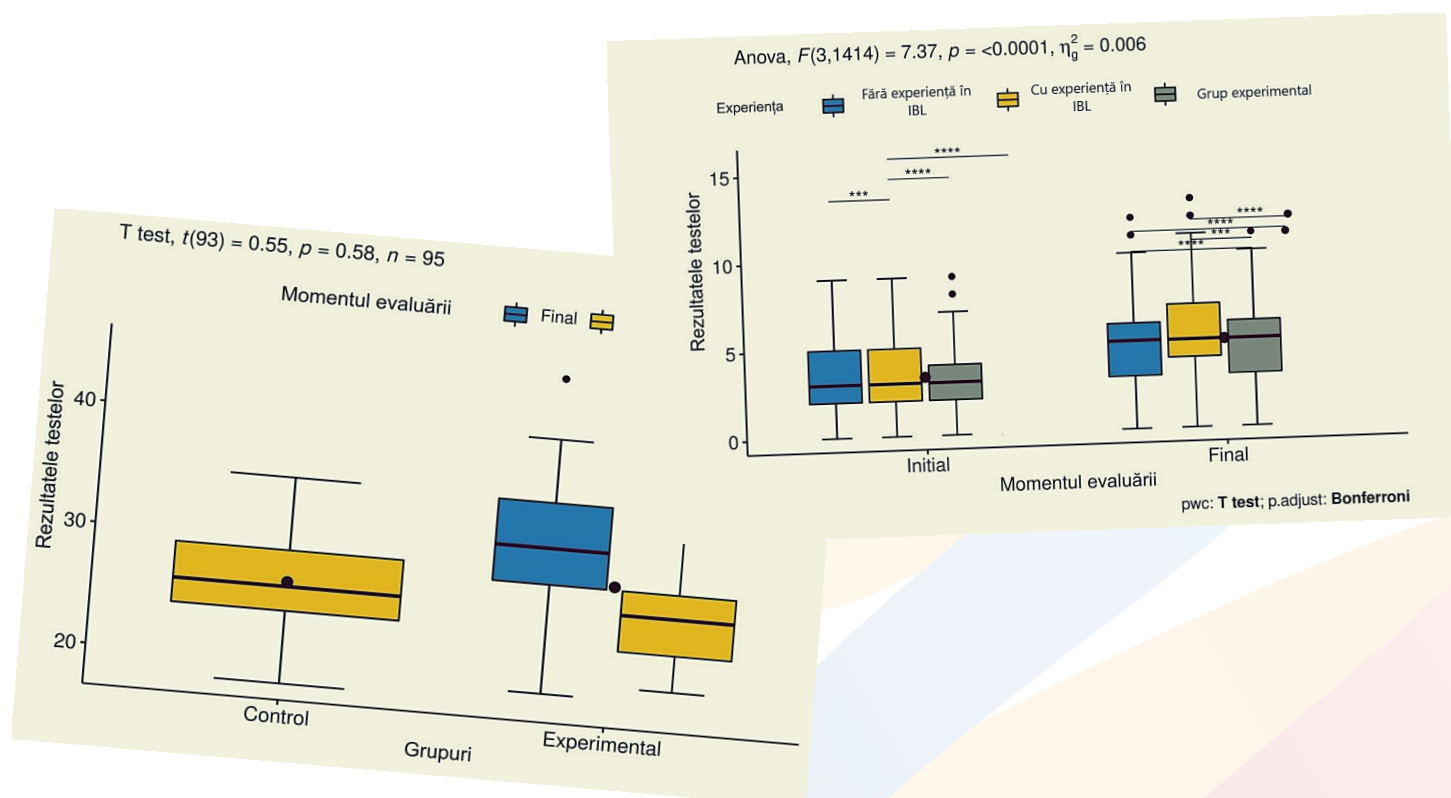


Noiembrie 2023

Evaluarea impactului programului Fizica Altfel

Raport studiu de impact CEAE



Studiul de Impact a fost finanțat de Romanian American Foundation (RAF), cu sprijinul GTS Telecom.



