare scor pentru această scală a fost 10, iar cel mai mic a fost 0. Scorurile mai mari înseamnă mai puține concepții greșite la științe.

### Colectarea datelor

Ambele seturi de date au fost colectate în timpul perioadei pandemice, pe parcursul anului universitar 2020-2021. Din cauza restricțiilor impuse în timpul pandemiei, toate datele au fost colectate online. Pentru viitorii profesori, setul de scale de autoevaluare a fost încărcat pe platforma lor de predare (Teams), în timp ce scalele pentru profesorii practicieni au fost distribuite prin intermediul social media (comunitățile de profesori de pe Facebook). Toate întrebările la care s-a răspuns au fost înregistrate automat într-o foaie de tip google forms, care a rămas deschisă pe parcursul unei perioade de patru săptămâni. Astfel, participanții au avut la dispoziție patru săptămâni pentru accesarea linkului și completarea setului de scale.

### 4.4 Rezultate

În tabelul 4.1 de mai jos sunt ilustrate răspunsurile profesorilor la fiecare afirmație care are ca scop măsurarea concepțiilor greșite la științe.

**Tabelul 4.1**

*Procentul de concepții greșite în rândul cadrelor didactice în formare și în activitate*

Afirmații de tip A/F	Profesori debutanți N=107	Profesori de gimnaziu și liceu N=85	Profesori practicanți pentru învățământul preșcolar și elementar N=60
----------------------	------------------------------	--	--

	<b>Răspuns</b>		<b>Procent</b>	
1. Stelele strălucesc datorită luminii care este reflectată de soare.	Corect	64.50	52.50	52.30
	Incorect	35.50	47.50	47.70
2. Într-o zi în care umiditatea relativă a aerului este aproape de 100%, acesta conține o cantitate mai mare de apă decât orice altceva.	Corect	78.50	47.50	40.90
	Incorect	21.50	52.50	59.10
3. Dacă nu ar exista aer, toate corpurile ar cădea cu aceeași viteză.	Corect	33.60	32.70	31.80
	Incorect	66.40	67.30	68.20
4. Sunetul călătorește prin aer mai repede decât prin orice substanță.	Corect	27.10	34.70	34.10
	Incorect	72.90	65.30	65.90
5. Solidele au mai multe particule decât lichidele, iar lichidele au mai multe particule decât gazele.	Corect	57.90	52.50	54.50
	Incorect	42.10	47.50	45.50
6. Toate corpurile solide au o formă definită.	Corect	61.70	65.50	61.40
	Incorect	38.30	34.50	38.60
7. Nu există spațiu între particulele corpurilor solide.	Corect	56.10	84.20	68.20
	Incorect	43.90	15.80	31.80
8. Materialele care pot fi turnate dintr-un recipient în altul sunt lichide.	Corect	62.60	43.60	47.70
	Incorect	37.40	56.40	52.30
9. Solutele au volum, în timp ce lichidele și gazele nu au volum.	Corect	74.80	80.20	75.00
	Incorect	25.20	19.80	25.00
10. Solutele sunt materiale rigide.	Corect	54.20	41.60	52.30
	Incorect	45.80	58.40	47.70

Atât viitorii profesori, cât și profesorii în activitate au avut dificultăți în a da răspunsuri corecte la mai mulți dintre afirmațiile prezentate în tabelul 4.1. Viitorii profesori au oferit răspunsuri greșite într-un procent ridicat la itemi precum "sunetul călătorește prin aer mai repede decât prin orice substanță" (72,90%) și "dacă nu ar exista aer, toate corpurile ar cădea cu aceeași viteză" (66,40%). Acești doi itemi au avut un procent ridicat de răspunsuri greșite atât din partea profesorilor din învățământul primar (65,90% pentru primul item și 68,20% pentru al doilea), cât și din partea profesorilor din învățământul gimnazial și liceal (65,30% pentru primul item și 67,30% pentru al doilea item). Aceste două concepții greșite sunt larg răspândite atât în rândul viitorilor profesori, cât și a celor aflați în activitate. Alte trei concepții greșite despre științe care au fost găsite într-un procent ridicat la viitorii profesori sunt "nu există spațiu între particulele corpurilor solide", "solidele sunt

materiale rigide" și "solidele au mai multe particule decât lichidele și lichidele au mai multe particule decât gazele".

Pentru a testa valoarea predictivă a conștientizării metacognitive asupra concepțiilor greșite la științe, a fost creat un singur scor pentru fiecare variabilă de interes. În cazul concepțiilor greșite la științe, deoarece itemii au fost similari în ceea ce privește nivelul de dificultate, am folosit suma pentru a obține un singur scor brut. Pentru scorurile la scara MAI, am utilizat media pentru a calcula scorul brut final. Rezultatele analizei de regresie sunt prezentate mai jos, în tabelul 4.2.

**Tabelul 4.2**

*Analiza regresiei: variabila dependentă - concepții științifice greșite*

<b>Grup</b>	<b>Predictor</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>SE B</b>	<b>F</b>	<b>t</b>	<b>p</b>
EȘANTION ÎNTREG (n= 252)	MA	.116	1.912	32.893	-5.735	.000
	MK	.113	1.780	31.754	-5.635	.000
	MR	.095	1.763	26.296	-5.118	.000
PE_PRESERV (n= 107)	MA	.272	2.975	39.242	-6.264	.000
	MK	.308	2.565	46.655	-6.830	.000
	MR	.202	3.039	26.556	-5.153	.000
PE_INSERTV (n= 60)	MA	.007	2.817	.380	-.616	.540
	MK	.011	2.631	.645	-.803	.425
	MR	.003	2.665	.170	-.412	.682
SEC_INSERTV (n= 51)	MA	.001	6.517	.072	-.268	.790
	MK	.002	6.072	.109	.330	.743
	MR	.000	5.713	.016	-.126	.900
HIGH_INSERTV (n= 34)	MA	.008	7.926	.262	.512	.612
	MK	.000	8.764	.005	-.071	.944
	MR	.014	4.774	.436	.660	.514

Notă: Variabila dependentă: concepții greșite la științe; PE\_PRESERV – Viitori profesori de învățământ preșcolar și primar; PE\_INSERTV - Profesori în activitate din învățământul preșcolar și primar; SEC\_INSERTV - Profesori în activitate din învățământul gimnazial; HIGH\_INSERTV - Profesori în activitate din învățământul liceal. MA – Conștientizare metacognitivă; MK - Cunoștințe metacognitive; MR - Reglare metacognitivă

Am efectuat o analiză de regresie simplă pentru a evalua măsura în care conștientizarea metacognitivă (și dimensiunile sale principale) este un predictor semnificativ pentru concepțiile greșite la științe. Valoarea predictivă a conștientizării metacognitive pentru întregul eșantion de participanți ( $F = 32,893$ ;  $p < 0,000$ ) este semnificativă statistic, însă explică doar 11% din variația scorurilor concepțiilor greșite la științe. Analizând valoarea predictivă a acestei variabile pentru fiecare grup de participanți în parte, obținem un procent mult mai ridicat pentru profesorii în formare ( $F = 39,242$ ;  $p <$

0,000): 27% din variația scorurilor concepțiilor greșite la științe ( $R^2 = 0,272$ ) este explicată de conștientizarea metacognitivă. Deoarece panta liniei de regresie este negativă, nivelul concepțiilor negative (variabila dependentă) va scădea atunci când conștientizarea metacognitivă (variabila independentă) crește.

Rezultatele acestei cercetări ne permit să concluzionăm că atât profesorii în activitate, cât și viitorii profesori se confruntă cu o serie de concepții greșite la științe și au nevoie de programe specifice de dezvoltare profesională care să vizeze aceste concepții greșite. Simpla expunere la informațiile corecte nu garantează schimbarea acestor concepții greșite, așa cum au arătat deja teoriile dezvoltate pe această temă. Acesta este motivul pentru care avem nevoie de cercetări suplimentare pentru a identifica cele mai potrivite strategii de depășire a concepțiilor greșite în domeniul științelor și de dezvoltare a conceptelor științifice corecte. Pentru a schimba concepțiile științifice greșite, conștientizarea metacognitivă ar putea fi una dintre cele mai bune strategii. Metacogniția a fost inclusă în diferite teorii ale schimbării conceptuale, descrise deja în al doilea capitol al acestei lucrări. Acesta este motivul pentru care am analizat relația sa cu concepțiile științifice greșite și am urmărit să identificăm particularitățile concepțiilor științifice greșite atât la cadrele didactice practice, cât și la candidații la funcția de profesor, cu accent pe profesorii de învățământ primar și preșcolar. Metacogniția pare să fie un predictor semnificativ al concepțiilor greșite la științe, explicând 11% din variația acesteia. Valoarea predictivă a metacogniției crește în cazul profesorilor debutanți (27%) comparativ cu celelalte categorii. Aceasta înseamnă că dacă creștem competențele metacognitive ale studenților concepțiile lor greșite la științe vor scădea.

Deoarece nu putem vorbi despre metacogniție și conștientizare metacognitivă în absența unor strategii cognitive specifice, în studiul următor vom testa un model de “analiză de cale” care include strategii de învățare profundă, strategii strategice de învățare, strategii metacognitive și concepții greșite la științe. Această analiză ne va permite să înțelegem cum pot fi combinate aceste variabile pentru a reduce concepțiile greșite la științe. Am exclus strategiile de învățare de suprafață deoarece există multe cercetări care arată că acestea nu sunt un predictor semnificativ al conștientizării metacognitive (Coutinho & Neuman, 2008; Liu & Long, 2019).

## **CAPITOLUL 5. Concepțiile greșite la științe și strategii de învățare: un model de “analiză de cale” (path analysis)**

### **5.1 Context teoretic**

Metacogniția, concepțiile științifice greșite și strategiile de învățare sunt variabile care pot avea un impact ridicat asupra calității procesului de predare și învățare. Pentru ca studenții să poată înțelege concepte științifice complexe, aceștia au nevoie de un mediu de învățare în care profesorii să se concentreze nu doar pe tipul și frecvența strategiilor utilizate de studenți, ci și, după cum nine sugerează Dinsmore și Zoellner (2017), pe modelele de strategii de învățare. Mai precis, este important ca profesorii să înțeleagă cum se combină aceste strategii de învățare pentru a facilita înțelegerea conceptelor și fenomenelor științifice complexe și care poate fi cel mai bun predictor al înțelegerii conceptelor și fenomenelor științifice.

Modul în care strategiile de învățare cognitive și metacognitive se interrelaționează în modele specifice de învățare este necesar a fi testat în practică, astfel încât profesorii să aibă modele de instruire bazate pe dovezi științifice în predarea științelor. Există cercetări care indică faptul că atât abordarea profundă a învățării, cât și abordarea strategică promovează dezvoltarea strategiilor metacognitive (Pearson & Harvey, 2013), iar alții susțin că metacogniția este un mediator esențial în schimbarea concepțiilor greșite la științe (Georghiades, 2000).

Strategiile de procesare profundă precum elaborarea, parafrizarea și comentariile metacognitive par să influențeze procesul de schimbare conceptuală (Franco et al., 2012). Învățarea strategică implică organizarea studiului, gestionarea timpului, realizarea, vigilența față de evaluare și monitorizarea eficacității. Pe de altă parte, învățarea profundă poate fi caracterizată prin căutarea sensului, relaționarea informațiilor, utilizarea dovezilor, interes ridicat pentru informațiile științifice, utilizarea elaborării, organizării și gândirii critice în învățare (Vrugt & Oort, 2008). Ambele implică utilizarea unor strategii de studiu eficiente. Se pare că strategiile de învățare profundă sunt utilizate mai mult de studenții care învață într-un mediu centrat pe student (Rosario et al., 2013).

Rezultatele nu sunt concludente în ceea ce privește relația dintre conștientizarea metacognitivă și strategiile de învățare. Unii susțin că strategiile de învățare profundă cresc metacogniția (Elbaly & Elfeky, 2022; Pearson & Harvey, 2013), în timp ce alții cred că strategiile metacognitive influențează de fapt strategiile de învățare profundă ale studenților (Bran & Balaș, 2011). Învățarea strategică a fost mai puțin studiată decât învățarea profundă. Unul dintre studiile care analizează relația dintre metacogniția, învățarea profundă și învățarea strategică este cel realizat de Bran și Balaș (2011). Studiul lor arată că utilizarea strategiilor de reglare metacognitivă în predare crește nivelul strategiilor de învățare profundă ale studenților, măsurat prin scala ASSIST. Cu toate acestea, ceea ce este interesant în cercetarea lor este că abordarea strategică a învățării a crescut atât în grupul experimental,

cât și în grupul de control, spre deosebire de strategiile de învățare profundă (care au crescut doar în grupul experimental). Acest lucru susține afirmația de mai sus că, deși învățarea strategică a fost mai puțin studiată în comparație cu strategiile profunde și de suprafață, este important să o includem în mai multe studii pentru a avea o înțelegere completă a modului în care interacționează cu strategiile de învățare metacognitivă și de profunzime. O cercetare valoroasă pe tema discutată este meta-analiza realizată de Gutierrez de Blume (2022). Studiul său arată că efectul strategiilor de învățare profundă asupra preciziei metacomprehensiunii este foarte mare ( $g' = 0.782$ ), în timp ce cel al celor de învățare mixtă este mediu (0.576). Ei au definit strategiile de învățare mixtă ca fiind o combinație între învățarea superficială și cea de profunzime.

## 5.2 Ipoteza cercetării

Următoarele ipoteze generale au fost testate în cadrul acestui studiu:

H.1 Diferitele strategii de învățare prezic diferite niveluri de concepții greșite la știință la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar.

Pe lângă această ipoteză principală, am verificat dacă variabilele noastre sunt diferite în funcție de tipul de studii urmate de studenți (cu frecvență vs fără frecvență) și de nivelurile diferite de concepții greșite. Este important să introducem tipul de studii urmate de studenți în analiza noastră, deoarece majoritatea universităților oferă cursuri cu frecvență și fără frecvență pentru studenții lor. Deoarece aceștia diferă, de obicei, în ceea ce privește caracteristicile demografice, ne așteptăm să găsim diferențe între aceste două grupuri în ceea ce privește scorurile obținute la strategiile de învățare metacognitivă, profundă și strategică și în ceea ce privește nivelurile concepțiilor greșite la științe. Astfel, am formulat și am testat următoarele două ipoteze:

H.2 Există diferențe semnificative în ceea ce privește metacogniția, concepțiile greșite la științe, învățarea profundă și învățarea strategică în funcție de tipul de studii la care studenții sunt înscriși.

H.3 Există diferențe semnificative în ceea ce privește metacogniția, învățarea profundă și învățarea strategică în funcție de nivelul concepțiilor greșite ale studenților.

## 5.3 Metodologie

### Participanți

Dintr-un număr de 285 de studenți invitați să participe la cercetare, 211 au dat curs invitației și au completat online un pachet de scale autoevaluare. Rata de răspuns a fost de 74,03%. Toți participanții erau înmatriculați la aceeași facultate și se pregăteau să devină cadre didactice pentru învățământul primar și preșcolar, principala diferență dintre aceștia fiind forma de studiu urmată: full-time (104) versus part-time (107). Aproape toți participanții au fost de gen feminin, provenind atât din mediul urban, cât și din mediul rural și având o vârstă medie de 26.04 ani. Vârsta medie a studenților



înscriși la cursuri cu frecvență a fost de 24.05 ani, în timp ce a celor înscriși la studii fără frecvență sau cu frecvență redusă a fost de 27.99 ani.

### **Instrumente**

**Inventarul conștientizării metacognitive (MAI)** dezvoltat de Scraw și Dennison (1994) a fost utilizat pentru a evalua conștientizarea metacognitivă la studenți (detalii despre această scală au fost oferite în primul studiu al acestei lucrări).

**Approach and Study Skills Inventory for Students (ASSIST)** a fost a doua scală utilizată în acest studiu (Entwistle et al., 2000). Există diferite măsuri standardizate pentru evaluarea strategiilor de învățare ale studenților. Cele mai comune sunt Study Process Questionnaire, Learning Process Questionnaire, Inventory of Learning Process, Approaches to Studying Inventory și Approaches and Study Skills Inventory for Students (ASSIST) (Wu, 2024). Scala ASSIST, una dintre cele mai recent dezvoltate pentru evaluarea strategiilor de învățare, depășește neajunsurile celorlalte scale și a fost raportată ca având proprietăți psihometrice bune. Inventarul ASSIST are trei dimensiuni principale, iar pentru acest studiu am utilizat două dintre dimensiunile: învățarea de profunzime (20 itemi) și învățarea strategică (16 itemi). Abordarea profundă a învățării are cinci subscale: căutarea sensului, relaționarea ideilor, utilizarea dovezilor, interesul pentru idei și monitorizarea eficienței. Abordarea strategică a învățării are patru subscale: organizarea studiului, gestionarea timpului de studiu, performanța și vigilența față de cerințele evaluării. Toți itemii sunt măsurați pe o scală de tip Likert cu cinci puncte. Alfa Cronbach pentru scala ASSIST a fost de 0.924, o valoare ridicată care indică o fidelitate bună. A fost urmată aceeași procedură de traducere a scalei ca și în cazul celorlalte scale utilizate în această lucrare.

**Concepții științifice greșite.** Am evaluat concepțiile greșite ale studenților referitoare la trei teme majore din domeniul științelor naturii: sistemul solar și pământul, lumina și materia. S-au utilizat în acest sens următoarele douăzeci de afirmații de tip adevărat-fals:

- (1) Centrul universului este Soarele. (Korur, 2015)
- (2) Centrul universului este Calea Lactee. (Korur, 2015)
- (3) Soarele nu este o stea; el este un corp ceresc de sine stătător. (Korur, 2015)
- (4) Vedem obiectele din jurul nostru deoarece lumina călătorește de la ochii noștri la obiect. (Allen, 2010 )
- (5) Galaxiile acoperă corpuri cerești întregi. (Korur, 2015)
- (6) Stelele reflectă lumina care vine de la Soare. (Korur, 2015)
- (7) Soarele reflectă lumina provenită de la celelalte stele. (Korur, 2015)
- (8) Nu există nicio diferență între spațiu și univers. (Korur, 2015)
- (9) Nu există nicio diferență între stele și planete. (Korur, 2015)
- (10) Pământul orbitează în jurul Soarelui o dată pe zi, producând ziua și noaptea. (Korur, 2015)

- (11) Orbita Pământului este foarte eliptică. (Korur, 2015)
- (12) Nu există gravitație în spațiu. (Korur, 2015)
- (13) Punctul de fierbere variază în funcție de cantitatea de materie. (Sadler & Sonnert, 2016)
- (14) Arderea nu produce gaze invizibile. (Sadler & Sonnert, 2016)
- (15) Materia nu se conservă. (Sadler & Sonnert, 2016)
- (16) Forța este întotdeauna în direcția de mișcare a unui obiect. (Burgoon et al., 2010; Sadler & Sonnert, 2016)
- (17) Unele materiale sunt intrinsec reci. (Sadler & Sonnert, 2016)
- (18) Lumina călătorește în linie dreaptă chiar și atunci când interacționează cu materia. (Sadler & Sonnert, 2016)
- (19) Electricitatea se comportă în același mod ca un fluid. (Sadler & Sonnert, 2016)
- (20) Toate corpurile solide au o formă definită. (Korur, 2015)

Pentru fiecare răspuns corect oferit, studenții au primit un punct, iar pentru fiecare răspuns greșit au primit zero puncte. Astfel, un scor mai mic reflectă un nivel mai ridicat al concepțiilor greșite la științe și un nivel mai scăzut al înțelegerii conceptelor științifice.

### Colectarea datelor

Instrumentele de cercetare au fost distribuite și completate online pe o perioadă de evaluare de trei săptămâni, timp în care scalele puteau fi accesate și completate ori de câte ori participanții aveau timp. Datele au fost colectate asigurându-se confidențialitatea și participarea voluntară a studenților. Cu toate acestea, cei care au dorit un punctaj bonus la notă și-au scris numele pe scalele completate.

## 5.4 Rezultate

### 5.4.1 Analiza regresiei

Rezultatele analizei de regresie sunt prezentate în tabelul 5.1.

**Tabelul 5.1**

*Analiza de regresie (concepții științifice greșite)*

Model	Coeficienți nestandardizați		Coeficienți standardizați	t	Sig.	
	B	Eroare Std.	Beta			
(Constant)	17.714	1.583		11.193	.000	
1	Conștientizarea metacognitivă	-2.617	.528	-.469	-4.956	.000
	Strategii profunde	.276	.477	.050	.580	.563
	Învățarea strategică	-.069	.445	-.015	-.155	.877

- a. Variabilă dependentă: Concepții greșite la științe
- b. Predictorii: (Constant), Învățare strategică, Strategii profunde, Conștientizare metacognitivă

Analiza de regresie liniară a fost utilizată pentru a testa dacă conștientizarea metacognitivă, strategiile profunde de învățare și învățarea strategică sunt predictorii semnificativi ai concepțiilor greșite la științe. Regresia generală a fost semnificativă din punct de vedere statistic ( $R^2 = 0.202$ ,  $F(3,207) = 17.439$ ,  $p = 0.000$ ). Cu toate acestea, după analizarea modelului de regresie, putem concluziona că predictorul 1 (conștientizarea metacognitivă) este singurul predictor semnificativ pentru concepțiile greșite la științe, în timp ce învățarea profundă (predictorul 2) și învățarea strategică (predictorul 3) nu sunt predictorii semnificativi statistic ( $p = 0.563$  respectiv  $p = 0.877$ ). Conștientizarea metacognitivă pare a fi singura variabilă cu o valoare predictivă semnificativă asupra concepțiilor greșite la științe ( $p = 0.000$ ), explicând 20% din variația găsită în concepțiile greșite la științe.

Deși strategiile de învățare profundă și strategică nu par să prezică în mod semnificativ și direct concepțiile greșite la științe, am efectuat o altă analiză de regresie pentru a verifica dacă aceste două variabile se constituie ca predictorii semnificativi ai conștientizării metacognitive la științe. Rezultatele sunt prezentate în tabelul de mai jos.

**Tabelul 5.2**

*Analiza regresiei (metacogniția - variabilă dependentă)*

Model	Coeficienți nestandardizați		Coeficienți standardizați	t	Sig.	R pătrat
	B	Eroare Std.	Beta			
(Constant)	1.194	.191		6.267	.000	.569
1 Strategii profunde	.280	.060	.284	4.707	.000	
Învățarea strategică	.443	.050	.537	8.913	.000	

Cele două variabile, învățarea în profunzime și învățarea strategică, prezic 56% din variația scorurilor la conștientizarea metacognitivă, ceea ce reprezintă un procent ridicat. Învățarea strategică pare să fie un predictor mai bun al metacogniției la științe, având o valoare t egală cu 8.913 ( $p = 0.000$ ) comparativ cu învățarea în profunzime ( $t = 4.707$ ,  $p = 0.000$ ).

Având în vedere rezultatele analizei de regresie, am efectuat o analiză de modelare a ecuațiilor structurale pentru a găsi cel mai potrivit model de reducere a concepțiilor științifice greșite. Prezentăm în continuare rezultatele acestei analize.

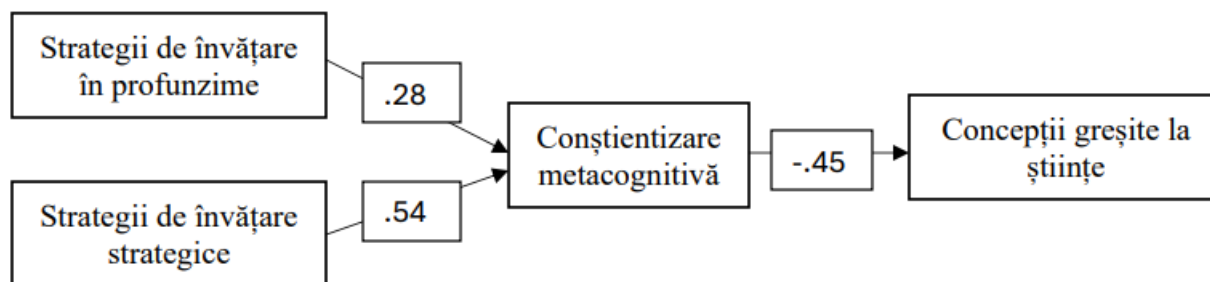
**5.4.2 Analiza modelării ecuațiilor structurale (SEM)**

Mai multe modele au fost testate pentru a verifica care reprezintă cel mai bun predictor pentru scorurile la concepțiile greșite la științe. Toate modelele au inclus, pe lângă concepțiile greșite la

științe, trei variabile esențiale: strategiile de învățare profundă, strategiile de învățare strategică și conștientizarea metacognitivă. Cel mai bun model este cel prezentat în figura 5.1, în care conștientizarea metacognitivă mediază relația dintre strategiile profunde și strategice de învățare și concepțiile greșite la științe.

### Figura 5.1

*Modelarea ecuațiilor structurale: modelul 3*



În primele două modele pe care le-am testat, efectul strategiilor de învățare profundă și strategică a fost foarte scăzut. Cu toate acestea, efectul acestor două variabile crește în ultimul model în care metacogniția este inclusă ca variabilă mediatore. Aceasta înseamnă că strategiile de învățare profundă și strategică au un efect semnificativ din punct de vedere statistic asupra conștientizării metacognitive care, la rândul său, este un predictor semnificativ al concepțiilor greșite la științe. Pentru modelul identificat, după cum se poate vedea în figura de mai sus, o creștere cu 1 abatere standard determină o scădere cu 0.45 abateri standard a concepțiilor greșite la științe. Valoarea Root Mean Square of Approximation (RMSEA) este de 0.480, ceea ce indică faptul că modelul este potrivit. Statistica Goodness of Fit (GFI) este de 0.926, ceea ce indică un model bun, în timp ce GFI ajustat (AGFI) este de 0.847.

### 5.4.3 Teste pentru diferențele de grup

Tipul cursurilor urmate de studenți ar putea fi o variabilă care influențează conștientizarea metacognitivă, concepțiile greșite la științe, învățarea de profunzime și învățarea strategică. În continuare am testat ipoteza conform căreia există diferențe semnificative în conștientizarea metacognitivă, concepțiile greșite la științe, învățarea în profunzime și învățarea strategică în funcție de tipul cursurilor urmate de studenți. Rezultatele au arătat că această ipoteză poate fi parțial acceptată, cu excepția învățării strategice (0.523) (Tabelul 5.3).

### Tabelul 5.3

*Student t-Test: forma de educație și învățarea profundă, învățarea strategică, metacogniția și concepțiile greșite la științe*

Variabile	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferență medie
Strategii de învățare în profunzime	3.820	203	.000	.244
Învățarea strategică	.640	201	.523	.051
Conștientizarea metacognitivă	2.311	195	.022	.149
Concepții științifice greșite	2.196	209	.029	.790

Strategiile de învățare în profunzime par să ia valori diferite la studenții înscriși la cursurile fără frecvență (M= 3.999, SD= .430) comparativ cu studenții înscriși la cursurile cu frecvență (M= 4.243, SD= .493) (F= 4.039, p= .046) cu t(203)= 3.820, p= 0.000 și 95% IC[.118; .370]. Spre deosebire de învățarea în profunzime, învățarea strategică nu este relaționată tipului de cursuri urmate de studenți. Au fost identificate diferențe semnificative în ceea ce privește conștientizarea metacognitivă la studenții înscriși la studii fără frecvență (M= 4,058, SD= .410) comparativ cu cei care urmau studiile cu frecvență (M= 4,207, SD= .519), cu o valoare t(195)= 2,311, p= .022 și 95% IC[.022; .276]. Pentru concepțiile greșite la științe am identificat diferențe semnificative între studenții de la fără frecvență (M= 7,378; SD= 2,856) și cei de la frecvență: M= 8,163; SD= 2,332; t(209)= 2,196, p= .029 și 95% IC[.081; 1,499].

De asemenea, am dorit să vedem dacă metacogniția, strategiile de învățare în profunzime și învățarea strategică se modifică în funcție de nivelurile concepțiilor greșite la științe. Pentru a stabili nivelurile concepțiilor greșite la științe, am utilizat analiza cluster în două etape și am obținut 3 grupuri cu niveluri diferite de concepții greșite la științe. Având în vedere că un scor mai mic la testul privind concepțiile greșite la științe reflectă un nivel mai ridicat de concepții greșite și un nivel mai scăzut de înțelegere a conceptelor științifice (studenții au primit 1 punct pentru fiecare răspuns corect și zero puncte pentru fiecare răspuns greșit / răspuns cu concepții greșite), s-au obținut trei grupuri de studenți: studenți care utilizează învățarea de suprafață, studenți tipici și studenți care utilizează strategii de învățare în profunzime. S-a realizat un test ANOVA pentru a verifica dacă există diferențe semnificative în învățarea metacognitivă, profundă și strategică în funcție de cele trei niveluri ale concepțiilor greșite la științe. Rezultatele sunt prezentate în tabelul 5.4.

**Tabelul 5.4***ANOVA unidirecțională - variabilă de grupare: concepții științifice greșite*

	Suma pătratelor	F	Sig.
Metacogniție	10.298	29.352	.000
Strategii de învățare în profunzime	4.915	11.884	.000
Învățarea strategică	6.962	11.712	.000

Diferențele semnificative s-au înregistrat între următoarele tipuri de studenți:

**Metacogniție:** Scorurile metacognitive sunt diferite pentru studenții cu diferite niveluri de concepții greșite la științe. Diferențele semnificative au fost identificate între următoarele grupuri:

- Studenții cu un nivel ridicat de concepții greșite au scoruri metacognitive semnificativ diferite comparativ cu studenții cu niveluri medii și scăzute de concepții greșite.
- De asemenea, studenții cu niveluri medii de concepții științifice greșite diferă semnificativ de studenții cu niveluri scăzute de concepții științifice greșite.

**Strategii de învățare în profunzime:** Studenții cu niveluri diferite de concepții greșite la științe au niveluri diferite de strategii de învățare în profunzime. Interesant este faptul că, pentru variabila strategii de învățare în profunzime, au fost identificate diferențe semnificative din punct de vedere statistic doar între studenții din grupul cu nivel mediu de concepții greșite și grupul cu nivel scăzut de concepții greșite. Nu au fost identificate diferențe semnificative între grupul cu nivel ridicat de concepții greșite și celelalte două grupuri.

**Strategii strategice:** Pentru variabila învățare strategică, s-au constatat diferențe semnificative între scorurile studenților cu niveluri medii de concepții greșite și ale celor cu niveluri scăzute și ale celor cu niveluri ridicate și scăzute de concepții greșite la științe.

Ipoteza principală a studiului conform căreia diferite strategii de învățare (profunde, strategice și metacognitive) prezic diferite niveluri de concepții greșite la viitorii profesori a fost confirmată. O analiză de modelare a ecuațiilor semantice a fost efectuată pentru a identifica modul în care aceste strategii de învățare sunt relaționate într-un model cu o valoare predictivă ridicată a concepțiilor greșite la științe. Analiza SEM ne-a permis să dezvoltăm un model teoretic care a fost testat în studiul următor. Rezultatele privind valoarea predictivă a învățării profunde și metacognitive sunt în conformitate cu rezultatele cercetărilor anterioare (Pearson & Harvey, 2013; Franco et al., 2012; Vrugt & Oort, 2008; Rosario et al., 2013). Cu toate acestea, modelul SEM identificat în acest studiu este nou în literatura de specialitate deoarece include și strategiile de învățare strategică și stabilește ca variabilă mediatoare conștientizarea metacognitivă. Modelul pare promițător în reducerea concepțiilor greșite ale studenților viitori profesori în domeniul științelor naturii.

Modelul dezvoltat în acest studiu a fost utilizat în programul de intervenție testat în următorul capitol. Acesta a fost denumit modelul MDS (Metacognitive - Deep - Strategic) de instruire și

integrează elemente de învățare metacognitivă, învățare profundă și învățare strategică. Elemente din toate aceste trei strategii de învățare au fost combinate într-un ghid specific care să fie utilizat de studenți pentru a rezolva diferite sarcini la științele naturii. Deoarece predarea și învățarea științelor implică utilizarea unor metode diferite, cum ar fi experimentele, hărțile conceptuale, învățarea bazată pe investigații și învățarea bazată pe probleme, ghidul elaborat și utilizat în acest studiu este potrivit pentru toate metodele menționate anterior. Ghidul este descris în detaliu în următorul capitol al studiului.

## **CAPITOLUL 6. Efectul modelului de instruire MDS (Metacognitive-Deep-Strategic) asupra nivelului de concepții greșite la științe și a conștientizării metacognitive a studenților**

### **6.1 Model teoretic**

Abordările tradiționale ale predării științelor au fost criticate pentru faptul că generează concepții științifice greșite și un nivel scăzut de alfabetizare științifică în rândul studenților. În consecință, atât studenții, cât și profesorii sunt afectați negativ de această abordare. Studenții nu reușesc să dezvolte o înțelegere profundă a conceptelor științifice și un nivel adecvat de competențe științifice, iar profesorii se concentrează mai degrabă pe evaluarea reproducerii de către studenți a informațiilor științifice, în locul înțelegerii conceptelor științifice de bază. Atât profesorii, cât și studenții, cunosc prea puțin valoarea reală a conștientizării metacognitive în învățarea și înțelegerea conceptelor științifice. În ciuda tuturor acestor dezavantaje legate de predarea tradițională a științelor, această abordare este încă utilizată pe scară largă în diferite contexte educaționale. Acest lucru poate fi explicat prin lipsa resurselor financiare pentru dezvoltarea laboratoarelor de științe și a activităților practice, competențele insuficient dezvoltate ale profesorilor în ceea ce privește utilizarea abordărilor moderne și metacognitive în predarea științelor și un curriculum mult prea vast și complex pentru numărul limitat de ore de predare a științelor.

Examinând impactul instruirii metacognitive asupra schimbării concepțiilor științifice greșite, Camarao și Monterola (2021) au constatat că, din cele 20 de studii analizate, toate au arătat că predarea metacognitivă are un impact ridicat asupra schimbării conceptelor științifice. Dimensiunea efectului acestor intervenții a avut o medie de 0,73. Cercetarea efectuată de Goren și Kaya (2023) arată că variabila conștientizare metacognitivă este legată de modul în care studenții înțeleg natura conceptelor științifice. Coeficienții de corelație ai conștientizării metacognitive și ai înțelegerii naturii științei variază între 0,292 și 0,347. Cu toate acestea, autorii au raportat rezultatele pentru întreaga scală, deși analiza efectuată pe subdimensiunile scalei ar fi putut dezvălui corelații mai mari.

Pentru a avea competențe metacognitive, elevii și studenții au nevoie de suportul cadrelor didactice, în special în clasele primare. Cu toate acestea, adesea profesorii nu au suficiente cunoștințe și competențe pentru a integra metacogniția în practicile lor didactice zilnice. Din acest motiv, există un număr tot mai mare de cercetări axate pe dezvoltarea metacogniției la profesori.

Învățarea metacognitivă poate fi îmbunătățită prin creșterea strategiilor de învățare profundă și a strategiilor strategice de învățare (Pearson & Harvey, 2013). Pentru această intervenție, am integrat trei tipuri de strategii pentru a reduce nivelul concepțiilor greșite la științe la viitorii profesori: strategii de învățare în profunzime, strategii de învățare strategice și strategii metacognitive de învățare. Efectul combinării strategiilor de învățare cognitive (strategiile de profunzime și strategice) și metacognitive a



fost demonstrat în diferite studii de cercetare (Berthold et al., 2007; Hsu et al., 2017; Saks & Leijen, 2018; Samadi & Davaii, 2012). În cadrul strategiilor de învățare profundă, au fost incluse elaborarea și parafrazarea, iar cele strategice au fost axate pe organizarea învățării, gestionarea timpului de studio și monitorizarea procesului de învățare. Strategiile de învățare metacognitivă au inclus planificarea, monitorizarea, ajustarea, evaluarea și identificarea unui set de strategii de învățare adecvate pentru rezolvarea unei sarcini (cunoștințe declarative) și selectarea celei mai potrivite strategii pentru rezolvarea sarcinii (cunoștințe condiționale).

Modelul propus implică relații directe și indirecte între variabile. Cu toate acestea, efectul principal al strategiilor de învățare asupra nivelului concepțiilor greșite la științe este mediat de conștientizarea metacognitivă. Am utilizat acest model teoretic pentru a testa eficacitatea programului de intervenție bazat pe strategii metacognitive, de profunzime și strategice (modelul MDS identificat în studiul anterior). Pornind de la acest model, am elaborat un ghid de intervenție în 5 pași / etape (Tabelul 6.1). În prima etapă, studenții trebuie să selecteze sarcina pe de rezolvat (sarcinile utilizate la curs sunt enumerate în tabelul de la pasul 1). După stabilirea sarcinii, studenții au trebuit să identifice cunoștințele, abilitățile și resursele necesare pentru rezolvarea sarcinii (etapa 2). Acest lucru înseamnă că ei au trebuit să scrie toate informațiile solicitate la pasul 2. După identificarea cunoștințelor, abilităților și resurselor necesare pentru rezolvarea sarcinii, studenții au trebuit să aleagă strategiile de învățare pe care le consideră cele mai bune pentru rezolvarea sarcinii (etapa 3). După alegerea strategiilor, studenții au fost rugați să le aplice (etapa 4). În ultima etapă, studenții au trebuit să aleagă strategia prin care își vor evalua activitatea și să aplice strategia aleasă (etapa 5) (tabelul 6.1).

**Tabelul 6.1**

*Ghid de intervenție*

(1) Stabilirea sarcinii:	(2) Identificarea cunoștințelor, abilităților și resurselor necesare pentru rezolvarea sarcinii:	(3) Alegeți strategiile de învățare pe care le puteți utiliza:	(4) să aplice strategiile de învățare alese:	(5) Evaluați ceea ce ați învățat:
<p>a) Înțelegerea unui text științific.</p> <p>b) Realizați o hartă conceptuală.</p> <p>c) Elaborați un experiment.</p> <p>d) Puneți în aplicare un experiment.</p> <p>e) Concepeți un plan de lecție 5E.</p> <p>f) Concepeți un plan de lecție.</p> <p>g) Faceți o demonstrație.</p>	<p>a) Relaționați cu cunoștințele anterioare: scrieți ce știți despre subiect (<b>învățare de profunzime</b>).</p> <p>b) Scrieți cele mai importante informații de care aveți nevoie pentru a rezolva sarcina (<b>strategii metacognitive</b>).</p> <p>c) Scrieți ce informații aveți nevoie pentru a rezolva sarcina și nu le aveți (<b>strategii metacognitive</b>).</p> <p>d) Scrieți de unde veți obține informațiile necesare (colegi, profesor, power-point, manuale, internet, altele) (<b>strategii metacognitive</b>).</p>	<p>a) Evidențiați informațiile importante (<b>învățare strategică</b>).</p> <p>b) Desenați imagini/diagrame pentru a face conexiuni (<b>învățare de profunzime</b>).</p> <p>c) Citiți cu atenție (<b>învățare de profunzime</b>).</p> <p>d) Parafrază (<b>învățare de profunzime</b>).</p> <p>e) Împărțiți sarcina în următoarele etape (enumerați etapele) (<b>învățare strategică</b>).</p> <p>f) Generați propriile exemple (<b>învățare de profunzime</b>).</p> <p>g) Puneți întrebări cu privire la sarcina pe care o rezolvați (de exemplu: Am înțeles? Am rezolvat corect sarcina? Există o altă strategie de utilizat?) (<b>strategii metacognitive</b>).</p> <p>h) Să-mi planific timpul de lucru (<b>învățare strategică</b>).</p> <p>i) Organizarea informațiilor (<b>învățare strategică</b>).</p> <p>j) Scrieți informațiile (<b>învățare de profunzime</b>).</p>	<p>a) Enumerați dificultățile întâmpinate (<b>strategii metacognitive</b>).</p> <p>b) Enumerați strategiile utilizate pentru a depăși dificultățile (<b>strategii metacognitive</b>).</p>	<p>a) Prezentați în fața clasei dumneavoastră.</p> <p>b) Cereți feedback de la profesor.</p> <p>c) Consultați-vă cu un coleg.</p> <p>d) Verificați materialele furnizate de profesor.</p> <p>e) Verificați alte surse de informații (numiți-le).</p>

## 6.2 Ipoteze de cercetare

Ipotezele de cercetare testate în acest studiu sunt următoarele:

**H5:** Viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar expuși la metoda de predare metacognitivă-strategică profundă (MDS) au niveluri mai scăzute de concepții greșite la științe comparativ cu cei care nu sunt expuși la această metodă.

**H6:** Viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar care participă la programul de formare MDS vor avea un nivel mai ridicat al conștientizării metacognitive comparative cu cei care nu participă la program.

## 6.3 Metodologie

### Participanți

Eșantionul studiului a fost alcătuit din 79 de studenți aflați în ultimul an al studiilor universitare de licență. Vârsta medie a participanților a fost de 21.67 ani, toți participanții fiind de gen feminin. Eșantionul inițial al studiului a avut 97 de studenți. Deși toți studenții frecventau aceeași facultate și au avut aceeași specializare, aceștia au participat la cursuri în orașe diferite. 56 dintre participanți erau studenți la facultatea dintr-un oraș universitar cunoscut (Cluj), în timp ce restul (41) studiau într-un zonă urbană mai mică (Năsăud). Toți se pregăteau să devină profesori de învățământ primar și preșcolar. Studenții din orașul universitar cunoscut au fost incluși în grupul experimental (n=56), iar ceilalți în grupul de control (n=41). Deoarece opt studenți din grupul experimental nu au participat la sesiunea de post-testare, au fost excluși din cercetare. Eșantionul final a avut 79 de studenți din care n=56 în grupul experimental și n= 33 în grupul de control.

### Instrumente

**Conștientizarea metacognitivă.** Conștientizarea metacognitivă a fost evaluată utilizând scala MAI dezvoltată de Scraw și Dennison (1994). Descrierea și proprietățile psihometrice ale acestei scale au fost detaliate în primul studiu al acestei lucrări.

**Inventarul de învățare a autoeficacității și metacogniției la științe (SEMLI-S).** SEMLI-S măsoară metacogniția studenților în domeniul științelor. Acest instrument are 5 dimensiuni și itemii sunt mășurați pe o scală Likert cu 5 puncte (1-niciodată; 5-întotdeauna): constructivist-conectivitate (CC), monitorizare, evaluare și planificare (MEP), autoeficacitate (SE), conștientizarea riscurilor de învățare (LRA) și controlul concentrării (CO). Scala are proprietăți psihometrice adecvate (Thomas et al., 2008; Ajaja, 2017; Thomas, 2013). Consistența internă raportată în literatura de specialitate este de 0,92 (Thomas et al., 2008). Având în vedere scopul studiului nostru, am utilizat numai elementele din subscala constructivist-conectivitate (7

elemente – consistență internă 0.76) și din subscala monitorizare, evaluări și planificare (9 elemente – consistență internă 0.85).

**Scala strategiilor de învățare pentru studenții universitari (LIST).** LIST a fost dezvoltată de Wild și Schiefele în 1994 (Griese et al., 2011) și are trei dimensiuni principale: strategii cognitive, strategii metacognitive și strategii legate de utilizarea diverselor resurse în învățare. Întreaga scală are 77 de elemente. Pentru acest studiu, am selectat itemii care măsoară strategiile cognitive și metacognitive, ceea ce înseamnă că am avut 34 de itemi măsurați pe o scală Likert cu 5 puncte, de la (1) Niciodată la (5) Întotdeauna (2=Ocazional; 3=Desea; 4=Mult des). Fiind dezvoltată în 1994, scala a fost intens utilizată și s-au raportat proprietăți psihometrice bune (Griese et al., 2011). Consistența internă în cazul studiului de față a fost de 0.72.

**Evaluarea concepțiilor greșite la științe.** Concepțiile greșite la științe au fost evaluate prin intermediul următoarelor afirmații de tip adevărat – fals:

- (1) Plantele absorb prin rădăcini toate substanțele de care au nevoie pentru a crește (Wynn et al., 2017).
- (2) Plantele își obțin energia din sol prin intermediul rădăcinilor lor (Wynn et al., 2017).
- (3) Lumina soarelui este utilă pentru fotosinteza plantelor, dar nu este necesară (Wynn et al., 2017).
- (4) Lumina soarelui ajută plantele să crească prin menținerea căldurii (Wynn et al., 2017).
- (5) Solul furnizează hrană pentru plante (Wynn et al., 2017);.
- (6) Stelele strălucesc datorită luminii care este reflectată de soare (Rayla & Rayla, 1983).
- (7) Centrul universului este Soarele (Korur, 2015).
- (8) Centrul universului este Calea Lactee (Korur, 2015).
- (9) Galaxiile sunt constante, nu își schimbă dimensiunea (Korur, 2015).
- (10) Stelele reflectă lumina care vine de la Soare (Korur, 2015).
- (11) Arderea nu produce gaze invizibile (Sadler & Sonnert, 2016).
- (12) Punctul de fierbere variază în funcție de cantitatea de material (Sadler & Sonnert, 2016).
- (13) Soarele este cea mai mare planetă din sistemul solar (Tatar, 2011).
- (14) Toate corpurile solide au o formă definită (Tatar, 2011).

### **Colectarea datelor și implementarea programului**

Colectarea datelor a avut loc în cadrul unei sesiuni de tip hârtie - creion în timpul unui seminar de științe, disciplină obligatorie pentru studenții din anul trei de la specializarea pedagogia învățământului primar și preșcolar. Studenților li s-a cerut consimțământul pentru colectarea și prelucrarea datelor, acordându-li-se un bonus la nota finală la disciplina *Geografie, cunoașterea mediului/științe și metodică predării acestora în învățământul preșcolar și primar*. De asemenea, aceștia au putut opta pentru completarea anonimă a scalelor și au avut opțiunea de a

nu le completa deloc. Aceleași scale au fost utilizate atât în sesiunea de testare cât și în cea de post-testare, cu o distanță de trei luni între cele două evaluări. Ordinea itemilor și a întrebărilor a fost modificată în sesiunea de post-testare. Ulterior, datele au fost introduse și analizate în programul SPSS. Tabelul 6.2 de mai jos sintetizează modul în care a fost aplicat ghidul de intervenție descris anterior și care au fost temele abordate din domeniul științelor. Ghidul a fost utilizat în timpul orelor obișnuite de seminar conduse de cercetător. Fiecare seminar de științe a inclus o prezentare power point pe trei teme specific: fotosinteza, sistemul solar și proprietăți și schimbări în materie. De asemenea, la fiecare seminar studenții au avut sarcini specifice pe care trebuiau să le îndeplinească. Dintre aceste sarcini amintim fi citirea și înțelegerea unui text științific, realizarea unei hărți conceptuale, elaborarea și punerea în aplicare a unui experiment, conceperea unui plan de lecție la științe, realizarea unui plan de lecție 5E sau realizarea unei demonstrații științifice. Prezentările power point au avut imagini, schițe și filmulețe care au facilitat înțelegerea de către studenți a conținutului științific. Seminariile au fost conduse de cercetător, în timp ce cursul a fost predat de un profesor expert în domeniul științelor naturii. Toate seminariile au fost verificate de profesorul titular al cursului. Deoarece seminariile au necesitat prezență obligatorie, studenții au trebuit să participe la cel puțin 80% din întâlniri pentru a fi admiși la examenul final. Prin urmare, au fost întocmite liste cu cei prezenți la fiecare seminar. Acest lucru a contribuit la evitarea pierderii participanților și la asigurarea faptului că studenții au parcurs conținutul aferent acestui curs. În tabelul 6.2 descriem metodologia de aplicare a programului formativ.

**Tabelul 6.2**

*Punerea în aplicare a programului*

<b>Cronologie</b>	<b>Durata intervenție</b>	<b>Teme abordate</b>	<b>Demers intervenție</b>	<b>Evaluare</b>
1 <sup>st</sup> întâlnire – pre - testare	12 ore: <b>2 ore de pre-evaluare</b> <b>+ 8 ore de intervenție</b> (2 ore pentru fiecare subiect + 2 ore de revizuire finală înainte de examen <b>+ 2 ore post-evaluare</b>	Fotosinteza	Studenții au luat parte la seminarii tipice (12 pe semestru)	Ultima întâlnire – post-testarea
Consimțământ scris pe prima pagină a setului de scale de evaluare		Sistemul solar	Cei 56 de studenți (grupul experimental) din grupul de intervenție au fost împărțiți în 3 grupuri. Grupul de control a avut 33 de studenți. Fiecare grup a avut 2 ore	Consimțământ scris pe prima pagină a setului de scale de evaluare

<p>Studentii și-au scris numele pentru a primi un bonus de 0,5 puncte la nota finală. Cei care nu au dorit bonusul au fost rugați să scrie un cod numeric de 4 cifre format din data lor de naștere, pe care să-l treacă și la post - testare</p>	<p>TOTAL 12 ore distribuite pe o perioadă de 6 săptămâni (întâlnirile erau la fiecare 2 săptămâni).</p>	<p>Materie (proprietăți ale materiei, schimbări etc.).</p>	<p>de seminar pe săptămână Inițial, ei au trebuit să urmeze grupul lor în ordine alfabetică - dar uneori s-au încurcat</p> <p>Ore tipice de seminar în didactica științelor - metode și strategii (la curs) + seminarii (experimente, hărți conceptuale, învățarea prin cercetare) PPT pentru fiecare subiect cu imagini, videoclipuri și text de citit.</p>	<p>Studentii și-au scris numele pentru a primi un bonus de 0,5 puncte la nota finală.</p>
---	---	--	--	---

## 6.4 Rezultate

### 6.1 Caracteristici demografice

Eșantionul studiului a fost omogen, ceea ce înseamnă că toți participanții au fost studenți în anul 3<sup>rd</sup> și se pregăteau să devină profesori pentru învățământul preșcolar și primar, la aceeași facultate. Vârsta medie a participanților a fost de 21.67, cu un procent de 58.9% provinind din mediul urban și 41.1% din mediul rural.