Evaluarea impactului programului

Fizica Altfel¹

Raport studiu de impact

Centrul de Evaluare și Analize Educationale

CUPRINS

Sumar executiv	3
Introducere	5
Descrierea programului „Fizica altfel”	6
Metodologie	9
Instrumente utilizate	10
Analiza datelor	12
Impactul utilizării metodei investigației asupra rezultatelor la testul care măsoară competențele elevilor la fizică	13
Impactul utilizării învățării prin investigație asupra interesului, activării și suportului cognitiv al elevilor	19
Impactul participării la programul „Fizica altfel” asupra rezultatelor obținute de cadrele didactice la testul Pedagogical Content Knowledge (PCK)	21
Auto-evaluarea cadrelor didactice din grupul experimental privind nivelul de predare al fizicii prin investigație	24
Concluzii	27

¹ Acest raport a fost redactat de Sebastian Țoc (cercetător ICCV și cadru didactic SNSPA) și se bazează pe modul în care Cristian Opariuc a prelucrat și interpretat rezultatele elevilor și profesorilor la teste și la chestionarele non-cognitive.

Listă figuri și tabele

Figură 1. Rezultatele elevilor din grupul experimental și de control i la testul inițial care măsoară competențele specifice la fizică și media înregistrată, în școlile din care provin, la proba de matematică de la Evaluarea Națională	13
Figură 2. Efectul experienței profesorilor asupra rezultatelor elevilor moderat de momentul evaluării	15
Figură 3. Efectul principal simplu al experienței profesorului asupra rezultatelor elevilor în funcție de momentul evaluării	17
Figură 4. Efectul principal simplu al momentului evaluării asupra rezultatelor elevilor prin experiența profesorilor	18
Figură 5. Efectul experienței profesorilor asupra satisfacției elevilor	20
Figură 6. Rezultatele testelor PCK aplicate cadrelor didactice în funcție de momentul evaluării (grup de control inițial și grup experimental)	22
Figură 7. Comparația rezultatelor la testul PCK obținute de profesorii din grupul de control inițial, respectiv grupul experimental (testare inițială)	23
Tabel 1. Media la Evaluarea Națională 2021 – Proba Matematică. Diferențe între școlile din care proveneau elevii profesorilor din grupul experimental, ai celor din grupul de control și ai celor cu experiență anterioară în învățarea prin investigație	12
Tabel 2. Rezultatele la testul inițial care măsoară competențele elevilor. Diferențe între elevii profesorilor din grupul experimental, grupul de control și al celor cu experiență anterioară în învățarea prin investigație (scală 0-9)	13
Tabel 3. Rezultatele la testul PCK pentru profesorii din cele 2 subgrupuri ale grupului de control	24
Tabel 4. Itemii pentru care mediana a trecut de la 3 (la momentul inițial) la 4 (la momentul final)	26

Sumar executiv

Acest studiu și-a propus să analizeze impactul pe care programul „Fizica altfel”, implementat de Centrul de Evaluare și Analize Educaționale (CEAE), îl are asupra cadrelor didactice de fizică și elevilor de la nivel gimnazial din România. Derularea studiului a fost finanțată de Romanian-American Foundation. Totodată, a existat și un sprijin financiar din partea GTS Telecom. Studiul de impact a urmărit dacă există un progres în ceea ce privește competențele profesorilor și elevilor între momentul anterior desfășurării programului și cel ulterior acestuia. Au fost verificate abilitățile investigative, competențele specifice și interesul elevilor care au beneficiat de strategii de predare-învățare prin investigație, precum și competențele cadrelor didactice care au beneficiat de acest program. Conceptul în jurul căruia a fost proiectat și organizat cursul de formare pentru profesori este învățarea prin investigație (*Inquiry Based Learning* - IBL). IBL presupune ca demersul de predare-învățare să pornească de la întrebări formulate de profesori care să declanșeze un proces de investigație științifică în timpul căruia elevii sunt ghidați de profesori să caute dovezi empirice.