### 6.3 Pre-test / post-test - Testul t pentru eșantioane independente

Analiza pre și post-test (tabelul 6.5) arată că, în general, programul de intervenție propus în acest studiu a fost eficient. Abordarea instrucțională MDS utilizată a influențat pozitiv nivelul conștientizării metacognitive a studenților și concepțiile greșite la științe ale acestora. Astfel, ipoteza studiului nu a fost respinsă. Studenții care au beneficiat de instruirea MDS (n=56) au înregistrat niveluri mai ridicate la conștientizarea metacognitivă și mai reduse la concepții greșite la științe, comparativ cu cei care nu au beneficiat de instruirea MDS (n=33). Deși inițial studenții din cele două grupuri nu au avut scoruri diferite semnificativ în ceea ce privește variabila conștientizare metacognitivă, după intervenție s-a înregistrat o diferență medie de 9.360, cu o valoare t de 2.533 (p=0.013) și o dimensiune a efectului de 0.554. Diferențele de scoruri în ceea ce privește concepțiile greșite la științe sunt chiar mai mari decât cele la conștientizarea metacognitivă. Pentru concepțiile greșite la științe, diferența medie dintre studenții din grupul experimental și cei din grupul de control în post-testare este de 2.944 (p = 0.000), cu o

dimensiune a efectului de 1.705. În mod interesant, scorurile pentru variabila "repetare" au fost diferite în sesiunea de preevaluare și au devenit neseemnificative în post-evaluare. Cu toate acestea, au existat diferențe semnificative între cele două grupuri în ceea ce privește strategiile metacognitive în evaluările pretestare ( $t=10.519$ ,  $p=0.000$ ) și posttestare ( $t=3.670$ ,  $p=0.000$ ) și strategiile de gestionare a informațiilor ( $t=2.099$ ,  $p=.039$ ;  $t=3.445$ ,  $p=0.001$ ). Cu excepția repetării, a strategiilor metacognitive și a strategiilor de gestionare a informațiilor, nu au existat diferențe semnificative din punct de vedere statistic între grupuri (experimental și de control) la evaluarea pre-test. Astfel, grupurile au fost similare în ceea ce privește următoarele strategii de învățare: organizare, elaborare, constructivist-conectivitate, monitorizare, evaluare, planificare, monitorizarea înțelegerii și strategiile de ajustare. De asemenea, nu au existat diferențe semnificative în cunoștințele declarative, procedurale și condiționale ale participanților în etapa pre-testare. La evaluarea post-test, s-au constatat diferențe semnificative din punct de vedere statistic în ceea ce privește organizarea, elaborarea, conectivitatea construcțiilor, monitorizarea, evaluarea, planificarea, monitorizarea înțelegerii și strategiile de depanare.

**Tabelul 6.5***Scoruri pre-test / post-test*

		Pre-test					Post-test				
		M	SD	t	Sig	d	M	SD	t	Sig	d
Conștientizarea	EXPERIMENTALE	200.857	16.587	1.294	.199	.286	210.482	16.748	1.705	.013	.554
metacognitivă	CONTROL	196.242	15.658				201.121	16.999	2.533		
Concepții	EXPERIMENTALE	7.928	2.206	-278	.782	.061	11.035	1.501	8.035	.000	1.705
științifice greșite	CONTROL	8.060	2.090				8.090	1.926			
Constructivist-	EXPERIMENTALE	18.607	3.420	1.433	.155	.323	19.929	2.743	4.725	.000	1.022
conectivitate	CONTROL	17.606	2.726				17.061	2.806			
Monitorizare,	EXPERIMENTALE	33.929	4.932	1.690	.095	.412	35.554	4.663	4.691	.000	1.029
evaluare,	CONTROL	32.121	4.768				30.758	4.650			
planificare											
Organizarea	EXPERIMENTALE	31.143	3.956	-1.686	.095	.372	32.446	3.968	5.098	.000	.083
	CONTROL	32.576	3.725				28.394	2.936			
Elaborare	EXPERIMENTALE	26.679	4.469	-1.192	.237	.261	31.679	3.723	8.892	.000	1.932
	CONTROL	27.848	4.480				24.212	3.998			
Repetarea	EXPERIMENTALE	24.732	4.837	-3.444	.001	.770	25.911	4.358	-1880	.063	.408
	CONTROL	28.212	4.174				27.758	4.671			
Strategii	EXPERIMENTALE	13.482	2.486	10.519	.000	.618	14.768	2.587	3.670	.000	.811
metacognitive	CONTROL	11.061	2.091				12.727	2.440			
Cunoștințe	EXPERIMENTALE	31.607	3.273	1.905	.060	.418	11.036	1.501	3.007	.003	1.705
declarative	CONTROL	30.242	3.250				8.091	1.926			
Cunoștințe	EXPERIMENTALE	15.482	2.366	1.845	.068	.413	32.464	3.081	4.398	.000	.649
procedurale	CONTROL	14.576	2.000				30.333	3.470			



Cunoștințe condiționate	EXPERIMENTALE	19.268	2.276	-.070	.945	.015	16.357	1.958	1.795	.076	.957
	CONTROL	19.303	2.352				14.424	2.077			
Planificare	EXPERIMENTALE	27.000	3.501	.214	.831	.043	20.143	2.393	3.121	.002	.391
	CONTROL	26.848	2.706				19.182	2.518			
Monitorizarea înțelegerii	EXPERIMENTALE	24.821	3.422	.522	.603	.117	28.643	3.000	3.224	.001	.695
	CONTROL	24.455	2.785				26.667	2.677			
Strategii de gestionare a informațiilor	EXPERIMENTALE	40.375	3.730	2.099	.039	.464	26.679	3.128	3.445	.001	.697
	CONTROL	38.697	3.486				24.606	2.806			
Strategii de depanare	EXPERIMENTALE	20.554	2.544	.141	.889	.030	41.554	3.511	2.098	.039	.757
	CONTROL	20.485	2.017				38.909	3.476			
Evaluare	EXPERIMENTALE	21.750	2.881	.182	.856	.040	21.482	2.248	2.464	.016	.466
	CONTROL	21.636	2.782				20.485	2.017			
Cunoștințe metacognitive	EXPERIMENTALE	66.357	6.127	1.598	.114	.346	23.161	2.557	3.443	.001	.537
	CONTROL	64.121	6.781				21.758	2.658			
Reglare metacognitivă	EXPERIMENTALE	134.500	12.487	.933	.353	.210	68.964	6.421	3.934	.000	.746
	CONTROL	132.121	9.930				63.939	7.026			

---

#### 6.4 Analiza între subiecți: grupul experimental

Deși am comparat scorurile între grupurile experimental și de control, am efectuat o analiză pre-testare / post-testare pentru grupul experimental, care a beneficiat de intervenția MDS.

Rezultatele la această analiză sunt prezentate în tabelul 6.6.

**Tabelul 6.6**

*Analiza pre-test / post-test la grupul experimental: metacogniția și concepțiile greșite la științe*

Variabilă	Pre-test		Post-test		t	Sig.	d
	M	SD	M	SD			
Conștientizare metacognitivă	200.857	16.587	210.482	16.748	4.336	0.001	0.579
Concepțe greșite la științe	7.929	2.206	11.036	1.501	9.619	0.001	1.285

Analiza arată diferențe statistice semnificative ale scorurilor la conștientizarea metacognitivă între evaluarea pre-test (M = 200.857; SD = 16.587) și post-test (M = 210.482; SD = 16.748), la o valoare p mai mică de 0.001 cu  $t(55) = 4.336$ . Mărimea efectului diferenței identificate este de 0.572, ceea ce indică faptul că scorurile la conștientizarea metacognitivă au crescut cu 0,57 abateri standard de la evaluarea pre-test la evaluarea post-test..

Au fost observate diferențe semnificative la o valoare p mai mică de 0.001 și pentru scorurile la concepțiilor greșite la științe între preevaluare (M = 7.929; SD = 2.206) și post-evaluare (M = 11.036; SD = 1.501). O dimensiune a efectului mai mare de 1 abatere standard a fost identificată pentru scorurile la concepții greșite între etapa de pre-testare și post-testare, cu o mărime a efectului  $d = 1.285$ .

**Tabelul 6.7**

*Analiza între subiecți: conectivitatea constructelor, MEP, LIST și metacogniție cunoaștere și reglementare*

Variabilă	Pre-test		Post-test		t	Sig.	d
	M	SD	M	SD			
Reglare metacognitivă	134.500	12.487	141.518	11.057	4.341	0.001	.580
Cunoaștințe metacognitive	66.357	6.127	68.964	6.421	3.144	0.001	.420
Constructivist-conectivitate	18.607	3.420	19.929	2.743	2.808	.006	.375
Monitorizare, evaluare, planificare	33.929	4.932	35.554	4.663	2.299	.003	.307
Organizarea	31.143	3.956	32.446	3.968	2.754	0.001	.368
Elaborare	26.679	3.956	31.679	3.968	10.066	0.001	1.345
Repetarea	24.732	25.911	25.911	4.358	2.138	0.001	.286
Strategii metacognitive	13.482	2.486	14.768	2.587	3.107	.058	.415

În cazul grupului experimental, s-au constatat diferențe semnificative între toate variabilele incluse în studiu. Scorurile medii pentru cunoaștințele metacognitive, reglare metacognitivă, constructivist-conectivitate, monitorizare, evaluare și planificare, organizare, elaborare, repetare și strategii metacognitive au crescut semnificativ după implementarea programului formativ. Cea mai mare diferență a fost pentru elaborare în cazul căreia media a crescut de la 26.679 la 31.679 cu o mărime a efectului de 1.345. Cele mai mici diferențe au fost identificate pentru variabila "repetare" ( $d= 0.286$ ) urmată de monitorizare, evaluare și planificare ( $d=0.307$ ), organizare ( $d=0.368$ ) și constructivist-conectivitate ( $d=0.375$ ). Dimensiunea coeficientului efectului pentru aceste variabile este considerată mică, în timp ce pentru strategiile metacognitive, cunoștințele metacognitive și reglarea metacognitivă s-a obținut o dimensiune medie a efectelor.

### 6.5 Explicațiile studenților privind fotosinteza, proprietățile materiei și sistemul solar

Studenților li s-a solicitat să explice fiecare răspuns la afirmațiile de tip adevărat-fals alese.

Tabelul 6.8 prezintă câteva din aceste explicații.

#### Tabelul 6.8

*Explicațiile studenților cu privire la răspunsurile alese*

Subiect	Explicații pre-test	Explicații post-test
Fotosinteza	<p>Plantele își obțin substanțele nutritive prin frunze și energia din sol.</p> <p>Plantele se hrănesc cu apa și substanțele extrase din sol, prin rădăcină.</p> <p>Sărurile sunt extrase din sol și așa se hrănesc plantele.</p> <p>Plantele au nevoie de lumină pentru a se dezvolta, iar fotosinteza le ajută să se dezvolte.</p> <p>Ele își extrag hrana din sol.</p> <p>Deoarece planta primește hrana din sol prin rădăcini și o consumă pentru a crește mare și frumoasă.</p> <p>Plantele extrag minerale și substanțe nutritive din sol prin rădăcinile lor.</p>	<p>Prin fotosinteză, plantele produc glucoză.</p> <p>Plantele își produc propria hrană prin fotosinteză.</p> <p>Solul susține planta, dar aceasta își produce propria hrană.</p> <p>O plantă are nevoie de dioxid de carbon, lumină și apă pentru a-și produce propria hrană. Plantele sunt</p>

Sistemul solar	Stelele sunt încărcate cu energie de la Soare.	autotrofe. Stelele au propria lor lumină.
	Stelele sunt corpuri cerești fără lumină și căldură proprie.	Soarele este o stea.
	Stelele reflectă lumina de la Soare.	Soarele este o stea și are propria sa lumină.
	Soarele este reflectat noaptea de lumina stelelor.	Stelele sunt corpuri cerești cu lumină și căldură proprie. Iar Soarele este o stea.
	Soarele strălucește pentru că arde.	Soarele este o stea, deci are propria sa lumină și căldură.
Proprietăți și schimbări în materie	Corpul își poate schimba forma.	Moleculele solidelor le fac să aibă aceeași formă.
	Solidele își schimbă forma. De exemplu, plastilina este solidă, dar își schimbă forma.	Dacă sunt solide, înseamnă că au propria lor formă.
	Sunt sigură că nu toate corpurile solide au o formă definită.	Solidele au o formă definită, lichidele nu.

Analiza răspunsurilor studenților, împreună cu analiza cantitativă, ne permite să vedem cum s-au modificat răspunsurile acestora de la etapa de pre-testare la cea post-testare. La pre-testare, niciunul dintre studenți nu a menționat că plantele sunt organisme autotrofe care își produc singure hrana. Majoritatea au crezut că plantele își obțin hrana în principal din sol, prin intermediul rădăcinilor. Deși au menționat că lumina este importantă pentru plante, nu au știut să explice cum este folosită de către plante în procesul de hranire și creștere. În cadrul evaluării post-test, unii dintre studenți au menționat că plantele sunt organisme autotrofe care își produc singure hrana folosind lumina, dioxidul de carbon, apa și alte minerale. De asemenea, au menționat că energia unei plante este produsă prin procesul de fotosinteză și că solul susține o plantă, dar nu este sursa hranei sale. Studenții au înțeles, de asemenea, că Soarele este o stea cu energie proprie și că stelele strălucesc pentru că au lumină proprie și nu strălucesc pentru că reflectă lumina de la Soare. În plus, atunci când au explicat de ce solidele au o formă proprie, unii studenți au folosit în explicațiile lor termenul de molecule, termen care nu a apărut în niciuna dintre explicațiile din etapa pre-testare.

## 6.5 Discuții și concluzii

Abordarea concepțiilor greșite la științe și a conștientizării metacognitive la viitorii profesori prin intermediul unui modelului de instruire MDS s-a dovedit a fi eficientă. Deși există cercetări care arată că atât strategiile de învățare profundă, cât și cele metacognitive îmbunătățesc înțelegerea conceptelor științifice (Camarao & Monterola, 2021; Goren & Kaya, 2023; Jing, 2006; Wagaba, Treagust, Chandrasegaran & Won, 2016), cercetarea care integrează aceste două strategii cu învățarea strategică este inexistentă. Din cunoștințele noastre, acesta este primul studiu care include toate cele trei tipuri de strategii de învățare într-un model coerent și ușor de implementat, care și-a dovedit eficacitatea în creșterea conștientizării metacognitive și scăderea concepțiilor greșite la științe.

Modelul de instruire MDS se axează în primul rând pe creșterea conștientizării metacognitive a studenților în domeniul științelor și, în al doilea rând, pe diminuarea concepțiilor greșite ale acestora legate de științe. Abordarea profundă promovează strategii de învățare precum raportarea noilor informații la cunoștințele anterioare, utilizarea informațiilor în contexte diferite și utilizarea unor strategii precum parafrizarea și rezumarea. Strategiile strategice de învățare sunt importante pentru studenți deoarece aceștia doresc să se asigure că obțin note mare la examenele pe care trebuie să le susțină. Prin urmare, aceștia sunt interesați de modul în care vor fi evaluați, de subiectele care vor fi abordate la curs și seminar și de resursele de învățare pe care profesorul le pune la dispoziția studenților. Abordările de învățare în profunzime și strategică sunt strategii cognitive de învățare, în timp ce strategiile metacognitive reprezintă strategii de învățare de ordin superior. Ambele tipuri sunt necesare pentru a ne asigura că studenții vor fi capabili să înțeleagă în profunzime conceptele științifice și să le utilizeze în rezolvarea diverselor probleme din viața de zi cu zi. Strategiile metacognitive permit studenților să-și planifice, monitorizeze, ajusteze și evalueze procesul de învățare și rezultatele învățării.

Programul de instruire MDS propus aici pare să aibă un impact ridicat asupra concepțiilor greșite ale studenților în domeniul științelor, cu o dimensiune mare a efectului de 1.705. Subiectele științifice abordate prin programul MDS au fost fotosinteza, sistemul solar și proprietățile materiei. Este important de menționat faptul că aceste concepțiile greșite sunt considerate concepții greșite ușor de modificat. Aceasta înseamnă că, pentru a modifica aceste concepții greșite, studenții au trebuit să schimbe sau să elimine legăturile dintre cunoștințele lor și nu să restructureze baza de cunoștințe în jurul unor principii noi (Dunbar et al., 2007). Acest lucru ar putea explica dimensiunea ridicată a efectului pe care l-a avut programul propus aici.

Pentru cercetările viitoare, se recomandă utilizarea unor eșantioane mai mari de studenți, de la universități diferite, acoperirea mai multor teme la științele naturii și abordarea unor concepții științifice greșite considerate greu de schimbat. La aceste recomandări mai adăugăm

utilizarea testelor cu variante multiple de răspuns pentru a oferi o înțelegere mai detaliată a concepțiilor greșite la științe.

Instruirea bazată pe strategii metacognitive ar putea fi o provocare în contextul sistemului educațional actual. Acest lucru se datorează faptului că programa de științe este vastă și conține multe subiecte care trebuie abordate într-un timp relativ scurt. Iar predarea metacognitivă necesită timp. În plus, ar putea fi o sarcină dificilă pentru unii profesori cărora le este greu să introducă metacogniția în predarea lor zilnică. Deoarece predarea științelor implică utilizarea unei mari varietăți de metode, poate fi dificil să se găsească o modalitate unică și simplă de a instrui metacognitivă. Și acesta ar putea fi unul dintre motivele pentru care metacogniția nu este luată în considerare în predarea științelor. Având în vedere aceste neajunsuri, în capitolul următor am propus și am testat efectul textelor de disputare asupra concepțiilor greșite la științe, o strategie care poate fi ușor implementată în orice clasă și cu studenți de vârste diferite.

## **CAPITOLUL 7. Impactul textelor de disputare, al textelor expositive și al textelor bazate pe manuale asupra concepțiilor greșite la științe**

### **7.1 Cadrul theoretic**

#### **7.1.2 Concepții greșite privind fotosinteza**

Există multe concepții greșite legate de conceptul de fotosinteză și deoarece poate fi contraintuitiv să crezi că plantele își produc singure propria hrană (Mikkila-Erdmann, 2001). Concepțiile greșite privind fotosinteza la copii și adulți au fost documentate pe larg. Dacă nu sunt adresate corespunzător, aceste concepții greșite care se dezvoltă la vârsta școlărității mici se vor regăsi și la vârsta adultă. Fotosinteza poate fi considerată drept transformarea apei și a dioxidului de carbon în oxigen și în hrana unei plante. Cu toate acestea, procesul nu este ușor de înțeles, deoarece implică materie în diferite stări de agregare. Driver și colegii săi (1994) subliniază că ceea ce trebuie să înțeleagă studenții este că materia solidă a carbonului este prezentată în dioxidul de carbon (un gaz) care este transformat în zahăr de către plante (solid, dar soluție). Procesul de transformare a dioxidului de carbon în zahăr implică hidrogen (gaz), apă (un lichid) și lumină solară (energie luminoasă). Fotosinteza este cumva un proces contraintuitiv, deoarece ideea că plantele își obțin hrana din sol este larg răspândită. Acest lucru s-ar putea datora faptului că solul a fost mereu folosit pentru plantarea semințelor. Cu toate acestea, odată cu dezvoltarea tehnologică, s-a putut observa cu ușurință că plantele și semințele cresc și în apă sau alte substanțe (de exemplu vată). Viziunea heterotrofă asupra hrănirii plantelor există încă atât la copii cât și la adulți.

Există o serie de concepții greșite frecvente cu privire la fotosinteză. Cercetătorii (Roth et al., 1983) au constatat că atât copiii cât și adulții consideră apa și îngrășămintele ca fiind hrană pentru plante. Cu toate acestea, nici apa, nici îngrășămintele nu sunt alimente pentru plante, deoarece acestea nu furnizează energie în mod direct. O altă concepție greșită frecventă despre fotosinteză este aceea că plantele își obțin hrana din sol prin intermediul rădăcinilor. Deși apa, nitrații (pentru sinteza proteinelor) și magneziul (pentru producerea clorofilei), care sunt luate din sol, sunt vitale pentru producția de hrană a unei plante, acestea nu sunt hrană în sine.

Canal (1999) și alți cercetători (Anderson et al., 1990; Dimec & Strgar, 2017; Haslam & Treagust, 1987; Käpylä et al., 2009; Radanovic et al., 2015; Svandova, 2014) au identificat cele mai frecvente concepții greșite despre hrănirea plantelor la elevii de școală primară: (1) nutriția plantelor înseamnă procesul de hrănire a plantelor; (2) plantele se hrănesc cu apa și mineralele preluate din sol; (3) sănătatea plantelor depinde de lumina soarelui; (4) procesul de respirație la plante înseamnă inhalarea și exhalarea aerului.

### **7.1.2 Sistemul solar și concepțiile greșite legate de Pământ**

Având în vedere faptul că până și studenții la fizică au concepții greșite cu privire la modul în care se formează anotimpurile, ne-am aștepta să găsim astfel de concepții și în rândul viitorilor profesori de învățământ primar și preșcolar. Dunbar și colegii săi (2007) oferă exemplul studenților la fizică de la Harvard care considerau că anotimpurile se formează din cauza distanței Pământului față de Soare și a orbitei extrem de eliptice a Pământului în jurul Soarelui. După cum a subliniat Jelinek (2021), ideea unui Pământ plat se formează pe baza experiențelor de zi cu zi ale copiilor. Cu toate acestea, odată cu expunerea la informații corecte, această concepție greșită despre forma Pământului ar trebui să se schimbe. Deși acest lucru se întâmplă și copiii învață că Pământul are o formă sferică, le este greu să înțeleagă de ce oamenii nu cad de pe Pământ (conceptul de gravitație).

### **7.1.3 Concepții greșite legate de lumină**

Explicarea fenomenelor legate de lumină în termeni științifici pare a fi dificilă atât pentru studenți, cât și pentru profesori. Uzun și colegii săi (2013) au arătat că elevii de clasa a 8-a, de clasa a 11-a și studenții viitori profesori au oferit explicații incorecte legate de lumină și vedere. În plus, explicațiile acestora au fost similare, iar acest lucru indică faptul că, în general, concepțiile greșite rămân neschimbate de la nivelul școlii primare la cel universitar. Identificarea concepțiilor greșite ale studenților și profesorilor legate de lumină ar putea fi utilă în proiectarea materialelor didactice și a programelor de dezvoltare profesională pentru profesori (Pompea șet al., 2007). Analizând literatura relevantă cu privire la concepțiile greșite despre lumină și optică, Pompea și colegii săi au descris modul în care a fost elaborat Hands-On Optics National Science Foundation pornind de la următoarele concepții greșite identificate la studenți: (a) lumina se reflectă în oglinzi și pe suprafețe netede; (b) obiectele negre nu reflectă nicio lumină, de aceea sunt negre; (c) pentru a-ți vedea întregul corp într-o oglindă, ai nevoie de o oglindă înaltă de 1,5 metri, dacă ai 1,5 metri înălțime; (d) cu cât te îndepărtezi mai mult de o oglindă, cu atât te poți vedea mai bine în ea; (e) lumina nu călătorește, rămâne într-o oglindă în timpul reflexiei; (f) imaginea pe care o vezi în oglindă se formează pe suprafața acesteia; (g) atunci când lumina strălucește pe un obiect, îl putem vedea; (h) oglinzile reflectă toată lumina care strălucește pe suprafața lor; (i) lumina se deplasează întotdeauna în linie dreaptă; (j) lumina se deplasează foarte repede; (k) pentru a mări obiectele cât de mult doriți, puteți folosi un telescop; (l) punctul focal al lentilei este locul unde se formează întotdeauna o imagine; (m) filtrele polarizante sunt doar din plastic sau sticlă de culoare închisă; (n) toate radiațiile sunt dăunătoare; (o) laserele emit fascicule de lumină strânse și paralele.

Djanette și Fouad (2014) au folosit hărți conceptuale pentru a identifica concepțiile greșite despre modul în care vedem lucrurile, iar printre cele mai relevante concepții greșite



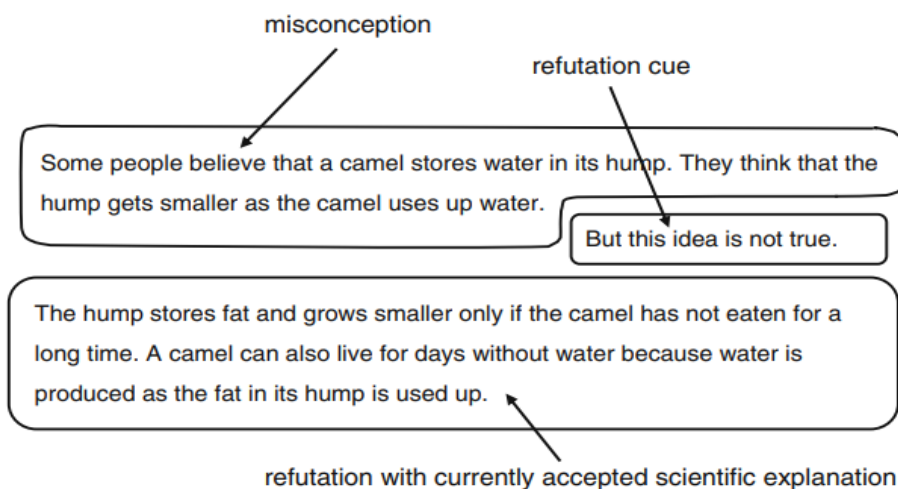
identificate au fost: (a) vedem obiecte deoarece lumina călătorește de la ochi la obiecte; (b) lumina iluminează obiectele astfel încât să le putem vedea; (c) lumina călătorește spre ochi și așa vedem. În timp ce concepțiile greșite legate de lumină pot fi găsite în aproximativ aceeași formă în diferite culturi, după cum indică studiul lui Fetherstonhaugh și al colegilor săi (1987), strategiile eficiente de reconstrucție/modificare ar trebui testate cu studenți din diferite clase, specializări și cu diferite caracteristici demografice. Blizak și colegii săi (2009) au investigat concepțiile greșite legate de lumină la un eșantion mare de studenți în primul an de studii (246 de studenți). Studiul lor a arătat că doar 45% dintre studenți au dezvoltat un concept științific adecvat despre lumină.

#### 7.1.4 Texte științifice de disputare, texte expozitive și texte bazate pe manualele de științe

Textele de disputare sunt adesea utilizate cu succes pentru a schimba concepții greșite la științe. Aceste tipuri de texte implică prezentarea unei concepții științifice greșite, respingerea acesteia și descrierea unei explicații alternative, valide din punct de vedere științific, astfel încât concepția greșită să poată fi depășită. Altfel spus, un text de disputare prezintă concepțiile greșite comune ale studenților din domeniul științelor și aduce argumente care susțin perspectiva științifică (Hynd, 2001). Hynd (2001) susține că textele de disputare implică reorganizarea intenționată a cunoștințelor și este în concordanță cu diferite perspective teoretice întâlnite în literatura de specialitate (Carey, 1992; Chi, 1992; Thagard, 1992). Tippett (2010) oferă o definiție schematică a aspectului textelor refutaționale, prezentată în figura de mai jos.

#### Figura 7.8

*Componentele textelor refutaționale ale lui Tippett (Tippett, 2010, p. 953)*



Cercetarea efectuată de Will și colegii săi (2019) arată că studenții care au învățat la științe cu texte de disputare au oferit explicații mai multe și mai exacte ale diferitelor concepte și

procese științifice comparativ cu cei care nu au utilizat texte științifice de disputare. Will și colegii săi oferă descrieri detaliate ale textelor de disputare și expositive utilizate în studiul lor, un lucru extrem de util având în vedere faptul că majoritatea studiilor nu au inclus în articolele publicate toate aceste detalii.

Având în vedere rezultatele contradictorii ale unor studii, efectul textelor de disputare asupra concepțiilor greșite la științe trebuie să fie investigat în continuare. Concepțiile greșite găsite în studiul nostru sunt asemănătoare cu cele găsite în literatura de specialitate privind fotosinteza (Driver et al., 1994; Haslam & Treagust, 1987; Roth et al., 1983), lumina (Aydin et al., 2012; Blizak et al., 2009; Djanette & Fouad, 2014; Pompea et al., 2007) și sistemul solar (Dunbar et al., 2007; Vosniadou & Brewer, 1990). Folosind trei tipuri de texte științifice, scopul studiului de față este de a verifica eficiența acestor texte în reducerea concepțiilor greșite la științe. Acest studiu este unul dintre puținele care utilizează aceste trei tipuri de texte pentru a identifica și a schimba concepțiile greșite la științe la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar.

## **7.2 Ipoteze de cercetare**

Ipotezele de cercetare testate prin acest studiu sunt următoarele:

H1: Textele refutaționale au un impact mai mare asupra reducerii nivelului de concepții greșite la științe, comparativ cu textele expositive și textele din manualele de științe.

H2: Textele expositive au un impact mai mare în reducerea nivelului de concepții greșite la științe ale candidaților la post, comparativ cu textele bazate pe manuale.

## **7.3 Metodologie**

### **Participanți**

Componenta eșantionului pentru studiul de față a fost diferit în funcție de tema abordată. Astfel, 72 de studenți au participat la cursurile care au avut ca temă lumina, 76 la cele despre sistemul solar și gravitație și 80 la cursurile care au avut ca temă fotosinteza. Participanții erau în ultimul lor an de studiu la nivel licență și au avut o vârstă medie a fost de 21 de ani. Niciun student de gen masculin nu a participat la această cercetare. Într-un grup de intervenție (grupul bazat pe texte din manualele de științe) au fost incluși studenți dintr-o altă zonă urbană care urmau cursurile aceleiași universități. Intervenția a durat la fel pentru acești studenți, deși au participat la un curs de 4 ore de trei ori pe parcursul semestrului.

Participanții au fost împărțiți în trei grupe pe baza numelui de familie. Astfel, iar primul grup a fost alcătuit din studenți cu numele de la A la D (30 de studenți), al doilea grup de la D la M (31 de studenți) și ultimul de la N la Z (30 de studenți). Deși regula principală de împărțire a studenților în cele trei grupe a fost numele lor de familie, unii dintre ei și-au schimbat grupele.

Au fost excluși din studiu studenții care nu au fost evaluați nici la pretestare, nici la posttestare. Din numărul total de 91 de studenți înscriși în anul trei de studiu, unii nu au participat deloc la cursul de științe, deși acesta a fost unul obligatoriu. Alții au fost excluși din cercetare deoarece au participat doar la examenul final, fără a participa la curs. Eșantionul final a avut 72 de studenți la tema despre fotosinteză, 80 de studenți la tema fotosinteză și 76 la tema despre sistemul solar.

### **Instrumente**

Instrumentele utilizate pentru a măsura concepțiile greșite ale studenților atât în pre-test, cât și în post-test sunt sintetizate în tabelul de mai jos.

**Tabelul 7.2**

*Scale de evaluare pre-test și post-test*

<b>Pre-evaluare</b>	<b>Itemi</b>	<b>Scala de măsurare</b>
1. Test de evaluare a luminii	5 itemi	Alegere multiplă
2. Test de evaluare a fotosintezei	10 itemi	Itemi cu răspuns adevărat-fals și cu mai multe variante de răspuns
3. Sistemul solar și testul de gravitație	10 itemi	Itemi cu răspuns adevărat-fals și cu mai multe variante de răspuns
<b>Post-evaluare</b>	<b>Itemi</b>	<b>Scala de măsurare</b>
Toate cele trei teme	10 itemi	Întrebări cu variante multiple de răspuns

Este important de menționat că scorurile mai mari la fiecare test indică un nivel mai ridicat de înțelegere a temelor de științe abordate și niveluri mai scăzute de concepții greșite. Astfel, un scor mic la testele de cunoștințe indică un nivel ridicat al concepțiilor greșite la științe. Toate instrumentele de evaluare se regăsesc în anexe. Scorurile finale pentru toate testele au fost calculate prin însumarea scorurilor fiecărui item. Studenții au primit 1 punct pentru fiecare răspuns corect, iar punctajul maxim pe care îl puteau obține era 10, în timp ce punctajul minim era 0. Pentru testul de evaluare a cunoștințelor despre lumină, studenții au primit 2 puncte pentru alegerea răspunsului corect din cele zece opțiuni pe care le aveau și alte 8 puncte pentru alegerea răspunsului corect la patru itemi (2 puncte pentru fiecare răspuns corect).

### **Colectarea datelor**

Știind că prezența studenților la cursuri nu este constantă, am ales să evaluăm și să predăm fiecare temă în timpul unei sesiuni de predare evitând în acest fel să pierdem participanți. Altfel spus, am evaluat întâi cunoștințele studenților despre lumină și apoi am început cursurile pe această temă. Apoi am evaluat cunoștințele despre fotosinteză și, în cele din urmă, cele despre sistemul solar și gravitație. Toate testele și sarcinile realizate la seminarii au fost evaluate astfel

că studenții au primit puncte pentru realizarea fiecărei sarcini. Aceștia au avut trei sarcini pentru fiecare dintre cele trei teme incluse în studiu (inclusiv testele de preevaluare) și fiecare sarcină a fost evaluată cu 1 punct (au primit automat 1 punct care s-a adăugat la cele 9 puncte finale pentru sarcinile de laborator).

Cele 4 ore de intervenție pentru fiecare subiect sunt ilustrate mai jos.

### **Tabelul 7.3**

#### *Implementarea programului de intervenție*

<b>Durață</b>	<b>Punerea în aplicare a programului</b>
2 ore	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <u>Pre-testare cunoștințe lumină</u></li> <li>❖ Citirea diferitelor tipuri de texte despre lumină (de disputare, expunere sau din manual).</li> <li>❖ Demonstrații cu ajutorul unui laser.</li> <li>❖ Hartă conceptuală privind lumina și vederea.</li> </ul>
2 ore	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Studenții au trebuit să completeze o hartă conceptuală pe baza tipului de text citit la seminarul anterior. Ei au avut acces la text pentru a-și aminti informațiile.</li> </ul>
2 ore	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <u>Pre-testare fotosinteză.</u></li> <li>❖ Citirea diferitelor texte despre fotosinteză (refutații, expuneri și manuale) și discutarea informațiilor din texte.</li> </ul>
2 ore	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Studenții au trebuit să realizeze o hartă conceptuală și să aplice ciclul de învățare 5E pe tema fotosintezei, pe baza textului citit cu o săptămână înainte. Ei au avut acces la text pentru a-și reaminti informațiile.</li> </ul>
2 ore	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <u>Pre-testare gravitație și sistem solar.</u></li> <li>❖ Citirea diferitelor texte despre lumină și discutarea informațiilor din texte</li> </ul>
2 ore	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Hartă conceptuală privind sistemul solar și un plan de lecție privind gravitația și sistemul solar.</li> </ul>
Test post-evaluare de 1 oră	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Aceasta a avut loc în sesiunea de examinare a studenților.</li> </ul>

## **7.4 Rezultate**

### **7.4.1 Analiza pre-test / post-test**

Eșantionul total al studenților care au participat la lecțiile pe tema luminii a fost format din 72 de studenți. Deoarece eșantionul este omogen, informațiile demografice includ doar vârsta și orașul în care studiază participanții. Studenții au fost împărțiți în trei grupe, iar grupul care a studiat pe

baza textelor din manual a avut 15 studenți de la aceeași specializare dar dintr-un oraș diferit. Vârsta medie a participanților este de 22.26 ani. Întregul eșantion de participanți la tema privind sistemul solar și gravitația a inclus 76 de studenți, dintre care 14 studenți studiau în alt oraș. Vârsta medie a participanților din grupul bazat pe texte de disputare a fost de 22.12 ani, pentru grupul de texte expositive a fost 21.46 ani, în timp ce pentru grupul bazat pe texte din manual vârsta medie a fost de 23.16 ani. Grupul celor care au participat la cursurile pe tema fotosinteze a fost alcătuit din 80 de studenți.

### **Pre-test - post-test ANOVA**

#### **Tabelul 7.6**

*Analiza ANOVA pre-test și post-test*

<b>Tematica</b>	<b>Momentul testării</b>	<b>F</b>	<b>Sig</b>
Lumină	Pre-test	.451	.639
	Post-test	12.238	.000
Fotosinteza	Pre-test	.491	.614
	Post-test	54.582	.000
Gravitația și sistemul solar	Pre-test	.281	.756
	Post-test	25.744	.000

Scorurile pre-test la cunoștințele despre lumină nu diferă semnificativ între cele trei grupuri, având un prag de semnificație de 0.639. Aceasta înseamnă că toate cele trei grupuri au cunoștințe similare despre lumină înainte de a implementa intervenția. Rezultatele analizei post-test pentru această temă arată că cel puțin două grupuri au obținut scoruri diferite la testul de evaluare a cunoștințelor despre lumină, cu  $F=12.238$  și  $p = 0.000$ .

În cazul temei despre fotosinteză, nu au fost identificate diferențe semnificative între cele trei grupe în sesiunea de evaluare pre-test, cu  $F = 0.491$  și o valoare  $p$  de 0.614. În evaluarea post-test, ANOVA arată diferențe semnificative din punct de vedere statistic în scorurile medii între cel puțin două dintre cele trei grupuri de cercetare  $F = 54.582$ ,  $p = 0.000$ .

ANOVA pre-test nu arată diferențe semnificative între scorurile celor trei grupuri incluse în analiză pentru tema sistemul solar și gravitație:  $F = 0.281$ ,  $p = 0.756$ . După intervenție, cel puțin două grupuri au avut scoruri semnificativ diferite din punct de vedere statistic, cu  $F = 25.744$ ,  $p = 0.000$ .

În ceea ce privește tema Lumina, diferențe semnificativ statistic au fost între scorurile studenților din grupul expositiv și cei din grupul textelor din manual ( $p = 0.452$ ). De asemenea, diferențe semnificative statistic au fost și între studenții din grupul textelor de disputare și a celor din

grupurile textelor bazate pe manual și a celor de tip expozitiv. Valoarea eta pătrat care testează semnificația practică a diferențelor identificate a fost de 0.261.

Toate grupurile diferă semnificativ între scorurile lor de la post-test la tema fotosintezei.

Diferența medie între textele de disputare și cele expozitive a fost de 1.355,  $p = 0.000$  și CI = [0.754; 1.956]. O diferență mai mare a fost identificată între grupurile de texte de disputare și textele bazate pe manuale, de 2.586,  $p = 0.000$  și IC = [1.979; 3.193]. Cea mai mică diferență a fost între textele expozitive și textele bazate pe manuale: 1.231,  $p = 0.000$  și CI = [0.607; 1.854].

Deși este important să obținem diferențe semnificative între diferitele grupuri, am verificat, de asemenea, dacă aceste diferențe au semnificație practică. Astfel, am calculat coeficientul eta pătrat folosind un calculator online (statology.org) și am obținut o valoare de 0.58. Aceasta înseamnă că analiza ANOVA utilizând tipul de text ca variabilă independentă explică 58% din variabilitatea scorurilor studenților, ceea ce reprezintă o mărime a efectului foarte mare.

La post-test, toate grupurile au obținut scoruri semnificativ diferite la tema gravitației, diferența cea mai mare fiind identificată între grupurile textelor de disputare și cele bazate pe manuale.

Eta pătrat pentru ANOVA de mai sus este 0.41, ceea ce înseamnă că 41% din variabilitatea scorurilor studenților cu privire la gravitație sunt explicate de variabila noastră independentă, mai exact de tipul de texte utilizate în instruire.

#### 7.4.2 Comparații între grupuri

Scorurile medii pentru fiecare tip de text s-au schimbat între evaluările pre și post-test, după cum se poate vedea în tabelele de mai jos.

**Tabelul 7.8**

*Test t pe eșantioane paralele*

Subiect	Tip de text	t	Sig. (2 - coada)	Coeficientul Cohen d
Lumină	Disputare	-9.294	.000	-1.938
	Expozitiv	-7.333	.000	-1.189
	Bazat pe manuale	-3.978	.000	-.812
Fotosinteza	Disputare	-10.039	.000	-1.864
	E Expozitiv	-6.062	.000	-1.189
	Bazat pe manuale	-1.789	.086	-
Gravitația și sistemul solar	Disputare	-9.684	.000	-2.019
	Expozitiv	-7.169	.000	-1.355
	Bazat pe manuale	-2.784	.011	-.568

### **Rezultatele temă lumină**

Diferențele medii ale scorurilor la tema lumină ale studenților din grupul de disputare diferă semnificativ între sesiunea de evaluare pre-test ( $M = 5.043$ ;  $SD = 1.186$ ) și post-test ( $M = 8.130$ ;  $SD = 1.140$ ):  $t(22) = 9.294$ ;  $p = 0,000$  și IC [ $3.776$ ;  $2.398$ ]. Dimensiunea efectului diferenței identificate este mare, cu un coeficient Cohen's  $d$  de  $1.938$  (orice peste  $0.80$  este considerat o dimensiune mare a efectului). Acest lucru înseamnă că există o diferență de aproape 2 abateri standard între scorurile pre- și post-test. Pot fi observate diferențe semnificative între scorurile pre-test și post-test în grupul de studenți care au folosit texte expositive în învățarea materialului științific. Diferențele la evaluarea pre-test ( $M = 5.280$ ;  $SD = 1.021$ ) și post-test ( $M = 7.760$ ;  $SD = 1.127$ ) în grupul studenților care utilizează texte expositive sunt semnificative cu un  $t = 7.333$ ,  $p = 0.000$  și o diferență medie de  $1.760$ . Valoarea  $d$  a lui Cohen pentru grupul de texte expositive este de  $1.189$ , ceea ce, ca și în cazul grupului de texte refutative, este mare și indică faptul că diferența de scor este puțin mai mare de 1 abatere standard. Diferențele dintre scorurile la textele bazat pe manuale între pre-test ( $M = 5.333$ ;  $SD = 1.129$ ) și post-test ( $M = 6.583$ ;  $SD = 0.974$ ) sunt semnificative, după cum se arată în tabelul de mai jos. Pentru grupul care a învățat pe baza textelor din manuale am obținut următoarele rezultate:  $t = 3.978$ ,  $p = 0.001$ . Coeficienții mărimii efectului sunt ilustrați mai jos. Semnificația practică a diferențelor dintre evaluarea pre-test și post-test a studenților din grupul cu text bazat pe manuale este mai mică în comparație cu celelalte două grupuri de intervenție, dar totuși mare ( $d = 0.812$ ).

### **Rezultate privind tema fotosintezei**

S-au constatat diferențe semnificative între scorurile pre-test și post-test pentru scorurile temei fotosintezei ( $t(28) = 10.039$ ,  $p = 0,000$ , IC [ $3.321$ ;  $2.196$ ]). Coeficientul  $d$  al lui Cohen este aproape 2 ( $1.864$ ), ceea ce înseamnă o dimensiune ridicată a efectului sau o semnificație practică ridicată. O diferență de aproape 2 abateri standard a scorurilor a fost identificată între pre-test și post-test pentru studenții care au fost instruiți folosind texte de disputare. Scorurile studenților care au fost instruiți cu ajutorul textelor expositive pe tema fotosintezei diferă semnificativ între evaluările pre ( $M = 5.615$ ;  $SD = 0.941$ ) și post-test ( $M = 7.231$ ;  $SD = 0.951$ ):  $t(25) = 6.062$ ,  $p=0.000$  și CI [ $2.164$ ;  $1.067$ ]. Avem un coeficient de mărime a efectului mai mic în scorurile grupului de expunere a fotosintezei ( $d = 1.189$ ). Nu au fost identificate diferențe semnificative între scorurile grupului de texte bazate pe manuale între pre-test și post-test ( $p = 0.086$ ).

### **Gravitația și sistemul solar**

Studenții incluși în grupul textului de disputare au avut diferențe semnificative din punct de vedere statistic între scorurile de la evaluarea pre-test ( $M = 5.130$ ;  $SD = 1.180$ ) și post-test ( $M = 8.565$ ;  $SD = 1.161$ ):  $t(22) = 9.684$ ,  $p = 0.000$ . Diferența scorurilor gravitaționale ale studenților

între pre-test și post-test este de 2 abateri standard, ceea ce este considerat un efect mare ( $d = 2.019$ ). Studenții din grupul textului expozitiv au obținut scoruri diferite la evaluările pre-test ( $M = 5.429$ ;  $SD = 1.168$ ) și post-test ( $M = 7.464$ ;  $SD = 1.138$ ), iar aceste diferențe sunt semnificative la o valoare  $p$  de 0,000 cu  $t(27) = 7.169$ . Analiza mărimii efectului arată că diferențele scorurilor de gravitație în grupul textului expozitiv între pre-test și post-test sunt de peste 1 abatere standard ( $d = 1.355$ ). Scorurile pre-test ( $M = 5.417$ ;  $SD = 1.100$ ) - post-test ( $M = 6.333$ ;  $SD = .963$ ) diferă la un nivel de semnificație de 0.011 cu o valoare  $t$  de 2.784. Cu toate acestea, diferențele sunt mult mai mici comparativ cu cele identificate în celelalte două grupuri (refutațional și expozitiv). Scorurile studenților la tema gravitație au crescut cu 0.568 după intervenție, pentru grupul care a utilizat texte bazate pe manuale.



## **CAPITOLUL 8. Concluzii generale și discuții. Contribuții originale. Limite și direcții viitoare de cercetare**

### **8.1 Implicații teoretice. Concluzii.**

Conștientizarea metacognitivă și concepțiile greșite la științe sunt două variabile esențiale în predarea și învățarea științelor și ar trebui să fie luate în considerare atât de cercetători, cât și de practicieni. Deși există cercetări care arată că îmbunătățirea conștientizării metacognitive la studenți duce la creșterea performanței în domeniul științelor și la un nivel sporit de înțelegere a științelor, nu există rezultate concludente pentru viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar. În plus, există puține modele bazate pe dovezi științifice care sunt suficient de detaliate pentru a fi utilizate în contexte educaționale reale de diferiți practicieni. Această lucrare depășește aceste neajunsuri din literatura de specialitate și oferă o analiză detaliată a strategiilor formative utilizate în studiul de față, astfel încât acestea să poată fi adaptate și aplicate de diferiți cercetători și practicieni, în alte programe de formare.

Deși învățarea și conștientizarea metacognitivă au constituit un subiect de dezbatere timp de mulți ani, modelul bine-cunoscut dezvoltat de Schraw și Dennison (1994) este încă utilizat în mare măsură. În primul rând, acest lucru se datorează faptului că este un model bine cunoscut și ușor de înțeles atât de cercetători, cât și de practicieni. În al doilea rând, are suport practic, fiind foarte bine operaționalizat și permițând dezvoltarea scalei Metacognitive Awareness Inventory (MAI). Chiar dacă MAI este o scală de auto-evaluare de tip Likert, aceasta permite cercetătorilor și practicienilor să evalueze cu ușurință comportamentele și cunoștințele de învățare metacognitivă în contextul clasei. Iar acest lucru implică posibilitatea de a aplica măsura acestei variabile într-un număr mare de elevi sau studenți într-un timp scurt. Acestea sunt principalele argumente pentru care studiul de față a utilizat acest model teoretic. Cele două dimensiuni principale ale conștientizării metacognitive și implicațiile lor asupra învățării au fost studiate pe larg, dar se cunosc puține despre relația lor cu concepțiile greșite la științe. În special, se cunosc puține despre modul în care conștientizarea metacognitivă se raportează la diferite niveluri de concepții greșite la științe la viitoarele cadre didactice. Cercetările din această lucrare analizează aceste relații, axându-se pe teme specifice din domeniul științelor: fotosinteză, proprietățile materiei, lumina și gravitația și sistemul solar. Toate subiectele menționate mai sus sunt esențiale pentru a putea explica o varietate de experiențe zilnice și pentru a utiliza cunoștințele științifice, dobândite în context școlar, în viața de zi cu zi.

Dezvoltarea conceptuală în domeniul științelor este un subiect de cercetare important din mai multe puncte de vedere. În primul rând, cercetarea poate ajuta practicienii să înțeleagă modul în care pot facilita dezvoltarea conceptuală și înțelegerea științelor în contexte educaționale

obișnuite. În al doilea rând, cercetarea poate oferi explicații perspicace cu privire la motivele pentru care unii studenți nu reușesc să dezvolte concepte corecte în domeniul științelor. În cele din urmă, rezultatele cercetării bazate pe dovezi științifice și programele formative pot fi puse la dispoziția practicienilor (cu descrieri detaliate ale acestor programe). În acest studiu acoperim majoritatea acestor puncte legate de importanța studierii dezvoltării conceptuale la studenți. În primul rând, descriem pe scurt câteva perspective teoretice privind dezvoltarea conceptuală. Apoi explicăm de ce unii studenți nu reușesc să dezvolte concepte corecte cu privire la anumite subiecte științifice, abordând tema concepțiilor greșite la științe. Împreună cu descrierea teoriilor generale privind concepțiile greșite la știință, prezentăm câteva modele teoretice care explică modul în care concepțiile greșite pot fi schimbate sau depășite. Altfel spus, explicăm cum are loc schimbarea conceptuală. Deși există multe teorii explicative despre schimbarea conceptuală și modul în care concepțiile greșite la științe sunt schimbate sau depășite, se pare că există două perspective principale în care teoriile privind schimbarea conceptuală pot fi împărțite: una care implică doar dimensiunile cognitive ale schimbării conceptuale (teorii bazate pe rece) și una care include și emoțiile (teorii bazate pe cald).