Designul acestui studiu este cvasi-experimental, dorindu-se realizarea unor comparații între grupul experimental de profesori, care a beneficiat de formare și sprijin în cadrul programului „Fizica altfel”, și grupul de control inițial, ultimul fiind împărțit la rândul său în două sub-grupuri: cadre didactice cu experiență și cadre didactice fără experiență în învățarea prin investigație. Cadrele didactice cu experiență au beneficiat în trecut de formare similară celei din programul „Fizica altfel”. Prin urmare, doar cei din ultimul subgrup pot fi considerați ca fiind relevanți pentru comparația cu grupul experimental. Au fost dezvoltate instrumente de evaluare precum: testul „Pedagogical Content Knowledge” (PCK)², destinat evaluării competenței cadrelor didactice de a aplica la clasă învățarea prin investigație; testul destinat evaluării competențelor specifice la fizică ale elevilor; chestionare standardizate atitudinale destinate elevilor și profesorilor care și-au propus să analizeze motivația, interesul și alte percepții privind desfășurarea procesului de predare-învățare.

La testarea inițială³, au fost constatate diferențe semnificative între elevii din grupul experimental, ai căror profesori urmau să beneficieze de programul „Fizica altfel”, și cei din grupul de control cu profesori fără experiență în învățarea prin investigație, ultimii având rezultate mai bune (media a fost de 3,69 puncte), comparativ cu primii (media a fost de 3,00) la testul care măsoară competențe specifice la fizică⁴. Rezultatele studiului sugerează că elevii cadrelor didactice care au urmat programul „Fizica altfel” (media la testul final a fost 4,71) și elevii cadrelor didactice cu experiență dobândită anterior în învățarea prin investigație și-au îmbunătățit într-o mai mare măsură rezultatele în comparație cu elevii din grupul de control ai căror profesori nu au experiență în predarea prin investigație⁵ (la testul final media lor a fost 4,82). Dacă la testul inițial diferența între cele 2 grupuri a fost de 0,69 puncte, la testul final această diferență ajunge să fie de doar 0,11 puncte. A se vedea

² Detalii despre PCK se pot găsi la pagina 7.

³ Elevii au dat testul inițial în martie-aprilie 2022, iar testul final l-au dat în perioada mai-iunie 2022.

⁴ Trebuie avut în vedere faptul că media la proba matematică de la Evaluarea Națională din 2021 a școlilor din care proveneau elevii din *grupul experimental* a fost de 6,08, iar în școlile elevilor din grupul de control, care aveau profesorii fără experiență în învățarea prin investigație, această medie a fost de 7,06.

⁵ În plus, analiza *efectului principal simplu* al **momentului testării** asupra **rezultatelor la test** în funcție de **experiența profesorilor** indică efecte principale puternice, semnificative statistic atât la nivelul elevilor cu profesori din grupul *experimental*, cât și la nivelul celor cu profesori care aveau experiență în învățarea prin investigație înainte de 2021; η^2_{gen} este peste 0.16 (a se vedea detalii la pagina 17).

figura 2 de la pagina 15. Așadar, utilizarea strategiilor de predare-învățare specifice învățării prin investigație, precum cele transmise în cadrul programul „Fizica altfel”, contribuie la achiziția de către elevi de competențe specifice în domeniul fizicii (așa cum le regăsim în programa școlară) într-o mai mare măsură decât strategiile didactice tradiționale. Diferențele inițiale dintre grupul experimental și cel de control fără experiență s-au redus, elevii ai căror profesori au participat la programul „Fizica altfel” înregistrând progrese importante.