Toate studiile incluse în această lucrare își aduc contribuția la dezvoltarea modelului MDS testat aici. **Studiul 1**, care s-a bazat pe o cercetare cu design mixt, ne arată că profesorii tind să își supraestimeze cunoștințele și abilitățile metacognitive atunci când li se cere să se auto-evalueze. Cu toate acestea, atunci când s-au confruntat cu o sarcină care implica un studio de caz în care erau prezentate deficiențe metacognitive specifice, aceștia au avut dificultăți în identificarea acestor deficiențe. În plus, aceștia par să echivaleze metacogniția cu reglarea metacognitivă și au cunoștințe limitate despre dimensiunea cunoștințe metacognitive. **Studiul 2** aduce informații valoroase cu privire la valoarea predictivă a metacogniției asupra concepțiilor greșite la științe. Rezultatele acestui studiu indică faptul că metacogniția ar trebui să fie utilizată pentru a reduce sau schimba concepțiile greșite la științe la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar. Creșterea cunoștințelor metacognitive ar conduce la o scădere a concepțiilor greșite la științe. **Studiul 3** aduce contribuții teoretice esențiale la literatura de specialitate, arătând modul în care strategiile de învățare profundă, strategică și metacognitivă interacționează pentru a influența nivelul concepțiilor greșite la științe. Analiza care a inclus aceste variabile a arătat că, deși strategiile de învățare profundă și strategică au un impact direct redus asupra concepțiilor greșite la științe, impactul lor indirect este mult mai mare atunci când metacogniția este inclusă în analiză ca variabilă mediatoare. Altfel spus, strategiile de învățare profundă și strategică au un impact ridicat asupra metacogniției care, la rândul ei, are un impact puternic asupra concepțiilor greșite la științe. Atunci când analizăm impactul strategiilor de învățare profundă și strategică asupra concepțiilor greșite la științe, putem concluziona că efectul acestora este aproape nesemnificativ. Cu toate acestea, atunci când introducem metacogniția în analiză ca

variabilă mediatoare, vom vedea că strategiile de învățare profundă și strategică influențează concepțiile greșite la științe prin intermediul metacogniției. În **studiul 4** am testat eficacitatea unui program formativ asupra concepțiilor greșite la științe ale viitorilor profesori de învățământ primar și preșcolar. Rezultatele acestei intervenții sunt promițătoare și arată că strategiile cognitive și metacognitive pot fi eficiente în reducerea concepțiilor greșite la științe. Includerea metacogniției în predare poate fi uneori o decizie dificilă, deoarece are un impact asupra numărului de teme care pot fi abordate pe parcursul unui an școlar. Altfel spus, un număr mai mic de subiecte poate fi acoperit atunci când se predă utilizându-se metacogniția. Acest neajuns este depășit de intervențiile axate pe textele refutaționale sau de disputare, descrise în **studiul 5**. Introducerea textelor refutaționale în predarea științelor nu influențează numărul de subiecte abordate și poate fi ușor de aplicat în predarea zilnică a științelor. Impactul textelor refutaționale asupra schimbării concepțiilor greșite la științe este ridicat. În comparație cu textele expositive și textele din manuale, cele refutaționale au un impact ridicat asupra concepțiilor greșite la științe. Rezultatele acestui studiu sunt în concordanță cu cele găsite în literatura de specialitate (Djanette & Fouad, 2014; Driver et al., 1994; Dunbar et al., 2007; Jelinek, 2021; Roth et al., 1983), însă se remarcă prin includerea în analiză a celor trei tipuri de texte.

## **8.2 Abordarea teoretică a învățării metacognitive - profunde - strategice.**

Modelul propus și utilizat în această cercetare implică strategii cognitive și metacognitive specifice de predare și învățare. Analiza statistică de cale efectuată a arătat că cel mai bun model care descrie relațiile dintre conștiința metacognitivă, strategiile de învățare profundă, strategiile de învățare strategică și concepțiile greșite la științe este cel în care conștiința metacognitivă este o variabilă mediatoare. Aceasta înseamnă că, deși strategiile de învățare profundă și strategiile de învățare strategică au un impact direct asupra concepțiilor greșite la științe, acesta este nesemnificativ sau foarte mic. Cu toate acestea, atunci când conștiința metacognitivă este inclusă în analiză, se pare că învățarea profundă și strategică are un impact ridicat asupra conștientizării metacognitive care, la rândul său, este un predictor adecvat al concepțiilor greșite la științe. Folosind rezultatele statistice ale analizei de cale, am dezvoltat un model aplicativ pentru a reduce nivelurile de concepții greșite legate de fotosinteză, proprietățile materiei și ale sistemului solar și gravitație la candidații la profesie. Modelul propus include strategii specifice de învățare de profunzime, strategice și metacognitive. Strategiile de nivel profund implică conectarea noilor informații cu cele vechi pentru a genera o înțelegere semnificativă a noilor informații, utilizarea abilităților de inferență și parafrazăre și utilizarea noilor cunoștințe dobândite în contexte diferite. Strategiile de nivel strategic solicită studenților să utilizeze abilități de gestionare a timpului, abilități de strategii de studiu, să acopere eficient programa la științe și să utilizeze strategii specifice care asigură succesul academic. Strategiile metacognitive se axează pe identificarea și

definirea sarcinii care trebuie rezolvată, dar și pe monitorizarea, reglarea și evaluarea propriei învățări și a rezultatelor studiului. Acest model a fost denumit MDS (Metacognitive-Deep-Strategic). Deși s-ar putea crede că utilizarea strategiilor de învățare la nivel profund este în contradicție cu utilizarea învățării la nivel strategic, nu este cazul. Învățarea profundă îi ajută pe studenți să se concentreze pe înțelegerea informațiilor de care au nevoie și să genereze o înțelegere conceptuală. Pentru a dobândi o înțelegere conceptuală și o înțelegere profundă, pot fi utilizate strategii de nivel profund precum parafrizarea, predicția, abilitățile inferențiale și aplicarea cunoștințelor în diverse contexte. Cu toate acestea, studenții sunt în general interesați de notelor lor, ceea ce înseamnă că sunt interesați de modul în care vor fi evaluați, de subiectele pe care le acoperă cursul de științe și de subiectele care trebuie să le parcurgă pentru evaluarea finală. Prin urmare, considerăm că este esențial să introducem strategii de învățare la nivel strategic în diverse programe formative destinate studenților. După cum a subliniat Biggs (1988), concentrarea pe învățarea strategică înseamnă să ne concentrăm pe abilitățile de gestionare a timpului și pe strategiile de studiu care asigură studenților că sunt bine pregătiți pentru examenul final al cursului. Astfel, ne-am asigurat că subiectele de examen au fost acoperite în mod eficient. Strategiile la nivel strategic îi ajută pe studenți să identifice subiectele specifice cu care trebuie să se familiarizeze, dar și strategiile specifice necesare pentru abordarea acestor subiecte, cum ar fi cartografierea conceptuală, învățarea prin cercetare (ciclul de învățare 5E), proiectarea și realizarea unui experiment, planificarea unei lecții sau realizarea unei demonstrații. După ce ne asigurăm că studenții sunt familiarizați cu tehnici precum parafrizarea, predicția, aplicarea cunoștințelor la situații din viața reală (strategii de nivel profund) și, de asemenea, știu cum vor fi evaluați și ce subiecte trebuie să acopere (strategii de nivel strategic), îi instruiem pe studenții noștri să își planifice, monitorizeze, reglementeze și evalueze învățarea. Altfel spus, în instruiem să utilizeze strategiile metacognitive de învățare. Modelul, deși nou în literatura de specialitate, nu este unul revoluționar. Însă este eficient în dezvoltarea conștientizării metacognitive la științe, reducând în același timp concepțiile greșite legate de știință. Astfel, este recomandat să fie utilizat în predarea științelor la viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar. Modelul este descris în detaliu, iar ghidul de intervenție poate fi ușor adaptat și aplicat. Strategiile metacognitive, de învățare în profunzime și cele strategice introduse în acest program de intervenție sunt ușor de utilizat de către profesori și studenți în practica lor de zi cu zi. Acesta ia în considerare metodele specifice utilizate pentru predarea științelor în școala primară (sau didactica științelor) și subiectele specifice științelor din școala primară. Abordarea în studiul de față a tuturor temelor sau subiectelor pe care profesorii trebuie să le predea la nivel preșcolar și școlar primar este dificilă. Motivul alegerii unor subiecte precum sistemul solar și gravitația, fotosinteza și proprietățile materiei este legat de frecvența concepțiilor greșite relaționate acestor teme, documentate în literatura de specialitate. A înțelege ce este fotosinteza și cum are loc sau

cum putem explica formarea anotimpurilor nu este dificil dacă folosim modelul MDS propus în această lucrare. Concepțiile greșite asociate cu aceste subiecte pot fi depășite folosind abilitățile de învățare metacognitivă, profundă și strategică descrise în acest studiu.

### **8.3 Implicații practice. Concluzii.**

### **8.3 Implicații practice. Concluzii.**

Există multe strategii și metode care pot fi utilizate în predarea științelor și care pot fi găsite printr-o simplă căutare pe internet și în diverse materiale axate pe predarea științelor. Cu toate acestea, unele dintre aceste strategii și metode nu au fost testate pentru a se vedea în ce măsură ele contribuie la înțelegerea aprofundată a conceptelor științifice. Unele sunt considerate interesante de către studenți și ușor de utilizat de către profesori. Cu toate acestea, realitatea dezvăluită de diverse evaluări științifice naționale și internaționale ne arată că există un grad ridicat de analfabetism în domeniul științelor. Studenții au dificultăți în a înțelege concepte științifice complexe și în a le aplica în diverse situații din viața lor de zi cu zi. Creșterea înțelegerii de către studenți a conceptelor și proceselor legate de științe este un obiectiv al fiecărui curriculum de științe, iar integrarea metacogniției în predarea științelor este necesară. Programul de intervenție dezvoltat și testat în acest studiu s-a dovedit a fi eficient în schimbarea concepțiilor greșite la științe a viitorilor profesori de învățământ primar și preșcolar. Programul este descris în detaliu, este ușor de implementat în predarea de zi cu zi a științelor la studenți și poate fi ușor adaptat la diferite subiecte științifice, nu doar la cele la care au fost testate. În prima etapă a programului, cea care se concentrează pe stabilirea sarcinii necesare a fi rezolvată, profesorii pot adăuga diverse sarcini dacă urmăresc îndeaproape ghidul formativ pentru etapele următoare. Introducerea oricăror elemente suplimentare în acest program ar trebui argumentată și testată pentru a vedea dacă este eficient după modificările operate. Ghidul de intervenție elaborat și testat în cadrul acestei cercetări solicită studenților să se implice în învățarea conținutului legat de științe și permite profesorilor să introducă în demersul lor didactic videoclipuri, fotografii, grafice, prezentări power point și orice alte materiale ale platformelor pe care le consideră utile.

Utilizarea textelor științifice de disputare în predare și învățare, deși s-a dovedit a fi eficientă în dezvoltarea înțelegerii de către studenți a conceptelor științifice, devine de obicei dificil de aplicat, iar principalul motiv este lipsa unor astfel de texte disponibile pentru profesori.

Conținutul manualelor de științe nu include texte de disputare. De fapt, multe concepții științifice greșite pot fi găsite în manualele de științe tipice. Deși până în prezent nu există niciun motiv real pentru a nu include texte de disputare în manualele de științe, acestea lipsesc cu desăvârșire. Acest lucru se datorează fie faptului că autorii manualelor nu sunt la curent cu cercetările din domeniu, fie dificultății de a elabora astfel de texte pe care să le includă în manuale. Cu toate acestea, având în vedere implicațiile lor practice și eficiența în reducerea concepțiilor științifice greșite, acestea ar trebui să fie incluse în toate manualele de științe.

Deși literatura de specialitate documentează existența multor strategii și metode care sunt eficiente în diminuarea concepțiilor greșite la științe, se pare că studenții au încă multe concepții greșite la științe și dificultăți în înțelegerea conceptelor științifice. Manualele de științe au multe concepții greșite, în ciuda utilizării lor pe scară largă atât de către profesori, cât și de către studenți. Alte strategii eficiente de reducere a concepțiilor greșite în domeniul științelor ar putea să nu fie utilizate în mod consecvent de către profesori și acest lucru se poate datora mai multor factori. Printre aceștia, se numără lipsa de familiaritate a profesorilor cu aceste strategii sau dificultatea de a le aplica din cauza temelor vaste pe care trebuie să le acopere pe parcursul unui an școlar. Includerea textelor de disputare în manualele de științe ar putea fi o metodă ușoară și eficientă de a depăși deficiențele menționate mai sus. Îmbogățirea acestor texte de disputare cu metacogniție ar putea fi și mai eficientă în creșterea înțelegerii de către studenți a conceptelor științifice. În plus, programul de intervenție MDS propus în acest studiu ar trebui testat cu elevii din învățământul primar și, dacă este eficient, inclus la sfârșitul diferitelor capitole și utilizat pentru stabilizarea și aprofundarea cunoștințelor.

#### **8.4 Limite și direcții pentru cercetări viitoare**

Una dintre limitările studiului se referă la grupul de control utilizat în testarea eficacității programului de intervenție MDS. Se recomandă ca în cercetările viitoare să fie utilizate grupuri de control mai mari. În plus, ar fi util să se testeze eficacitatea programului cu profesori practicanți din învățământul primar și preșcolar. Programul de intervenție și ghidul ar trebui, de asemenea, să fie testate cu diferite concepții greșite la științe, în afară de cele propuse aici.

Este necesară realizarea anumitor comentarii cu privire la scalele utilizate pentru evaluarea variabilelor incluse în această lucrare. Cu excepția scalei de interval utilizate pentru evaluarea concepțiilor greșite la științe, toate celelalte scale sunt de tip Likert, care sunt scale

ordinale. Utilizarea statisticilor parametrice cu astfel de scale este considerată inadecvată de unii cercetători. Cu toate acestea, alții susțin că datele colectate prin intermediul scalelor de tip Likert pot și ar trebui să fie analizate cu ajutorul statisticilor parametrice, în special atunci când acestea au un scor final compozit. Există cercetări care arată că tratarea datelor de tip Likert ca fiind ordinale și analizarea lor cu ajutorul statisticilor neparametrice nu oferă rezultate diferite de analiza parametrică și poate duce chiar la pierderea unor concluzii statistice valoroase. Desigur, ar fi recomandată utilizarea scalelor de interval și de raport, dar acest lucru ar putea fi imposibil sau foarte dificil pentru măsurarea unor constructe precum învățarea profundă, învățarea strategică și conștiința metacognitivă. De asemenea, este necesară o observație cu privire la testele utilizate în evaluarea concepțiilor greșite. În studiile ulterioare, testele adevărat-fals pot fi înlocuite cu unele mai eficiente. Cu toate acestea, acest lucru va crește timpul necesar pentru sesiunile de pre- și post-evaluare. Dar ar putea aduce informații valoroase.

Efectele practice ale programului de intervenție testat în acest studiu ar fi putut fi mult mai mari dacă am fi utilizat un design experimental în locul unuia cvasi-experimental. Cu toate acestea, pentru subiectul tratat în acest studiu, utilizarea designului cvasi-experimental are o valoare mai mare, deoarece am arătat cum funcționează programul într-un context educațional real, în care un control riguros al tuturor variabilelor este imposibil (de exemplu, folosind o eșantionare randomizată). În contextele educaționale reale, uneori nici nu avem acces la un grup de control. Cu toate acestea, nu subestimăm valoarea cercetărilor pur experimentale sau de laborator. Dimpotrivă, valoarea lor este incontestabilă, deoarece ne-ar putea ajuta să înțelegem mai bine de ce unele concepții științifice greșite sunt extrem de greu de schimbat și care sunt mecanismele din spatele acestor concepte greu de schimbat. Astfel, aceasta constituie una dintre direcțiile viitoare în care ar trebui să se îndrepte cercetarea concepțiilor greșite în domeniul științelor: identificarea mecanismelor din spatele schimbării conceptelor și transpunerea acestora în practici didactice eficiente. Până în prezent, rezultatele acestor cercetări sunt puține și nu au fost testate în practica didactică de zi cu zi. Prin urmare, devine dificil pentru profesori să le utilizeze în practica lor didactică zilnică.

Pentru intervenția care a folosit diferite tipuri de texte pentru a schimba concepțiile greșite ale studenților în domeniul științelor, rezultatele au indicat efecte ridicate ale textelor de disputare, în comparație cu cele expositive și bazate pe manuale. Efectul cel mai scăzut asupra schimbării concepțiilor greșite la științe a fost cel al textelor bazate pe manuale. Aceste rezultate

relevă impactul scăzut al textelor bazate pe manuale asupra concepțiilor greșite despre științe, în ciuda utilizării pe scară largă a manualelor de științe, în special de către profesorii debutanți. Cercetările indică în mod clar faptul că profesorii utilizează manualele pentru a-și elabora planurile de lecții la științe sau pentru a se pregăti pentru predarea științelor, deși acestea ar putea să nu fie cele mai eficiente resurse. Mai multe concepții greșite la științe pot fi întâlnite chiar și în manualele de știință, iar acest lucru îngreunează procesul de schimbare conceptuală. O metodă alternativă eficientă pentru diminuarea concepțiilor greșite în domeniul științelor este utilizarea textelor științifice de disputare. Cu toate acestea, întrucât metacogniția este, de asemenea, esențială pentru înțelegerea conceptelor științifice și pentru diminuarea concepțiilor greșite, o direcție viitoare de cercetare este adăugarea metacogniției în textele de disputare. Crearea de texte științifice de disputare metacognitive ar putea fi o strategie eficientă de reducere a concepțiilor greșite în domeniul științelor și una care poate fi aplicată cu ușurință în contextul predării zilnice a științelor în clasă.



## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE REZUMAT

- Adom, D., Hussein, E.K. & Agyem, J.A. (2018). Theoretical and conceptual framework: mandatory ingredients of a quality research. *International Journal of Scientific Research*, 7 (1), 438-441.
- Alsop, S., & Watts, M. (2000). Facts and feelings: exploring the affective domain in the learning of physics. *Physics Education*, 35(2), 132–138. <https://doi:10.1088/0031-9120/35/2/311>
- Alsop, S., & Watts, M. (2002). Unweaving time and food chains: Two classroom exercises in scientific and emotional literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 435–448. <https://doi:10.1080/14926150209556534>
- Anderson, C.W., Sheldon, T.H., & Dubay, J. (1990). The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 761-776. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270806>
- Avargil, S., Lavi, R., Dori, Y.J. (2018). Students' Metacognition and Metacognitive Strategies in Science Education. In: Y.J. Dori, Z.R., Mevarech, & D.R., Baker (eds). *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education. Innovations in Science Education and Technology*, 24. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_3)
- Aydin, S., Keleş, P.U., & Haşiloğlu, M.A. (2012). Establishment for misconceptions that science teacher candidates have about geometric optics. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 2(3), 7-15.
- Aydin, S. (2017). Eliminating the misconceptions about image formation in plane mirrors by conceptual change texts. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(4), 1394-1403. <http://dergipark.gov.tr/ijsser>
- Barker, M. A., & Carr, M. D. (1989c). Photosynthesis—can our pupils see the wood for the trees? *Journal of Biological Education*, 23(1), 41–44. <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.1989.9655022>
- Barker, M., & Carr, M. (1989a). Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(1), 49–56. <http://dx.doi.org/10.1080/0950069890110105>
- Barker, M., & Carr, M. (1989b). Teaching and learning about photosynthesis. Part 2: A generative learning strategy. *International Journal of Science Education*, 11(2), 141–152. <http://dx.doi.org/10.1080/0950069890110203>
- Bars, M. & Oral, B. (2016). Investigation of prospective teachers' metacognitive awareness in terms of some variables. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 6(4), 513-548, <http://dx.doi.org/10.14527/pegegog.2016.025>

- Beeth, M. E., & Hewson, P. W. (1999). Learning goals in an exemplary science teacher's practice: Cognitive and social factors in teaching for conceptual change. *Science Education*, 83(6), 738 – 760.
- Beeth, M.E. (1995). Conceptual change instruction: some theoretical and pedagogical issues. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (San Francisco, CA, April). *Conceptual change and metacognition.pdf*
- Biggs, J. (1988). The role of metacognition in enhancing learning. *Australian Journal of Education*, 32(2), 27-13. <https://doi.org/10.1177/0004944188032002>
- Blanchet, W. W. E. (1952). Prevalence of belief in science misconceptions among a group of in-service teachers in Georgia. *Science Education*, 36(4), 221–227. <https://doi:10.1002/sce.3730360404>
- Blizak, D., Chafiqi, F., & Kendil, D. (2009). Students' misconceptions about light in Algeria. *Education and Training in Optics and Photonics*. OSA Technical Digest Series (CD) (Optica Publishing Group, 2009). <https://doi.org/10.1117/12.2207972>
- Bran, C., & Balas, E. (2011). Metacognitive regulation and in-depth learning. A study on the students preparing to become teachers. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 11, 107-111.
- Braningan, H. E., & Donaldson, D. I. (2020). Teachers matter for metacognition: Facilitating metacognition in the primary school through teacher-pupil interactions. *Thinking Skills and Creativity*, 38(100718). 1-23. <https://doi:10.1016/j.tsc.2020.100718>
- Camarao, M.K.G., & Monterola, S.L.C. (2021). Effects of metacognitive strategy instruction on student conceptual change in physics: a meta-analysis. *Proceedings of the Samahang Pisika ng Pilipinas 39th Samahang Pisika ng Pilipinas Physics Conference*. 20–22 October 2021 SPP-2021-3F-01-1
- Canal, P. (1999). Photosynthesis and “inverse respiration” in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, 21(4), 363–371. <https://doi.org/1080/095006999290598>
- Çelikler, D., & Aksan, Z. (2014). Determination of Knowledge and Misconceptions of Pre-service Elementary Science Teachers about the Greenhouse Effect by Drawing. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 136, 452–456. <https://org.doi/10.1016/j.sbspro.2014.05.355>
- Ciascai, L., & Haiduc, L. (2014). Thinking metacognitively: Metacognitive skills and science performance. *New Educational Review*, 37(3).
- Collins, A. (2002). “How students learn and how teachers teach.” In Bybee, R.W. (Ed.). *Learning science and the science of learning* (pp. 3-11). National Science Teachers Association Press.
- Cooper, A., Levin, B. & Campbell, C. (2009). The growing (but still limited) importance of evidence in education policy and practice. *Journal of Educational Change*, 10, 159-171. <https://doi/ogr/10.1007/s10833-009-9107-0>

- Coutinho, S. A., & Neuman, G. (2008). A model of metacognition, achievement goal orientation, learning style and self-efficacy. *Learning Environments Research*, 11(2), 131–151.  
doi:10.1007/s10984-008-9042-7
- Creswell, J. W. (2009). *Research design. Qualitative, quantitative, and mixed methods approach* (3rd ed.). Sage.
- Dimec, D., S., & Strgar, J. (2017). Scientific conceptions of photosynthesis among primary school pupils and student teachers of Biology. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 7(1), 49-68. <https://doi.org/10.26529/cepsj.14>
- Dinsmore, D.L., Alexander, P.A. & Loughlin, S.M. (2008). Focusing the conceptual lens on metacognition, self-regulation, and self-regulated learning. *Educational Psychological Review*, 20, 391–409. DOI 10.1007/s10648-008-9083-6.
- Dinsmore, D.L., & Zoellner, B.P. (2017). The relation between cognitive and metacognitive strategic processing during a science simulation. *British Journal of Educational Psychology*, 88(1), 95-117. <https://doi.org/10.1111/bjep.12177>
- Djanette, B., & Fouad, C. (2014). Determination of university students' misconceptions about light using concept maps. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 152, 582-589.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.247>
- Dole, J. A. & Sinatra, G. M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33(2), 109–128.  
<https://doi.org/10.1080/00461520.1998.9653294>
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*. London: Routledge.
- Dunbar, K. N., Fugelsang, J. A., & Stein, C. (2007). "Do naïve theories ever go away? Using brain and behavior to understand changes in concepts". In M. C. Lovett & P. Shah (Eds.), *Thinking with data* (pp. 193–205). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Dunlop, J. (2000). How children observe the Universe. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 17(2), 194-206. <https://doi.org/10.1071/AS00194>
- Elbyaly M., & Elfeky, A. (2022). The role of metacognition in promoting deep learning in MOOCs during COVID-19 pandemic. *PeerJ Computer Science*, 8, 1-20. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.945>
- Fouche, J., & Lampion, M. A. (2011). Do metacognitive strategies improve student achievement in secondary science classrooms? *Christian Perspectives in Education*, 4(2), 1-25.
- Franco, G.M., Muis, K.R., Kendeou, P., Ranellucci, J., & Sampasivam, L. (2012). Examining the influences of epistemic beliefs and knowledge representations on cognitive processing and conceptual change when learning physics. *Learning and Instruction*, 22, 62-77.  
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.06.003>

- Frenkel, S. (2014). Metacognitive components in learning how to learn approaches, *International Journal of Psychology a Biopsychological Approach*, 14, 95-112.  
<http://dx.doi.org/10.7220/2345-024X.14.5>
- Georghiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research*, 42(2), 119-139.  
<https://doi.org/10.1080/001318800363773>
- Georghiades, P. (2004). From the general to the situated: three decades of metacognition. *International Journal of Science Education*, 26(3), 365–383.  
<https://doi.org/10.1080/0950069032000119401>
- Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary teachers' understanding of students' science misconceptions: Implications for practice and teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 19(5), 437–454. <https://doi.org/10.1007/s10972-008-9102-y>
- Goren, D., & Kaya, E. (2023). How is students' understanding of nature of science related with their metacognitive awareness? *Science & Education*, 32(16), 1471–1496.  
<https://doi.org/10.1007/s11191-022-00381-9>
- Goris, T. & Dyrenfurth, M. (2010). Students' misconceptions in Science, Technology, and Engineering. American Society for Engineering Education – Valparaiso University, Valparaiso, Indiana. 2012 IL/IN Sectional Conference.
- Griese, B., Glasmachers, E., Härterich, J., Kallweit, M., & Roesken, B. (2011). Engineering students and their learning of mathematics. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 7, 163-188. <https://doi.org/10.1007/s40753-021-00139-8>
- Gunstone, R. & Mitchell, I. J. (1998). Our meanings for conceptual change and metacognition. In J.J.Mintzes, J.H. Wandersee, & J.D. Novak (Eds.) (1998). *Teaching science for understanding. A human constructivist view* (pp. 134-163). Academic Press.
- Gutierrez de Blume, A. P. (2022). Calibrating calibration: A meta-analysis of learning strategy instruction interventions to improve metacognitive monitoring accuracy. *Journal of Educational Psychology*, 114(4), 681–700. <https://doi.org/10.1037/edu0000674>
- Gutierrez de Blume, A.P., Montoya Londoño, D.M., Jiménez Rodríguez, V. et al. (2024). Psychometric properties of the Metacognitive Awareness Inventory (MAI): standardization to an international spanish with 12 countries. *Metacognition and Learning*.  
<https://doi.org/10.1007/s11409-024-09388-9>
- Guzzetti, B.J., Snyder, T.E., & Glass, G.V. (1992). Promoting conceptual change in science: can texts be used effectively? *Journal of Reading*, 35(8), 642-649. <https://doi.org/10.2307/40032156>
- Halamish, V. (2018). Pre-service and in-service teachers' metacognitive knowledge of learning strategies. *Frontiers in Psychology*, 9(2152), 1-5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02152>

- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple-choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203–211. <https://doi:10.1080/00219266.1987.9654897>
- Hennessey, M. G. (2003). "Metacognitive aspects of students' reflective discourse: Implications for intentional conceptual change teaching and learning". In G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.). *Intentional conceptual change* (pp. 103 – 132). Erlbaum.
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2009). The meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 275-288. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ884397.pdf>
- Hynd, C.R. & Alverman, D.E. (2010). Overcoming misconceptions in science: an on-line study of prior knowledge activation. *Reading Research and Instruction*, 28(4), 12-26. <https://doi.org/10.1080/19388078909557983>
- Hynd, C.R. (2001). Refutational texts and the change process. *International Journal of Educational Research*, 35(7-8), 699-714. [https://doi.org/10.1016/s0883-0355\(02\)00010-1](https://doi.org/10.1016/s0883-0355(02)00010-1)
- Ivankova, N. V., Creswell, J. W., & Stick, S. L. (2006). Using mixed-methods sequential explanatory design: From theory to practice. *Field Methods*, 18(1), 3–20. <https://doi:10.1177/1525822x05282260>
- Jahangard, Z., Soltani, A., & Alinejad, M. (2016). Exploring the relationship between metacognition and attitudes towards science of senior secondary students through a structural equation modeling analysis. *Journal of Baltic Science Education*, 15(3), 340-349. <https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.340>
- Jing, H. (2006). Learner resistance in metacognition training? An exploration of mismatches between learner and teacher agendas. *Language Teaching Research*, 10(1), 95–117.
- Karakaya, F., Yilmaz, M. & Aka, E.I. (2021). Examination of pre-service science teachers' conceptual perceptions and misconceptions about photosynthesis. *Pedagogical Research*, 6(4), 1-11. <https://doi.org/10.29333/pr/11216>
- Kendeou, P. & van den Broek, P. (2005). The effects of readers' misconceptions on comprehension of scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 97(2), 235-245. <https://doi:10.1037/0022-0663.97.2.235>
- Korur, F. (2015). Exploring seventh-grade students' and pre-service science teachers' misconceptions in astronomical concepts. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5). <https://doi:10.12973/eurasia.2015.1373a>
- Kural, M. & Kocakulah, M.S. (2016). Teaching for hot conceptual change: Towards a new model, beyond the cold and warm ones. *European Journal of Education Studies*, 2(8), 1-40. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v0i0.301>

- Larkin, D. (2012). Misconceptions about misconceptions: preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. *General Science Quarterly*, 96(5), 927-959. <https://doi:10.1002/sce.21022>
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71–94. [https://doi:10.1002/\(sici\)1098-237x\(200001\)84:1<71::aid-sce6>3.0.co;2-c](https://doi:10.1002/(sici)1098-237x(200001)84:1<71::aid-sce6>3.0.co;2-c)
- Lubin, I. A., & Ge, X. (2011). Investigating the influences of a LEAPS model on preservice teachers' problem solving, metacognition, and motivation in an educational technology course. *Educational Technology Research and Development*, 60(2), 239–270. <https://doi:10.1007/s11423-011-9224-3>
- Mai, M. Y. (2015). Science Teachers Self Perception about Metacognition. *Journal of Educational and Social Research*, 5(1), 77-86. <https://doi.org/10.5901/jesr.2015.v5n1s1p77>
- Mertens, D. M. (2010). *Research and evaluation in Education and Psychology. Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods* (3rd ed.). Sage.
- Metallidou, P. (2009). Pre-service and in-service teachers' metacognitive knowledge about problem-solving strategies. *Teaching and Teacher Education*, 25 (1), 76-82. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.07.002>
- Mih, V. & Mih, C. (2008). The construction of mental representations during readings inferences generation. *Neue Didaktik*, 1, 41-51. <https://dppd.ubbcluj.ro/germ/neuedidaktik/artikel/2008/4%20articol+electronic%20%20mih.pdf>
- Mih, C. (2010). Self-regulated learning and metacognitive development. Theoretical models and applications (Învățarea auto-reglată și dezvoltarea cognitivă. Modele teoretice și aplicații). Cluj-Napoca: Casa Cărții de Știință.
- Mikkila-Erdmann, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction*, 11(3), 241-257. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00041-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00041-4)
- Norman, D.A. & Shallice, T. (2002). “Attention to action: willed and automatic control of behavior”. In R. J. Davidson & G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research* (pp. 1-14). Plenum Press.
- Ogunkola, B. J. (2013). Scientific literacy: Conceptual overview, importance, and strategies for improvement. *Journal of Educational and Social Research*, 3(1), 265-274. <https://org.doi/10.5901/jesr.2013.v3n1p265>
- Ozturk, N. (2018). The relation between teachers' self-reported metacognitive awareness and teaching with metacognition. *International Journal of Research in Teacher Education*, 9(2), 26-35.

- Pearson, M. and Harvey, D. (2013). Cognitive Science: How Do Deep Approaches to Learning Promote Metacognitive Strategies to Enhance Integrated Learning? *Faculty Research and Creative Activity*, 31, 60-65. [https://thekeep.eiu.edu/eemedu\\_fac/31](https://thekeep.eiu.edu/eemedu_fac/31)
- Pena-Ayala, A. & Cárdenas, L. (2015). A conceptual model of metacognitive activity. In A. Peña-Ayala (eds). *Metacognition: Fundamentals, Applications, and Trends* (pp. 39-72). *Intelligent Systems Reference Library*, 76. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-11062-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11062-2_4)
- Pintrich, P. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory Into Practice*, 41(4), 219-225. [https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104\\_3](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_3)
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167–199. <https://doi:10.3102/00346543063002167>
- Pirrie, A. (2001). Evidence-based Practice in Education: The Best Medicine? *British Journal of Educational Studies*, 49(2), 124–136. <https://org.doi/10.1111/1467-8527.t01-1-00167>
- Pompea, S. M., Dokter, E. F., Walker, C. E., & Sparks, R. T. (2007). Using misconceptions research in the design of optics instructional materials and teacher professional development programs. *Education and Training in Optics and Photonics*. Optica Publishing Group. <https://doi.org/10.1364/ETOP.2007.EMC2>
- Randi, J. (2004). Teachers as self-regulated learners. *Teachers College Record*, 106(9), 1825-1853. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2004.00407.x>
- Rayla, L.L. & Rayla, L.L. (1938). Some misconceptions in science held by prospective elementary teachers. *Science Education*, 22(5), 244-251. <https://org.doi/10.1002/sce.3730220505>
- Ronen, I. (2017). *Misconceptions in science education: help me understand*. Cambridge Scholars Publishing.
- Rosario, P., Núñez, J. C., Ferrando, P. J., Paiva, M. O., Lourenço, A., Cerezo, R., & Valle, A. (2013). The relationship between approaches to teaching and approaches to studying: a two-level structural equation model for biology achievement in high school. *Metacognition and Learning*, 8(1), 47–77. <http://doi.org/10.1007/s11409-013-9095-6>
- Roth, K.J., Smith, E.L. and Anderson, C.W. (1983) Students' conceptions of photosynthesis and food for plants. Report from the Institute for Research on Teaching, Michigan State University, East Lansing, Michigan.
- Sadler, P.M. & Sonnert, G. (2016). Understanding misconceptions. *Teaching and learning in Middle school physical science*. *American Educator*, 40(1), 26-32. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1094278.pdf>
- Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). Assessing Metacognitive Awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 460–475. <https://org.doi/10.1006/ceps.1994.1033>

- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351–371. <https://org.doi/10.1007/bf02212307>
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning. *Research in Science Education*, 36(1-2), 111–139. <https://org.doi/10.1007/s11165-005-3917-8>
- Schraw, G., Olafson, L., Weibel, M. & Sewing, D. (2012). “Metacognitive knowledge and field-based science learning in an outdoor environmental education program”. In Zohar, A. & Dori, Y.J. (eds.). *Metacognition in Science Education: Trends in Current Research* (pp. 57-78), *Contemporary Trends, and Issues in Science Education*, 40, Springer Science + Business Media. [https://org.doi/10.1007/978-94-007-2132-6\\_4](https://org.doi/10.1007/978-94-007-2132-6_4)
- Seo, K., Park, S., & Choi, A. (2016). Science teachers’ perceptions of and approaches towards students’ misconceptions on photosynthesis: A comparison study between US and Korea. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(1), 269-296. <https://doi:10.12973/eurasia.2017.00616a>
- Seraphin, K.D., Philippoff, J., Kaupp, L. & Vallin, L.M. (2012). Metacognition as means to increase the effectiveness of inquiry-based science education. *Science Education International*, 23(4), 366-382.
- Smith, J.P., Disessa, A.A. & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: a constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of Learning Sciences*, 3(2), 115-163. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls0302\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls0302_1)
- Snow, C.E., & Dibner, K.A. (2016). *Science literacy: concepts, contexts, and consequences*. National Academic Press.
- Southerland, S., Abrams, E., Cummins, C., & Anzelmo, J. (2001). Understanding students’ explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85(4), 328–348. <https://doi.org/10.1002/sce.1013>
- Stein, M., Larrabee, T.G., & Barman, C.R. (2008). A study of common beliefs and misconceptions in physical science. *Journal of Elementary Science Education*, 20(2), 1-11. <http://org.doi/10.1002/sce.20233>
- Sullivan, G.M., & Feinn, R. (2012). Using effect size – or why the P value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279-282, <http://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00156.1>
- Tatar, E. (2011). Prospective primary school teachers’ misconceptions about states of matter. *Educational Research and Review*, 6 (2), 197-200. [Prospective\\_primary\\_school\\_teachers\\_misconception.pdf](Prospective_primary_school_teachers_misconception.pdf)
- Tippett, C.D. (2010). Refutation text in science education: A review of two decades of research. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 951-970. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9203-x>



- Tsai, P. Y., Yang, T. T., She, H. C., & Chen, S. C. (2019). Leveraging college students' scientific evidence-based reasoning performance with eye-tracking-supported metacognition. *Journal of Science Education and Technology*, 28(6). <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09791-x>
- Vosniadou, S & Skopelitic, I. (2017). Is it the Earth that turns or the Sun that goes behind the mountains? Students' misconceptions about the day/night cycle after reading a science text. *International Journal of Science Education*, 39(15), 1-24. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1361557>
- Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1990). A cross-cultural investigation of children's conceptions about the Earth, the Sun and the Moon: Greek and American data. Center for the Study of Reading Technical Report, 497. 1-67.
- Vrugt, A., & Oort, F.J. (2008). Metacognition, achievement goals, study strategies and academic achievement: pathways to achievement. *Metacognition Learning*, 3(2), 123-146. <http://doi.org/10.1007/s11409-008-9022-4>
- Wagaba, F., Treagust, D.F., Chandrasegaran, A.L. & Won, M. (2016). Using metacognitive strategies in teaching to facilitate understanding of light concepts among year 9 students. *Research in Science and Technological Education*, 34(3), 253-272.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Arnaudin, M. W. (1989). Biology from the learner's viewpoint: A content analysis of the research literature. *School Science and Mathematics*, 89(8), 654-668. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1989.tb11978.x>
- Wynn, A. N., Pan, I. L., Rueschhoff, E. E., Herman, M. A. B., & Archer, E. K. (2017). Student misconceptions about plants – a first step in building a teaching resource. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 18(1), 1-4. <https://org.doi/10.1128/jmbe.v18i1.1253>
- Wirzal, M. D. H., Halim, N. S. A., Md Nordin, N. A. H., & Bustam, M. A. (2022). Metacognition in science learning: Bibliometric analysis of last two decades. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 6(1), 43-60. <https://doi.org/10.36312/esaintika.v6i1.665>
- Xie, Y., Wang, J., Li, S. & Zheng, Y. (2023). Research on the influence path of metacognitive reading strategies on scientific literacy. *Journal of Intelligence*, 11(5), 78, 1-16. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11050078>
- Yasar, O. (2022). Scientific thinking: A mindset for everyone. In N. Rezaei (eds). *Integrated Education and Learning*. *Integrated Science*, 13. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15963-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15963-3_3)
- Zohar, A. (2012). Explicit teaching of meta-strategic knowledge: Definitions, students' learning, and teachers' professional development. In: A. Zohar & Y. Dori (eds) *Metacognition in science education*. *Contemporary trends and issues in science education* (pp. 197-223), 40. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2132-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2132-6_9)

Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies in Science Education*, 49(2), 121-169.

<https://doi.org/10.1080/03057267.2013.847261>

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE TEZĂ

- Abimbola, I.O., & Baba, A. (1996). Misconceptions & alternative conceptions in science textbooks: The role of teachers as filters. *The American Biology Teacher*, 58(1), 14–19.  
<https://doi.org/10.2307/4450067>
- Adesope, O.O., Cavagnetto, A., Hunsu, N.J., Anguiano, C., & Lloyd, J. (2016). Comparative effects of computer-based concept maps, refutational texts, and expository texts on science learning. *Journal of Educational Computing Research*, 55(1), 1-24.  
<https://doi.org/10.1177/0735633116654163>
- Adom, D., Hussein, E.K. & Agyem, J.A. (2018). Theoretical and conceptual framework: mandatory ingredients of a quality research. *International Journal of Scientific Research*, 7 (1), 438-441.
- Agan, L. & Sneider, C. (2004). Learning about the earth's shape and gravity: A guide for teachers and curriculum developers. *The Astronomy Education Review*, 2(2), 90-117.  
<https://doi.org/10.3847/AER2003017>
- Ajaja, O. P., & Agboro-Eravwoke, U. O. (2017). Collection and Analysis of Students' Metacognitive Orientations for Science Learning: A Survey of Science Classrooms in Delta State, Nigeria. *Electronic Journal of Science Education*, 21(8), 1-20.
- Akgün, Ö. E., & Deryakulu, D. (2007). The effects of refutational text and Predict-Observe- Explain strategies on students' levels of cognitive conflict and conceptual change. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences*, 40(1), 17-40.  
[https://doi.org/10.1501/Egifak\\_0000000148](https://doi.org/10.1501/Egifak_0000000148)
- Alexander, J.M., & Schwanenflugel, P.J. (1996). Development of metacognitive concepts about thinking in gifted and nongifted children: recent research. *Learning and Individual Differences*, 8(4), 305-325. [https://doi.org/10.1016/s1041-6080\(96\)90021-7](https://doi.org/10.1016/s1041-6080(96)90021-7)
- Allen, M. (2010). *Misconceptions in primary science*. USA: Open University Press.
- Alsop, S., & Watts, M. (2000). Facts and feelings: exploring the affective domain in the learning of physics. *Physics Education*, 35(2), 132–138. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/35/2/311>
- Alsop, S., & Watts, M. (2002). Unweaving time and food chains: Two classroom exercises in scientific and emotional literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 435–448. <https://doi.org/10.1080/14926150209556534>
- Anderson, C.W., Sheldon, T.H., & Dubay, J. (1990). The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 761-776. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270806>
- Antonio, R. P. & Prudente, M. S. (2022). Effectiveness of metacognitive instruction on students' science learning achievement: A meta-analysis. *International Journal on Studies in Education*, 4(1), 43-54. <https://doi.org/10.46328/ijonse.50>

- Askill-Williams, H., Lawson, M.J., & Skrzypiec, G. (2011). Scaffolding cognitive and metacognitive strategy instruction in regular class lessons. *Instructional Science*, 40(2), 413–443.  
<https://doi.org/10.1007/s11251-011-9182-5>
- Avargil, S., Lavi, R., Dori, Y.J. (2018). Students' Metacognition and Metacognitive Strategies in Science Education. In: Y.J. Dori, Z.R., Mevarech, & D.R., Baker (eds). *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education. Innovations in Science Education and Technology*, 24. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_3)
- Aydin, S., Keleş, P.U., & Haşiloğlu, M.A. (2012). Establishment for misconceptions that science teacher candidates have about geometric optics. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 2(3), 7-15.
- Aydin, S. (2017). Eliminating the misconceptions about image formation in plane mirrors by conceptual change texts. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(4), 1394-1403. <http://dergipark.gov.tr/ijsser>
- Babai, R., Zilber, H., Stavy, R., & Tirosh, D. (2010). The effect of intervention on accuracy of students' responses and reaction times to geometry problems. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 185-201. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9169-8>
- Banawi, A., Sulaeman, S., Sopandi, W., Kadarohman, A., Solehuddin, M., & Ridwan, M. (2021). The effects of using predict-observe-explain strategy assisted by conceptual change text towards the conceptual mastery of prospective primary school teachers on the matter and its changes. *Technium Social Sciences Journal*, 23(1), 226–241.  
<https://doi.org/10.47577/tssj.v23i1.4518>
- Banawi, Anasufi; Sopandi, Wahyu; Kadarohman, Asep; Solehuddin, M. (2019). Prospective Primary School Teachers' Conception Change on States of Matter and Their Changes through Predict-Observe-Explain Strategy. *International Journal of Instruction*, 12(3), 359-374.  
<https://doi.org/10.29333/iji.2019.12322a>
- Barker, M. A., & Carr, M. D. (1989c). Photosynthesis—can our pupils see the wood for the trees? *Journal of Biological Education*, 23(1), 41–44.  
<http://dx.doi.org/10.1080/00219266.1989.9655022>
- Barker, M., & Carr, M. (1989a). Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(1), 49–56. <http://dx.doi.org/10.1080/0950069890110105>
- Barker, M., & Carr, M. (1989b). Teaching and learning about photosynthesis. Part 2: A generative learning strategy. *International Journal of Science Education*, 11(2), 141–152.  
<http://dx.doi.org/10.1080/0950069890110203>

- Bars, M. & Oral, B. (2016). Investigation of prospective teachers' metacognitive awareness in terms of some variables. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 6(4), 513-548, <http://dx.doi.org/10.14527/pegegog.2016.025>
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513. <https://doi.org/10.1080/0950069890110503>
- Beeth, M. E., & Hewson, P. W. (1999). Learning goals in an exemplary science teacher's practice: Cognitive and social factors in teaching for conceptual change. *Science Education*, 83(6), 738 – 760.
- Beeth, M.E. (1995). Conceptual change instruction: some theoretical and pedagogical issues. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (San Francisco, CA, April)*. Conceptual change and metacognition.pdf
- Ben-David, A., & Orion, N. (2013). Teachers' Voices on Integrating Metacognition into Science Education. *International Journal of Science Education*, 35(18), 3161–3193. <https://doi:10.1080/09500693.2012.697208>
- Ben-David, A., & Zohar, A. (2009). Contribution of meta-strategic knowledge to scientific inquiry learning. *International Journal of Science Education*, 31(12), 1657–1682. doi:10.1080/09500690802162762
- Bentley, M. (1998). "Constructivism as a referent for reforming science education". In Larochelle, M., Bednarz, N. & Garison, J. (1998). *Constructivism and Education* (pp. 233-249). Cambridge: Cambridge University Press.
- Berger, J.-L., Kipfer, N., & Büchel, F. (2008). Effects of metacognitive intervention in low performing vocational students. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 7(3), 337-367.
- Berthold, K., Nückles, M., & Renkl, A. (2007). Do learning protocols support learning strategies and outcomes? The role of cognitive and metacognitive prompts. *Learning and Instruction*, 17(5), 564–577. <http://doi:10.1016/j.learninstruc.2007.0>
- Biggs, J. (1988). The role of metacognition in enhancing learning. *Australian Journal of Education*, 32(2), 27-13. <https://doi.org/10.1177/0004944188032002>
- Bjork, R. (2016). "Prologue: some metacomments on metamemory". In J. Dunlosky, & S. Tauber. (2016). *The Oxford Handbook of Metamemory* (pp. 1-3). Oxford University Press.
- Blanchet, W. W. E. (1952). Prevalence of belief in science misconceptions among a group of in-service teachers in Georgia. *Science Education*, 36(4), 221–227. <https://doi:10.1002/sce.3730360404>
- Blank, L.M. (1999). A metacognitive learning cycle: a better warranty for student understanding? *Science Education*, 84 (4), 486-506. DOI:10.1002/1098-237X(200007)

- Blizak, D., Chafiqi, F., & Kendil, D. (2009). Students' misconceptions about light in Algeria. *Education and Training in Optics and Photonics. OSA Technical Digest Series (CD) (Optica Publishing Group, 2009)*. <https://doi.org/10.1117/12.2207972>
- Boden, M. A. (1994). Representational redescription: A question of sequence. *Behavioral and Brain Sciences, 17*(4), 693-745. <https://doi.org/10.1017/s0140525x00036645>
- Bran, C., & Balas, E. (2011). Metacognitive regulation and in-depth learning. A study on the students preparing to become teachers. *Procedia Social and Behavioral Sciences, 11*, 107-111.
- Branigan, H. E., & Donaldson, D. I. (2020). Teachers matter for metacognition: Facilitating metacognition in the primary school through teacher-pupil interactions. *Thinking Skills and Creativity, 38*(100718). 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100718>
- Branigan, H.E. (2019). *Exploring metacognition in primary school classrooms*. University of Stirling, Doctor of Philosophy in Psychology. <https://dspace.stir.ac.uk/bitstream/1893/30045/1/Thesis%20HBranigan.pdf>
- Brydges, C.R. (2019). Effect size guidelines, sample size calculations, and statistical power in gerontology. *Innovation in Aging, 3*(4), 1-8. <http://doi.org/0.1093/geroni/igz036>
- Brown, A. L. (1987). "Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms". In F. E. Weinert, & R. Kluwe (Eds.). *Metacognition, Motivation, and Understanding* (pp. 65-116). L. Erlbaum Associates.
- Burgoon, J. N., Heddle, M. L., & Duran, E. (2010). Re-examining the similarities between teacher and student conceptions about physical science. *Journal of Science Teacher Education, 21*(7), 859–872. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9177-0>
- Camarao, M.K.G., & Monterola, S.L.C. (2021). Effects of metacognitive strategy instruction on student conceptual change in physics: a meta-analysis. *Proceedings of the Samahang Pisika ng Pilipinas 39th Samahang Pisika ng Pilipinas Physics Conference*. 20–22 October 2021 SPP-2021-3F-01-1
- Canal, P. (1999). Photosynthesis and "inverse respiration" in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education, 21*(4), 363–371. <https://doi.org/1080/095006999290598>
- Carr, M. (2010). The importance of metacognition for conceptual change and strategy use in Mathematics. In H.S. Waters & W. Schneider (Eds). (2010). *Metacognition, strategy use, and instruction* (pp. 176 - 197). The Guilford Press.
- Çelikler, D., & Aksan, Z. (2014). Determination of Knowledge and Misconceptions of Pre-service Elementary Science Teachers about the Greenhouse Effect by Drawing. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 136*, 452–456. <https://org.doi/10.1016/j.sbspro.2014.05.355>
- Chamot, A. U., & O'Malley, J. M. (1987). The Cognitive Academic Language Learning Approach: A Bridge to the Mainstream. *TESOL Quarterly, 21*(2), 227-249. <http://org.doi/10.2307/3586733>

- Cheung, C.-N., & Wong, W.-C. (2011). Understanding Conceptual Development Along the Implicit-Explicit Dimension: Looking Through the Lens of the Representational Redescription Model. *Child Development*, 82(6), 2037–2052. <https://doi:10.1111/j.1467-8624.2011.01657.x>
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4(1), 27–43. [https://doi:10.1016/0959-4752\(94\)90017-5](https://doi:10.1016/0959-4752(94)90017-5)
- Chiu, M.M. & Kuo, S.W. (2009). “Social metacognition in groups: benefits, difficulties, learning, and teaching”. In Larsen, C.B. (Ed.). *Metacognition: New research developments*. Nova Science Publishers, Inc. ISBN 978-1-60692-780-9.
- Chiu, M.M. & Kuo, S.W. (2009). “Social metacognition in groups: benefits, difficulties, learning, and teaching”. In Larsen, C.B. (Ed.). *Metacognition: New research developments*. Nova Science Publishers, Inc. ISBN 978-1-60692-780-9.
- Ciascai, L., & Haiduc, L. (2014). Thinking metacognitively: Metacognitive skills and science performance. *New Educational Review*, 37(3).
- Clement, J.J., & Rea-Ramirez, M.A. (1997). *In search of dissonance: The evolution of dissonance in conceptual change theory*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (71st, San Diego, CA, April 19-22, 1998)
- Clipa, O., Ignat, A.-A., & Rusu, P. (2011). Relations of Self-Assessment Accuracy with Motivation Level and Metacognition Abilities in Pre-Service Teacher Training. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 30, 883–888. <https://doi:10.1016/j.sbspro.2011.10.171>
- Collins, A. (2002). “How students learn and how teachers teach.” In Bybee, R.W. (Ed.). *Learning science and the science of learning* (pp. 3-11). National Science Teachers Association Press.
- Cooper, A., Levin, B. & Campbell, C. (2009). The growing (but still limited) importance of evidence in education policy and practice. *Journal of Educational Change*, 10, 159-171. <https://doi/ogr/10.1007/s10833-009-9107-0>
- Coutinho, S., Wiemer-Hastings, K., Skowronski, J. & Britt, A. (2005). Metacognition, need for cognition and use of explanations during ongoing online and problem-solving. *Learning and Individual Differences*, 15(4), 321-337. <https://10.1016/j.lindif.2005.06.001>
- Coutinho, S. A., & Neuman, G. (2008). A model of metacognition, achievement goal orientation, learning style and self-efficacy. *Learning Environments Research*, 11(2), 131–151. [doi:10.1007/s10984-008-9042-7](https://doi:10.1007/s10984-008-9042-7)
- Creswell, J. W. (2009). *Research design. Qualitative, quantitative, and mixed methods approach* (3rd ed.). Sage.
- Dang, N.V., Chiang, J.C, Brown, H.M. & McDonald, K.K. (2018). Curricular activities that promote metacognitive skills impact lower performing students in an introductory biology course.