În ceea ce privește impactul programului asupra indicatorilor care măsoară activarea și interesul elevilor, s-a putut constata că profesorii din grupul experimental și cei care au avut experiență anterioară în învățarea prin investigație au elevi care au obținut scoruri mai bune la cei doi indicatori, comparativ cu elevii ai căror profesori nu au experiență în învățarea prin investigație. Indicatorul activării a urmărit dacă cadrele didactice utilizează metode și tehnici didactice care încurajează învățarea prin investigație, iar indicatorul interesului a fost construit din itemi care evidențiază plăcerea și entuziasmul de a învăța fizică, inclusiv prin tehnici investigative precum realizarea de experimente. În același timp, nu există un impact semnificativ din punct de vedere statistic al experienței cadrelor didactice (obținută anterior sau în timpul derulării studiului de impact) asupra indicelui suportului cognitiv, determinat prin itemi care măsoară dacă elevii percep că profesorii au capacitatea de a-i sprijini să înțeleagă procesele din fizică și să găsească soluții la probleme.

Anterior implementării programului „Fizica altfel” nu au fost sesizate diferențe între grupurile de cadre didactice din punct de vedere al competenței acestora în ceea ce privește învățarea prin investigație, măsurate prin testul PCK⁶. După implementarea programului „Fizica altfel”, cadrele didactice beneficiare și-au îmbunătățit competențele privind învățarea prin investigație, existând o probabilitate ridicată ca astfel de programe să aibă un impact semnificativ asupra îmbunătățirii abilităților cadrelor didactice de a-i determina pe elevi să utilizeze propriile investigații în procesul de învățare.

Nu în ultimul rând, cadrele didactice care au făcut parte din grupul experimental au răspuns la un chestionar atitudinal care a avut ca obiectiv autoevaluarea propriilor competențe privind predarea fizicii prin investigație înainte și după finalizarea programului „Fizica altfel”. La toți itemii incluși în chestionar au existat scoruri mai mari la finalul programului față de faza inițială, lucru care sugerează că există și o apreciere subiectivă a cadrelor didactice privind îmbunătățirea propriilor competențe referitoare la învățarea prin investigație și o mai bună capacitate a elevilor de a înțelege conținuturile în urma aplicării învățării prin investigație. Profesorii s-au declarat mai fericiți și entuziaști în legătură cu predarea fizicii și le-a crescut încrederea în capacitatea proprie de a facilita dobândirea de competențe de către elevi.

⁶ Profesorii din grupul experimental au dat testul PCK inițial în noiembrie 2021, iar pe cel final l-au dat în perioada mai-iunie 2022.

Introducere

Obiectivul acestui studiu este de a evalua impactul pe care programul „Fizica altfel” îl are asupra competențelor didactice ale profesorilor și asupra rezultatelor elevilor lor de la nivel gimnazial din România. Programul „Fizica altfel”⁷ a fost implementat de Centrul de Evaluare și Analize Educaționale (CEAE) în mai multe unități de învățământ preuniversitar din România. Aproximativ 2800 de cadre didactice de la nivel gimnazial și liceal (cca. 65%-70% din numărul total de profesori de fizică din România) au participat la cursuri de formare pe tema predării fizicii prin investigație. Adicional, scopul studiului este de a propune instrumente valide și fidele pentru a testa abilitățile cadrelor didactice de a folosi la clasă învățarea prin investigație, precum și pentru a măsura și testa competențele elevilor referitoare la aplicarea metodelor investigative în fizică.

Principalii beneficiari ai acestui program au fost profesorii din sistemul public de educație care au participat la un curs de formare profesională. Unii dintre ei au beneficiat ulterior de un **mecanism de sprijin** care să-i ajute să folosească eficient la clasă învățarea prin investigație. De asemenea, elevii cadrelor didactice care au participat la programul „Fizica altfel” au beneficiat de noul format al orelor de fizică, care are ca obiectiv dezvoltarea de abilități investigative proprii pentru studiul fizicii.

Verificarea impactului unui astfel de program asupra sistemului public de educație are în vedere aspecte precum:

1. abilitățile investigative ale elevilor care sunt expuși la noile strategii de predare-învățare;
2. interesul pentru studiul fizicii al elevilor care sunt expuși la noile strategii de predare-învățare;
3. competențele de predare-învățare ale profesorilor;
4. modul în care cadrele didactice utilizează la clasă investigația;
5. influența noilor strategii de predare-învățare asupra motivației profesorului.