*Journal of Microbiology and Biology Education*, 19 (1), 1-9.

<https://doi.org/10.1128/jmbe.v19i1.1324>

- Darling-Hammond, L., Austin, K., Cheung, M., & Martin, D. (2003). *Thinking about thinking: Metacognition. The learning classroom: Theory into practice*. Stanford University School of Education.
- Darling-Hammond, L., Austin, K., Cheung, M., & Martin, D. (2003). *Thinking about thinking: Metacognition. The learning classroom: Theory into practice*. Stanford University School of Education.
- Devianty, D., & Syuhendri, S. (2023). "Preliminary Development of Refutation Texts for Conceptual Change on Lunar Phases". In A. Doyan et al. (Eds.). *Proceedings of the 2nd International Conference on Science Education and Sciences* (212–222). [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-232-3\\_22](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-232-3_22)
- Dimec, D., S., & Strgar, J. (2017). Scientific conceptions of photosynthesis among primary school pupils and student teachers of Biology. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 7(1), 49-68. <https://doi.org/10.26529/cepsj.14>
- Dinsmore, D.L., Alexander, P.A. & Loughlin, S.M. (2008). Focusing the conceptual lens on metacognition, self-regulation, and self-regulated learning. *Educational Psychological Review*, 20, 391–409. DOI 10.1007/s10648-008-9083-6.
- Dinsmore, D.L., & Zoellner, B.P. (2017). The relation between cognitive and metacognitive strategic processing during a science simulation. *British Journal of Educational Psychology*, 88(1), 95-117. <https://doi.org/10.1111/bjep.12177>
- Djanette, B., & Fouad, C. (2014). Determination of university students' misconceptions about light using concept maps. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 152, 582-589. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.247>
- Dole, J. A. & Sinatra, G. M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33(2), 109–128. <https://doi.org/10.1080/00461520.1998.9653294>
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*. London: Routledge.
- Duman, B., & Semerici, Ç. (2019). The effect of a metacognitive-based instructional practice on metacognitive awareness of the prospective teachers. *Universal Journal of Educational Research*, 7(3), 720-728. <https://doi:10.13189/ujer.2019.070311>
- Dunbar, K. N., Fugelsang, J. A., & Stein, C. (2007). "Do naïve theories ever go away? Using brain and behavior to understand changes in concepts". In M. C. Lovett & P. Shah (Eds.), *Thinking with data* (pp. 193–205). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.



- Dunlop, J. (2000). How children observe the Universe. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 17(2), 194-206. <https://doi.org/10.1071/AS00194>
- Efklides, A. (2006). Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process? *Educational Research Review*, 1(1), 3–14. <https://doi:10.1016/j.edurev.2005.11.001>
- Efklides, A. (2008). Metacognition: defining its facets and levels of functioning in relation to self-regulation and co-regulation. *European Psychologist*, 13(4), 277-287. <https://doi.org.10.1027/1016-9040.13.4.277>
- Efklides, A. (2008). Metacognition: defining its facets and levels of functioning in relation to self-regulation and co-regulation. *European Psychologist*, 13(4), 277-287. <https://doi.org/10.1027/1016-9040.13.4.277>
- Elbyaly M., & Elfeky, A. (2022). The role of metacognition in promoting deep learning in MOOCs during COVID-19 pandemic. *PeerJ Computer Science*, 8, 1-20. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.945>
- Entwistle, N. (2007). “Conceptions of learning and the experience of understanding: thresholds, contextual influences, and knowledge objects”. In S. Vosniadou, A. Baltas & X. Vamvakoussi (Eds.). *Reframing the conceptual change approach in learning and instruction* (pp. 123-143). Elsevier.
- Entwistle, N., Tait, H. & McCune, V. (2000). Pattern of response to an approach to studying inventory across contrasting groups and contexts. *European Journal of Psychology of Education*, 15 (1), 33-48. <https://doi.org/10.1007/BF03173165>
- Erskine, D. (2009). *Effect of Prompted Reflection and Metacognitive Skill Instruction on University Freshmen’s use of Metacognition*. A dissertation submitted to the faculty of Brigham Young University, Department of Instructional Psychology and Technology.
- Ezema, M.J., Ugwuany, C.S., Okeke, C.I., & Orji, E.I. (2022). Influence of cognitive ability on students’ conceptual change in particulate nature of matter in Physics. *Journal of Turkish Science Education*, 19(1), 194-217. <http://doi.org/10.36681/tused.2022.118>
- Fetherstonhaugh, A.R. (1990). Misconceptions and light: A curriculum approach. *Research in Science Education*, 20, 105–113. <https://doi.org/10.1007/BF02620485>
- Fetherstonhaugh, A.R., Happs, J., & Treagust, D. (1987). Student misconceptions about light: a comparative study of prevalent views found in western Australia, France, New Zealand, Sweden and the United States. *Research in Science Education*, 17, 156-164. <https://doi.org/10.1007/BF02357183>

- Fetherstonhaugh, T., & Treagust, D. F. (1992). Students' understanding of light and its properties: Teaching to engender conceptual change. *Science Education*, 76(6), 653–672. <https://doi.org/10.1002/sce.3730760606>
- Flavell, J.H. (1975). *Metamemory*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Psychological Association (83rd, Chicago, Aug. 30-Sept. 3, 1975).
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. doi:10.1037/0003-066x.34.10.906.
- Fouché, J., & Lamport, M. A. (2011). Do metacognitive strategies improve student achievement in secondary science classrooms? *Christian Perspectives in Education*, 4(2), 1-25.
- Fragkiadaki, G., Fler, M., & Rai, P. (2022). Science concept formation during infancy, toddlerhood, and early childhood: developing a scientific motive over time. *Research in Science Education*, 53, 275-294. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10053-x>
- Franco, G.M., Muis, K.R., Kendeou, P., Ranellucci, J., & Sampasivam, L. (2012). Examining the influences of epistemic beliefs and knowledge representations on cognitive processing and conceptual change when learning physics. *Learning and Instruction*, 22, 62-77. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.06.003>
- Frenkel, S. (2014). Metacognitive components in learning how to learn approaches, *International Journal of Psychology a Biopsychological Approach*, 14, 95-112. <http://dx.doi.org/10.7220/2345-024X.14.5>
- Garcia, T., Cueli, M., Rodriguez, C., Krawec, J., & Gonzalez-Castro, P. (2015). Metacognitive Knowledge and Skills in Students with Deep Approach to Learning. Evidence from Mathematical Problem Solving. *Revista de Psicodidáctica*, 20(2), 209-226. <https://doi.org/10.1387/RevPsicodidact.13060>
- Georghiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research*, 42(2), 119-139. <https://doi.org/10.1080/001318800363773>
- Georghiades, P. (2004). From the general to the situated: three decades of metacognition. *International Journal of Science Education*, 26(3), 365–383. <https://doi.org/10.1080/0950069032000119401>
- Gerber, S.B., & Finn, K.V. (2005). *Using SPSS for Windows. Data analysis and graphics (2<sup>nd</sup> ed.)*. Springer Science + Business Media.
- Glass, G.V., P.D. Peckham, and J.R. Sanders. (1972). Consequences of failure to meet assumptions underlying fixed effects analyses of variance and covariance. *Review of Educational Research*, 42(3), 237-288. <https://doi.org/10.2307/1169991>

- Gogtay, N.J & Thatte, U.M. (2017). An introduction to meta-analysis. *Journal of the Association of Physicians of India*, 65(12), 78-85.
- Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary teachers' understanding of students' science misconceptions: Implications for practice and teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 19(5), 437–454. <https://org.doi/10.1007/s10972-008-9102-y>
- Goren, D., & Kaya, E. (2023). How is students' understanding of nature of science related with their metacognitive awareness? *Science & Education*, 32(16), 1471–1496. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00381-9>
- Goris, T. & Dyrenfurth, M. (2010). Students' misconceptions in Science, Technology, and Engineering. American Society for Engineering Education – Valparaiso University, Valparaiso, Indiana. 2012 IL/IN Sectional Conference.
- Gott, S. P., Lesgold, A., & Kane, R. S. (1996). “Tutoring for transfer of technical competence”. In B. G. Wilson (Ed.), *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design* (pp. 33-48). New Jersey: Educational Technology Publications.
- Griese, B., Glasmachers, E., Härterich, J., Kallweit, M., & Roesken, B. (2011). Engineering students and their learning of mathematics. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 7, 163-188. <https://doi.org/10.1007/s40753-021-00139-8>
- Griffin, T.D., Wiley, J. & Salas, C.R. (2013). “Supporting Effective Self-Regulated Learning: The Critical Role of Monitoring”. In Azevedo, R. & Alevin, V. (Eds.) (2013). *International handbook of metacognition and learning technologies* (19-34). Springer Science + Business Media.
- Grizzard, M., & Shaw, A. (2017). Effect size. In: J. Matthes, C.S. Davis, R.F. Potter (Eds.) *The international encyclopedia of communication research methods*. JohnWiley & Sons Inc. <http://doi.org/10.1002/9781118901731.iecrm0076>
- Guesne, E. (1986). Les conceptions des enfants sur la lumière. *Bulletin de L'union des Physiciens*, 716, 973-996.
- Gunstone, R. & Mitchell, I. J. (1998). Our meanings for conceptual change and metacognition. In J.J.Mintzes, J.H. Wandersee, & J.D. Novak (Eds.) (1998). *Teaching science for understanding. A human constructivist view* (pp. 134-163). Academic Press.
- Gupta, A., Hammer, D., & Redish, E. F. (2010). The case for dynamic models of learners' ontologies in Physics. *Journal of the Learning Sciences*, 19(3), 285-321. [doi:10.1080/10508406.2010.491751](https://doi.org/10.1080/10508406.2010.491751)
- Gutierrez de Blume, A. P. (2022). Calibrating calibration: A meta-analysis of learning strategy instruction interventions to improve metacognitive monitoring accuracy. *Journal of Educational Psychology*, 114(4), 681–700. <https://doi.org/10.1037/edu0000674>

- Gutierrez de Blume, A.P., Montoya Londoño, D.M., Jiménez Rodríguez, V. *et al.* (2024). Psychometric properties of the Metacognitive Awareness Inventory (MAI): standardization to an international Spanish with 12 countries. *Metacognition and Learning*.  
<https://doi.org/10.1007/s11409-024-09388-9>
- Guzzetti, B.J., Snyder, T.E., & Glass, G.V. (1992). Promoting conceptual change in science: can texts be used effectively? *Journal of Reading*, 35(8), 642-649. <https://doi.org/10.2307/40032156>
- Halamish, V. (2018). Pre-service and in-service teachers' metacognitive knowledge of learning strategies. *Frontiers in Psychology*, 9(2152), 1-5. <https://doi:10.3389/fpsyg.2018.02152>
- Hand, B., Wallace, C. W., & Yang, E. (2004). Using a Science Writing Heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131-149.  
<https://doi.org/10.1080/0950069032000070252>
- Hartman, H.J. (2001). "Developing students' metacognitive knowledge and strategies". In H. J. Hartman (Ed.) (2001). *Metacognition in Learning and Instruction: Theory, Research, and Practice* (pp. 33-68). Kluwer Academic Publishers.
- Harwell, M.R., E.N. Rubinstein, W.S. Hayes, & C.C. Olds. (1992). Summarizing Monte Carlo results in methodological research: the one- and two-factor fixed effects ANOVA cases. *Journal of Educational Statistics*, 17(4), 315-339. <https://doi.org/10.2307/1165127>
- Haslag, A., & Concannon, J. (2012). Reflecting on students' misconceptions about light: Using research to guide assessment and instruction. *Science Scope*, 35 (6), 64-69.  
<https://doi.org/10.1007/BF02357183>
- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple-choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203-211. <https://doi:10.1080/00219266.1987.9654897>
- Hennessey, M. G. (2003). "Metacognitive aspects of students' reflective discourse: Implications for intentional conceptual change teaching and learning". In G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.). *Intentional conceptual change* (pp. 103 - 132). Erlbaum.
- Hilario, J.S. (2015). The use of predict-observe-explain-explore (POEE) as a new teaching strategy in general chemistry-laboratory. *International Journal of Education and Research*, 3(2), 37- 48.  
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:56071141>
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2009). The meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 275-288.  
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ884397.pdf>
- Hornby, G., & Greaves, D. (2022). "Metacognitive strategies". In G. Hornby & D. Greaves (Eds.) (2022). *Essential evidence-based teaching strategies: Ensuring optimal academic*

*achievement for students* (pp. 95-104). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-96229-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96229-6_7)

- Hsu, Y.-S., Wang, C.-Y., & Zhang, W.-X. (2017). Supporting technology-enhanced inquiry through metacognitive and cognitive prompts: Sequential analysis of metacognitive actions in response to mixed prompts. *Computers in Human Behavior*, 72, 701–712.  
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.10.004>
- Hunt, Earl B. (2017). *Concept formation*. Encyclopedia Britannica.  
<https://www.britannica.com/topic/concept-formation>
- Hynd, C.R. & Alverman, D.E. (2010). Overcoming misconceptions in science: an on-line study of prior knowledge activation. *Reading Research and Instruction*, 28(4), 12-26.  
<https://doi.org/10.1080/19388078909557983>
- Hynd, C.R. (2001). Refutational texts and the change process. *International Journal of Educational Research*, 35(7-8), 699-714. [https://doi.org/10.1016/s0883-0355\(02\)00010-1](https://doi.org/10.1016/s0883-0355(02)00010-1)
- Ivankova, N. V., Creswell, J. W., & Stick, S. L. (2006). Using mixed-methods sequential explanatory design: From theory to practice. *Field Methods*, 18(1), 3–20.  
<https://doi.org/10.1177/1525822x05282260>
- Jacobs, J.E., & Paris, S.G. (1987). Children’s metacognition about reading: Issues of definition, measurement, and instruction. *Educational Psychologist*, 22(3-4), 255–278.  
<https://doi.org/10.1080/00461520.1987.9653052>
- Jafer, Y. J. (2019). Assessing Kuwaiti pre-service science teachers’ greenhouse effect perceptions and misconceptions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(2), 1-11.  
<https://doi.org/10.1007/s10763-019-09992-1>
- Jahangard, Z., Soltani, A., & Alinejad, M. (2016). Exploring the relationship between metacognition and attitudes towards science of senior secondary students through a structural equation modeling analysis. *Journal of Baltic Science Education*, 15(3), 340-349.  
<https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.340>
- Jelinek, J.A. (2011). Children’s astronomy. Development of the shape of the earth concept in polish children between 5 and 10 years of age. *Education Sciences*, 11(2): 75, 2-21.  
<https://doi.org/10.3390/educsci11020075>
- Jiang, Y., Ma, L., & Gao, L. (2016). Assessing teachers’ metacognition in teaching: The Teacher Metacognition Inventory. *Teaching and Teacher Education*, 59, 403–413.  
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.07.014>
- Jing, H. (2006). Learner resistance in metacognition training? An exploration of mismatches between learner and teacher agendas. *Language Teaching Research*, 10(1), 95–117.  
<https://doi.org/10.1177/136216880601000107>

- Jones, S.H., Sinatra, G.M., & Reynolds, R.E. (2010). The nature of the refutation text effect: an investigation of attention allocation. *The Journal of Educational Research*, 103(6), 407-423. <https://doi.org/10.1080/00220670903383101>
- Kaplan, V. (2008). Clarifying metacognition, self-regulation, and self-regulated learning: What's the purpose? *Educational Psychological Review*, 20, 477-484. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9087-2>
- Käpylä, M., Heikkinen, J., & Asunta, T. (2009). Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, 31(10), 1395-415. <https://doi.org/10.1080/09500690802082168>
- Karakaya, F., Yilmaz, M. & Aka, E.I. (2021). Examination of pre-service science teachers' conceptual perceptions and misconceptions about photosynthesis. *Pedagogical Research*, 6(4), 1-11. <https://doi.org/10.29333/pr/11216>
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity. A developmental perspective on cognitive science*. MIT Press.
- Keleş, E., & Kefeli, P. (2010). Determination of student misconceptions in “photosynthesis and respiration” unit and correcting them with the help of CAI material. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3111–3118. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.474>
- Kendeou, P. & van den Broek, P. (2005). The effects of readers' misconceptions on comprehension of scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 97(2), 235-245. <https://doi:10.1037/0022-0663.97.2.235>
- Kim, J.H., Rothrock, L., Tharanathan, A. & Thiruvengada. H. (2011). “Investigating the effects of metacognition in dynamic control tasks”. In Jacko, J.A. (Ed.). *Human-Computer Interaction* (pp. 378–387). Lecture Notes in Computer Science, vol 6761. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-21602-2\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-642-21602-2_41)
- Korur, F. (2015). Exploring seventh-grade students' and pre-service science teachers' misconceptions in astronomical concepts. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5). <https://doi:10.12973/eurasia.2015.1373a>
- Kruger, C. (1990). Some primary teachers' ideas about energy. *Physics Education*, 25(2), 86–91. <https://doi:10.1088/0031-9120/25/2/002>
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674–689. <https://doi:10.1037/0033-295x.96.4.674>
- Kuhn, D. (2000). Metacognitive Development. *Current Directions in Psychological Science*, 9(5), 178–181. <https://org.doi/10.1111/1467-8721.00088>
- Kung, R.L. & Linder, C. (2007). Metacognitive activity in the physics student laboratory: is increased metacognition necessarily better? *Metacognition Learning*, 2, 41-56. <https://org.doi/10.1007/s11409-007-9006-9>

- Kural, M. & Kocakulah, M.S. (2016). Teaching for hot conceptual change: Towards a new model, beyond the cold and warm ones. *European Journal of Education Studies*, 2(8), 1-40. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v0i0.301>
- Larkin, D. (2012). Misconceptions about misconceptions: preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. *General Science Quarterly*, 96(5), 927-959. <https://doi:10.1002/sce.21022>
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71–94. [https://doi:10.1002/\(sici\)1098-237x\(200001\)84:1<71::aid-sce6>3.0.co;2-c](https://doi:10.1002/(sici)1098-237x(200001)84:1<71::aid-sce6>3.0.co;2-c)
- Lawrenz, F. (1986). Misconceptions of physical science concepts among elementary school teachers. *School Science and Mathematics*, 86(8), 654–660. <https://doi:10.1111/j.1949-8594.1986.tb11669.x>
- Liu, E., & Li, M. (2016). Enhancing science teacher professional development: Lessons from a study of misconceptions of junior secondary biology teachers. In: L. Liang, X. Liu, & G. Fulmer (eds). *Chinese Science Education in the 21st Century: Policy, Practice, and Research* (401-412). *Contemporary Trends and Issues in Science Education*, 45. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9864-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9864-8_18)
- Li, K. C., & Wong, B. T. M. (2019). Enhancing learners' metacognition for smart learning: effects of deep and surface learning, disorganization, achievement goals and self-efficacy. *International Journal of Smart Technology and Learning*, 1(3), 203. doi:10.1504/ijsmarttl.2019.099507
- Lix, L.M., J.C. Keselman, and H.J. Keselman. 1996. Consequences of assumption violations revisited: A quantitative review of alternatives to the one-way analysis of variance F test. *Review of Educational Resources*, 66(4), 579-619. <https://doi.org/10.3102/00346543066004>
- Lubin, I. A., & Ge, X. (2011). Investigating the influences of a LEAPS model on preservice teachers' problem solving, metacognition, and motivation in an educational technology course. *Educational Technology Research and Development*, 60(2), 239–270. <https://doi:10.1007/s11423-011-9224-3>
- Lyons, K.E. & Zelazo, P.D. (2011). Monitoring, metacognition, and executive function: elucidating the role of self-reflection in the development of self-regulation. *Advances in Child Development and Behavior*, 40, 379-412. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386491-8.00010-4>
- Mai, M. Y. (2015). Science Teachers Self Perception about Metacognition. *Journal of Educational and Social Research*, 5(1), 77-86. <https://doi.org/10.5901/jesr.2015.v5n1s1p77>
- Mali, G. B., & Howe, A. (1979). Development of earth and gravity concepts among Nepali children. *Science Education*, 63(5), 685–691. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9034-x>

- Maison, Asrial, Susanti, N., Effrita, A., & Tanti. (2020). Identification of students' misconception about light using a four-tier instrument. *3rd International Conference on Research and Learning of Physics (ICRLP)*. <https://org.doi/10.1088/1742-6596/1876/1/012063>
- Matthews, M. (1998) (Ed.). Introductory comments on philosophy and constructivism in science education. *Science & Education*, 6, 5-14. <https://doi.org/10.1023/A:1008650823980>
- Mertens, D. M. (2010). *Research and evaluation in Education and Psychology. Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods* (3rd ed.). Sage.
- Metallidou, P. (2009). Pre-service and in-service teachers' metacognitive knowledge about problem-solving strategies. *Teaching and Teacher Education*, 25 (1), 76-82. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.07.002>
- Meyer, J. H. F., & Land, R. (2002). "Threshold concepts and troublesome knowledge: Linkages to ways of thinking and practicing within the disciplines". In: C. Rust (Ed.). *Improving student learning: Improving student learning theory and practice – 10 years on* (pp. 412–424). Centre for Staff and Learning Development.
- Michalsky, T. (2012). Shaping self-regulation in science teachers' professional growth: Inquiry skills. *Science Education*, 96(6). <https://doi.org/10.1002/sce.21029>
- Miclea, M. (1994). *Cognitive psychology (Psihologie cognitivă)*. Cluj-Napoca: Casa de Editura Gloria.
- Mih, V. & Mih, C. (2008). The construction of mental representations during readings inferences generation. *Neue Didaktik*, 1, 41-51. <https://dppd.ubbcluj.ro/germ/neuedidaktik/artikel/2008/4%20articol+electronic%20%20mih.pdf>
- Mih, C. (2010). *Self-regulated learning and metacognitive development. Theoretical models and applications (Învățarea auto-reglată și dezvoltarea cognitivă. Modele teoretice și aplicații)*. Cluj-Napoca: Casa Cărții de Știință.
- Mikkila-Erdmann, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction*, 11(3), 241-257. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00041-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00041-4)
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of Biological Education*, 35(3), 118–124. <https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655759>
- Mintzes, J.J., & Wandersee, J.H. (1998). Reform and innovation in science teaching: a human constructivist view. In J.J.Mintzes, J.H. Wandersee, & J.D. Novak (Eds.) (1998). *Teaching science for understanding. A human constructivist view* (pp. 29 - 58). Academic Press.
- Mitsea, E. & Drigas, A. (2019). A journey into metacognitive learning strategies. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 15(4), 4-10. <https://org.doi/10.3991/ijoe.v15i111379>



- Montalvo, F. & Torres, M. (2004). Self-regulated learning. Current and future directions. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 2 (1), 1-34.
- Morrison, J. A., & Lederman, N. G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science Education*, 87(6), 849–867. <https://doi:10.1002/sce.10092>
- Mugambi, M. M. (2018). Linking constructivism theory to classroom practice. *International Journal of Humanities Social Sciences and Education*, 5(9), 96-104. <http://dx.doi.org/10.20431/2349-0381.0509014>
- Mullis, I.V.S, Martin, M.O., & von Davier, M. (Eds.). (2021). *TIMSS 2023 assessment frameworks*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2023>
- Murphy, G. L. (2002). *The big book of concepts*. MIT.
- Nahrkhalaji, S. (2014). EFL teachers' metacognitive awareness as a predictor of their professional success. *International Journal of Cognitive and Language Sciences*, 8(6), 1665 - 1669. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1093008>
- Nasir, M., Sunarno, C.C.W., & Rahmawati, F. (2021). Article diagnostic difficulties and misconceptions of light refraction: A need analysis learning abstract concepts using PhET simulation. *Advances in Engineering Research*, 209, 317-322. <file:///C:/Users/lavin/Downloads/125966549.pdf>
- National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (Exp. ed.). National Academy Press.
- National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
- Nelson, T.O. (1999). "Cognition versus metacognition". In R.J. Sternberg (Ed.) (1999). *The Nature of cognition* (pp. 625-644). The MIT Press.
- Nordin, S., & Yunus, K. (2020). Exploring metacognitive awareness among teachers. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 9(2), 462-472. <http://dx.doi.org/10.6007/IJARPED/v9-i2/7490>
- Norman, D.A. & Shallice, T. (2002). "Attention to action: willed and automatic control of behavior". In R. J. Davidson & G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research* (pp. 1-14). Plenum Press.
- Nussbaum, J., & Novak, J. D. (1976). An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60(4), 535–550. <https://org.doi/:10.1002/sce.3730600414>

- O'Sullivan, J. T., & Howe, M. L. (1995). Metamemory and memory construction. *Consciousness and Cognition*, 4(1), 104–110. <https://org.doi/10.1006/ccog.1995.1011>
- Ogunkola, B. J. (2013). Scientific literacy: Conceptual overview, importance, and strategies for improvement. *Journal of Educational and Social Research*, 3(1), 265-274. <https://org.doi/10.5901/jesr.2013.v3n1p265>
- Ozturk, N. (2018). The relation between teachers` self-reported metacognitive awareness and teaching with metacognition. *International Journal of Research in Teacher Education*, 9(2), 26-35.
- Palantis, N.J., Mohamed, J.A., Ibrahim, A.S.M., Ismail, S.H., Anuar, Marof, A.M., & Buang, N. (2017). Patterns of metacognitive awareness among primary school teachers. *Varia Pendidikan*, 29(2), 141-146. <https://doi.org/10.23917/varidika.v29i2.5629>
- Paris, S.G. & Winograd, P. (1990). Promoting metacognition and motivation in exceptional children. *Remedial and Special Education*, 11(6), 7-15. <https://org.doi/10.1177/074193259001100604>
- Parlan, P. (2024). *Perspective Chapter: Metacognitive Learning Strategy*. IntechOpen. <https://org.doi/10.5772/intechopen.113919>
- Patil, S.J., Chavan, R.L. & Khandagale, V.S. (2019). Identification of misconceptions in science: tools, techniques & skills for teachers. *Aarhat Multidisciplinary International Education Research Journal*, VIII(II), 466-472. SwatiRajendraVidyanand493-499.pdf
- Pearson, M. and Harvey, D. (2013). Cognitive Science: How Do Deep Approaches to Learning Promote Metacognitive Strategies to Enhance Integrated Learning? *Faculty Research and Creative Activity*, 31, 60-65. [https://thekeep.eiu.edu/eemedu\\_fac/31](https://thekeep.eiu.edu/eemedu_fac/31)
- Peña-Ayala, A. & Cárdenas, L. (2015). A conceptual model of metacognitive activity. In A. Peña-Ayala (eds). *Metacognition: Fundamentals, Applications, and Trends* (pp. 39-72). Intelligent Systems Reference Library, 76. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-11062-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11062-2_4)
- Pine, K., Messer, D., & John, K. (2001). Children's misconceptions in primary science: A survey of teachers' views. *Research in Science & Technological Education*, 19(1), 79–96. <https://doi:10.1080/02635140120046240>
- Pine, K., Messer, D., & St. John, K. (2001). Children's Misconceptions in Primary Science: A Survey of teachers' views. *Research in Science & Technological Education*, 19(1), 79–96. <https://org.doi/10.1080/02635140120046240>
- Pintrich, P. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory Into Practice*, 41(4), 219-225. [https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104\\_3](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_3)

- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167–199. <https://doi:10.3102/00346543063002167>
- Pirrie, A. (2001). Evidence-based Practice in Education: The Best Medicine? *British Journal of Educational Studies*, 49(2), 124–136. <https://org.doi/10.1111/1467-8527.t01-1-00167>
- Pompea, S. M., Dokter, E. F., Walker, C. E., & Sparks, R. T. (2007). *Using misconceptions research in the design of optics instructional materials and teacher professional development programs*. Education and Training in Optics and Photonics. Optica Publishing Group. <https://doi.org/10.1364/ETOP.2007.EMC2>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Potvin, P., & Cyr, G. (2017). Toward a durable prevalence of scientific conceptions: Tracking the effects of two interfering misconceptions about buoyancy from preschoolers to science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(9), 1121–1142. <https://org.doi/10.1002/tea.21396>
- Prat, C. (1989). Conception des élèves de collège sur la lumière et les phénomènes de couleur. Comparaison des épistémologies historique et génétique. *Bulletin de l'Union des physiciens*. 710, 97-113.
- Radanović, I., Garašić, D., Lukša, Ž., Ristić-Dedić, Z., Jokić, B. & Perić, M.S. (2015). Understanding of photosynthesis concepts related to students' age. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Eds.). *Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part Learning science: Conceptual understanding/strand 1*(co-ed. Finlayson O. & Pinto R.), (pp. 271-277). Helsinki, Finland: University of Helsinki. ISBN 978-951-51-1541-6
- Ralya, L. L., & Ralya, L. L. (1938). Some misconceptions in science held by prospective elementary teachers. *Science Education*, 22(5), 244-251. <https://org.doi/10.1002/sce.3730220505>
- Randi, J. (2004). Teachers as self-regulated learners. *Teachers College Record*, 106(9), 1825-1853. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2004.00407.x>
- Rante, S.V.N., Tolla, I., & Arsyad, N. (2022). Practicality and effectiveness of learning tools with Predict - Observe - Explain assisted conceptual change text to minimize students' misconceptions. *Asian Journal of Applied Sciences*, 10(3), 267-276. <https://doi.org/10.24203/ajas.v10i3.6933>
- Rayla, L.L. & Rayla, L.L. (1938). Some misconceptions in science held by prospective elementary teachers. *Science Education*, 22(5), 244-251. <https://org.doi/10.1002/sce.3730220505>
- Regis, A., Albertazzi, P. G., & Roletto, E. (1996). Concept Maps in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 73(11), 1084. <https://org.doi/10.1021/ed073p1084>

- Rohmawatiningsih, W., Sopandi, W., & Surtikanti, H. K. (2018). The students' conceptual change using POE strategy assisted by air properties-experimental kit. *International Conference on Elementary Education*. September, 625-634.
- Ronen, I. (2017). *Misconceptions in science education: help me understand*. Cambridge Scholars Publishing.
- Rosalind, D., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*. Routledge.
- Rosário, P., Núñez, J. C., Ferrando, P. J., Paiva, M. O., Lourenço, A., Cerezo, R., & Valle, A. (2013). The relationship between approaches to teaching and approaches to studying: a two-level structural equation model for biology achievement in high school. *Metacognition and Learning*, 8(1), 47–77. <http://doi.org/10.1007/s11409-013-9095-6>
- Ross, P., Tronson, D., & Ritchie, R. J. (2006). Modelling photosynthesis to increase conceptual understanding. *Journal of Biological Education*, 40(2), 84- 88. <https://doi.org/10.1080/00219266.2006.965601>
- Roth, K.J., Smith, E.L. and Anderson, C.W. (1983) *Students' conceptions of photosynthesis and food for plants*. Report from the Institute for Research on Teaching, Michigan State University, East Lansing, Michigan.
- Ruiz-Primo, M.A., Schultz, S.E., Li, M., & Shavelson, R.J. (2001). Comparison of the reliability and validity of scores from two concept-mapping techniques. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 260-278. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200102\)38:2<260::AID-TEA1005>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200102)38:2<260::AID-TEA1005>3.0.CO;2-F)
- Sadler, P.M. & Sonnert, G. (2016). Understanding misconceptions. Teaching and learning in Middle school physical science. *American Educator*, 40(1), 26-32. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1094278.pdf>
- Sáiz-Manzanares, M.C. & Montero-García, E. (2015). “Metacognition, self-regulation and assessment in problem-solving processes at University”. In A. Peña-Ayala (eds) *Metacognition: Fundamentals, Applications, and Trends*. Intelligent Systems Reference Library, 76. Springer, Cham, 107-133. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-11062-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11062-2_4)
- Saks, K., & Leijen, Ä. (2018). The efficiency of prompts when supporting learner use of cognitive and metacognitive strategies. *Computer Assisted Language Learning*, 32(2), 1–16. <https://org.doi/10.1080/09588221.2018.1459729>
- Samadi, M., & Davaii, M. (2012). A case study of the predicting power of cognitive, metacognitive and motivational strategies in girl students' achievements. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 32, 380–384. <https://doi:10.1016/j.sbspro.2012.01.057>

- Schneider, W. & Loffler, E. (2016). "The development of metacognitive knowledge in children and adolescents" in Dunlosky, J. & Tauber, S. (2016). *The Oxford Handbook of Metamemory* (491-518). Oxford University Press.
- Schneider, W. (2008). The development of metacognitive knowledge in children and adolescents: Major trends and implications for education. *Mind, Brain, and Education*, 2(3), 114–121. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2008.00041.x>
- Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). Assessing Metacognitive Awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 460–475. <https://org.doi/10.1006/ceps.1994.1033>
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351–371. <https://org.doi/10.1007/bf02212307>
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning. *Research in Science Education*, 36(1-2), 111–139. <https://org.doi/10.1007/s11165-005-3917-8>
- Schraw, G., Olafson, L., Weibel, M. & Sewing, D. (2012). "Metacognitive knowledge and field-based science learning in an outdoor environmental education program". In Zohar, A. & Dori, Y.J. (eds.). *Metacognition in Science Education: Trends in Current Research* (pp. 57-78), Contemporary Trends, and Issues in Science Education, 40, Springer Science + Business Media. [https://org.doi/10.1007/978-94-007-2132-6\\_4](https://org.doi/10.1007/978-94-007-2132-6_4)
- Schuster, C., Stebner, F., Leutner, D. & Wirth, J. (2020). Transfer of metacognitive skills in self-regulated learning: an experimental training design. *Metacognition and Learning*, 15(2), 455-477. <https://doi.org/10.1007/s11409-020-09237->
- Seo, K., Park, S., & Choi, A. (2016). Science teachers' perceptions of and approaches towards students' misconceptions on photosynthesis: A comparison study between US and Korea. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(1), 269-296. <https://doi:10.12973/eurasia.2017.00616a>
- Seraphin, K.D., Philippoff, J., Kaupp, L. & Vallin, L.M. (2012). Metacognition as means to increase the effectiveness of inquiry-based science education. *Science Education International*, 23(4), 366-382.
- She, H. C. (2004). Fostering radical conceptual change through dual-situated learning model. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(2), 142–164. <https://doi.org/10.1002/tea.10130>
- Shelby, L.B. & Vaske, J.J. (2008). Understating meta-analysis: a review of the methodological literature. *Leisure Science*, 30, 96-110. <https://org.doi/10.1080/01490400701881366>
- Shimamura, A.P. (2008). "A neurocognitive approach to metacognitive monitoring and control". In J. Dunlosky & R. Bjork. *Handbook of memory and metacognition* (pp. 373-390). Mahwah.

- Shunk, D. & Ertmer, P. (2000). "Self-regulation and academic learning: self-efficacy enhancing interventions". In M. Boekaerts, P. Pintrich & M. Zeidner (Eds). (2000). *Handbook of self-regulation* (pp. 631-649). Academic Press.
- Simpson, M., & Arnold, B. (1979). The concept of photosynthesis at 'O' Grade—what are the pupils' difficulties? *Scottish Association for Biological Education Newsletter*, 4, 38–40.
- Simpson, M., & Arnold, B. (1982). The inappropriate use of subsumers in biology learning. *European Journal of Science Education*, 4(2), 173–182.  
<http://dx.doi.org/10.1080/0140528820040206>
- Smith, J.P., Disessa, A.A. & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: a constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of Learning Sciences*, 3(2), 115-163.  
[https://doi.org/10.1207/s15327809jls0302\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls0302_1)
- Snow, C.E., & Dibner, K.A. (2016). *Science literacy: concepts, contexts, and consequences*. National Academic Press.
- Southerland, S., Abrams, E., Cummins, C., & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85(4), 328–348. <https://doi.org/10.1002/sce.1013>
- Spensley, F. (1997). Beyond representational redescription. *Behavioral and Brain Sciences*, 20(02).  
<https://org.doi/10.1017/s0140525x9723145>
- Stavy, R., & Tirosh, D. (1992). Students' ability to confine their application of knowledge: The case of mathematics and science. *School Science and Mathematics*, 92(7), 353-358.  
<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1992.tb15608.x>
- Stavy, R., & Tirosh, D. (1993a). Subdivision processes in mathematics and science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 579-586. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300606>
- Stavy, R., & Tirosh, D. (1993b). When analogy is perceived as such. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1229-1239. <https://doi.org/10.1002/tea.3660301006>
- Stavy, R., & Tirosh, D. (1996) Intuitive rules in science and mathematics: The case of 'more of A -- more of B'. *International Journal of Science Education*, 18(6), 653-667.  
<http://dx.doi.org/10.1080/0950069960180602>
- Stavy, R., & Tirosh, D. (2000). *How students (mis)understand science and mathematics: Intuitive rules*. New York: Teachers College Press.
- Stavy, R., Babai, R., Tsamir, P., Tirosh, D., Lin, F., & McRobbie, C. (2006). Are intuitive rules similar? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(3), 417-436.  
<https://doi.org/10.1007/s10763-005-9012-9>
- Stein, M., Larrabee, T.G., & Barman, C.R. (2008). A study of common beliefs and misconceptions in physical science. *Journal of Elementary Science Education*, 20(2), 1-11.  
<http://org.doi/10.1002/sce.20233>

- Stokes, A., King, H., & Libarkin, J. C. (2007). Research in Science Education: Threshold Concepts. *Journal of Geoscience Education*, 55(5), 434 - 438. <https://doi.org/10.1080/10899995.2007.12028059>
- Storey, R.D., (1998). Textbook errors and misconceptions in Biology: Photosynthesis. *The American Biology Teacher*, 51(5), 271-274. <https://doi.org/10.2307/4448924>
- Sullivan, G.M., & Feinn, R. (2012). Using effect size – or why the P value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279-282, <http://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00156.1>
- Svadova, K. (2014). Secondary school students' misconceptions about photosynthesis and plant respiration: preliminary results. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(1), 59-67. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1018a>
- Tait, H, Entwistle, N & McCune, V (1997). ASSIST: A reconceptualization of the approaches to studying inventory. In C. Rust (ed.). *Improving Student Learning: Improving Students as Learners*. Oxford Centre for Staff and Learning Development, Oxford.
- Tao, Y., Oliver, M., & Venville, G. (2012). Long-term outcomes of early childhood science education: insights from a cross-national comparative case study on conceptual understanding of science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(6), 1269-1302. <https://doi.org/10.1007/s10763-012-9335-2>
- Tatar, E. (2011). Prospective primary school teachers' misconceptions about states of matter. *Educational Research and Review*, 6 (2), 197-200.  
[Prospective\\_primary\\_school\\_teachers\\_misconception.pdf](#)
- Thomas, G.P. & McRobbie, C.J. (2001). Using a metaphor for learning to improve students' metacognition in the chemistry classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 222-259. doi:10.1002/1098-2736(200102)38:2<222: aid-tea1004>3.0.co;2-s
- Thomas, G. P., Anderson, D., & Nashon, S. (2008). Development of an instrument designed to investigate elements of students' metacognition, self-efficacy and learning processes: The SEMLI-S. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1701-1724. <https://doi.org/10.1080/09500690701482493>
- Thomas, G. P. (2013). Changing the metacognitive orientation of a classroom environment to stimulate metacognitive reflection regarding the nature of physics learning. *International Journal of Science Education*, 35(7), 1183-1207. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.778438>
- Tippett, C.D. (2010). Refutation text in science education: A review of two decades of research. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 951-970. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9203-x>

- Tirosh, D., Stavy, R., & Cohen, S. (1998). Cognitive conflict and intuitive rules. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1257-1269. <https://doi.org/10.1080/0950069980201006>
- Tobias, S. & Everson, H.T. (2002-3). Knowing what you know and what you don't: further research on metacognitive knowledge monitoring. Technical report. College Board Research Report. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED562778.pdf> College Entrance Examination Board, New York (2002)
- Treagust, D. F., Harrison, A., Venville, G., & Dagher, Z. (1996). Using an analogical teaching approach to engender conceptual change. *International Journal of Science Education*, 18(2), 213–229. <https://org.doi/10.1080/0950069960180206>
- Treglia, Michelle, "A comparison of offline and online measures of metacognition". Senior Theses, Trinity College, Hartford, CT 2018. Trinity College Digital Repository, <https://digitalrepository.trincoll.edu/theses/729>
- Tsai, P. Y., Yang, T. T., She, H. C., & Chen, S. C. (2019). Leveraging college students' scientific evidence-based reasoning performance with eye-tracking-supported metacognition. *Journal of Science Education and Technology*, 28(6). <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09791-x>
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81(4), 387–404. [https://doi:10.1002/\(sici\)1098-237x\(199707\)81:4<387::aid-sce2>3.0.co;2-8](https://doi:10.1002/(sici)1098-237x(199707)81:4<387::aid-sce2>3.0.co;2-8)
- Uzun, S., Alev, N., & Karal, I.S. (2013). A cross-age study of an understanding of light and sight concepts in physics. *Science Education International*, 24(2), 129-149. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:146700923>
- Van den Broek, P. & Kendeou, P. (2008). Cognitive processes in comprehension of science texts: the role of co-activation in confronting misconceptions. *Applied Cognitive Psychology*, 22(3), 335–351. <https://org.doi/10.1002/acp.1418>
- Veenman, M.V.J. (2011). "Learning to self-monitor and self-regulate". In: R. Mayer & P. Alexander (eds.) *Handbook of Research on Learning and Instruction* (pp. 197–218). Routledge.
- Veenman, M.V.J., Van Hout-Wolters, B. & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. *Metacognition Learning*, 1(1), 3–14. <https://org.doi/10.1007/s11409-006-6893-0>
- Vennon, M.V.J. (2012). Metacognition in science education: Definitions, constituents, and their intricate relation with cognition. In A. Zohar and Y.J. Dori (eds.). *Metacognition in Science Education: Trends in Current Research, Contemporary Trends, and Issues in Science Education* (pp.21-36), 40, Springer Science+Business Media. [https://org.doi/10.1007/978-94-007-2132-6\\_2](https://org.doi/10.1007/978-94-007-2132-6_2)
- Vosniadou, S & Skopelitic, I. (2017). Is it the Earth that turns or the Sun that goes behind the mountains? Students' misconceptions about the day/night cycle after reading a science text.



*International Journal of Science Education*, 39(15), 1-24.

<https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1361557>

- Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1990). A cross-cultural investigation of children's conceptions about the Earth, the Sun and the Moon: Greek and American data. *Center for the Study of Reading Technical Report*, 497. 1-67.
- Vrugt, A., & Oort, F.J. (2008). Metacognition, achievement goals, study strategies and academic achievement: pathways to achievement. *Metacognition Learning*, 3(2), 123-146.  
<http://doi.org/10.1007/s11409-008-9022-4>
- Wagaba, F., Treagust, D.F., Chandrasegaran, A.L. & Won, M. (2016). Using metacognitive strategies in teaching to facilitate understanding of light concepts among year 9 students. *Research in Science and Technological Education*, 34(3), 253-272.  
<https://doi.org/10.1080/02635143.2016.1144051>
- Wahyuni, A. S. A., Rustaman, N., Rusdiana, D., & Muslim. (2019). Analyse of conceptions and misconceptions on pre-service teacher about light. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280(5), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/5/052071>
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Arnaudin, M. W. (1989). Biology from the learner's viewpoint: A content analysis of the research literature. *School Science and Mathematics*, 89(8), 654–668. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1989.tb11978.x>
- Watts, M., & Alsop, S. (1997). A feeling for learning: modelling affective learning in school science. *Curriculum Journal*, 8(3), 351–365. <https://doi.org/10.1080/0958517970080303>
- Whitebread, D., Coltman, P., Pasternak, D. P., Sangster, C., Grau, V., Bingham, S., Almeqdad, Q., & Demetriou, D. (2009). The development of two observational tools for assessing metacognition and self-regulated learning in young children. *Metacognition and Learning*, 4(1), 63-85. <https://doi.org/10.1007/s11409-008-9033-1>
- Will, K.K., Masad, A., Vlach, H.A., & Kendeou, P. (2019). The effects of refutation texts on generating explanations. *Learning and individual differences*, 69, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.12.002>
- Wilson, N. S., & Bai, H. (2010). The relationships and impact of teachers' metacognitive knowledge and pedagogical understandings of metacognition. *Metacognition and Learning*, 5(3), 269–288. <https://doi.org/10.1007/s11409-010-9062-4>
- Wilson, D., & Conyers, M. (2016). *Teaching students to drive their brains: Metacognitive strategies, activities, and lesson ideas*. VA: ASCD.
- Wynn, A. N., Pan, I. L., Rueschhoff, E. E., Herman, M. A. B., & Archer, E. K. (2017). Student misconceptions about plants – a first step in building a teaching resource. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 18(1), 1-4. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v18i1.1253>

- Wirzal, M. D. H., Halim, N. S. A., Md Nordin, N. A. H., & Bustam, M. A. (2022). Metacognition in science learning: Bibliometric analysis of last two decades. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 6(1), 43-60. <https://doi.org/10.36312/esaintika.v6i1.665>
- Wong, C.L., Chu, H.E., & Yap, K.C. (2020). A framework for defining scientific concepts in science education. *Asia-Pacific Science Education*, 6(2), 615–644. <https://doi.org/10.1163/23641177-BJA10010>
- Xie, Y., Wang, J., Li, S. & Zheng, Y. (2023). Research on the influence path of metacognitive reading strategies on scientific literacy. *Journal of Intelligence*, 11(5), 78, 1-16. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11050078>
- Yalcin, M., Altun, S., Turgut, U., & Aggul, F. (2009). First year Turkish science undergraduates' understandings and misconceptions of light. *Science & Education*, 18(8), 1083-1093. <https://doi.org/10.1007/s11191-008-9157-3>
- Yaşar, O. (2022). Scientific thinking: A mindset for everyone. In N. Rezaei (eds). *Integrated Education and Learning. Integrated Science*, 13. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15963-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15963-3_3)
- Yip, D. (1998). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. *International Journal of Science Education*, 20(4), 461–477. <https://doi.org/10.1080/0950069980200406>
- Yore, L. D., Craig, M. T., & Maguire, T. O. (1998). Index of science reading awareness: An interactive-constructive model, test verification, and grades 4-8 results. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1), 27–51. [https://org.doi/10.1002/\(sici\)1098-2736\(199801\)35:1<27::aid-tea3>3.0.co;2-p](https://org.doi/10.1002/(sici)1098-2736(199801)35:1<27::aid-tea3>3.0.co;2-p)
- Yürük, N. & Eroğlu, P. (2016). The effect of conceptual texts enriched with metaconceptual processes on pre-service science teachers' conceptual understanding of heat and temperature. *Journal of Baltic Science Education*, 15(6), 693-705. <https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.693>
- Zohar, A. (2012). Explicit teaching of meta-strategic knowledge: Definitions, students' learning, and teachers' professional development. In: A. Zohar & Y. Dori (eds) *Metacognition in science education. Contemporary trends and issues in science education* (pp. 197-223), 40. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2132-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2132-6_9)
- Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies in Science Education*, 49(2), 121-169. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.847261>