Întrebările de cercetare ale studiului au fost următoarele:

1. Ce impact are pedagogia bazată pe investigație asupra rezultatelor școlare ale elevilor, comparativ cu pedagogia tradițională?
2. Ce impact are competența profesorilor de a preda prin investigație asupra rezultatelor educaționale ale elevilor?

⁷ Detalii aici: <https://ceae.ro/proiect-invatarea-fizicii/>

Descrierea programului „Fizica altfel”

După o primă încercare de derulare a studiului de impact în perioada 2019-2020, care s-a întrerupt din cauza pandemiei de SARS-CoV-2 și închiderii școlilor, în noiembrie 2021, a fost demarat un nou studiu de impact, cu un nou grup experimental. Primul pas a fost începerea unui curs de formare pentru cadre didactice din județele Maramureș și Vaslui. Acest curs s-a desfășurat în format online și a durat aproximativ trei luni. La începutul lunii noiembrie 2021, 78 dintre profesorii care au început cursul au dat testul *Pedagogical Content Knowledge* (PCK)⁸ și 77 au completat un chestionar non-cognitiv atitudinal care măsoară aspecte ce țin de modalitatea în care cadrele didactice se raportează la predarea disciplinei fizică. În februarie/martie 2022, după finalizarea cursurilor de formare, au început atât derularea mecanismului de sprijin cu profesorii din grupul experimental, cât și selectarea profesorilor din grupul de control. Mecanismul de sprijin cu profesorii din grupul experimental s-a încheiat în iunie 2022. A fost implementat un format ajustat al mecanismului de sprijin în contextul desfășurării online a activităților într-un număr ridicat de școli care au luat parte la studiu. S-au implicat în mecanism doar 45 de profesori din grupul experimental. De altfel, numai cei 45 de profesori implicați în mecanism au mai dat testul PCK final, în mai/iunie 2022.

Așteptările referitoare la competențele cadrelor didactice în urma parcurgerii cursului de formare al CEAE au fost de dezvoltare/consolidare a competențelor referitoare la:

1. proiectarea unităților de învățare/orelor de curs având la bază strategii de tip investigativ;
2. utilizarea strategiilor didactice de tip investigativ;
3. utilizarea unor metode prin care învățarea se realizează în ritm propriu;
4. adaptarea demersului la contextul educațional și specificul clasei de elevi.

Fundamentarea teoretică a învățării prin investigație este detaliată în Ciascai și alții (2016)⁹. Potrivit analizei, învățarea prin investigație (*Inquiry Based Learning* - IBL) presupune ca demersul de predare-învățare să pornească de la întrebări care declanșează un proces de investigație științifică în timpul căruia elevii sunt ghidați de profesori să caute dovezi empirice până ce ajung în cele din urmă să găsească singuri răspunsurile Totodată, IBL pleacă de la premisa că elevii trebuie încurajați să utilizeze argumentații logice bazate pe dovezi și proceduri specifice, să analizeze concepte, să explice (inclusiv colegilor) și să își evalueze critic explicațiile, să aplice ideile în situații concrete și să prezinte rezultatele demersului unei audiențe. Acest tip de demers favorizează atât dobândirea de competențe referitoare la investigațiile științifice deja realizate, cât și referitoare la mecanismele prin care se ajunge la cunoaștere științifică. De altfel, programa de fizică pentru gimnaziu din România propune învățarea prin investigație drept principala modalitate de alfabetizare științifică a elevilor. Acest tip de metodă

⁸ Mai multe detalii referitoare la cadrul teoretic și metodologic folosit de CEAE pentru construcția testului pot fi consultate în: Carlson, Janet et al. 2019. The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In Hume, Anne et al. (eds.). *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science*, Springer, pg. 77-94.

⁹ Ciascai, Liliana (coord.). 2016. Model ciclic de predare-învățare bazat pe investigație. Cluj-Napoca: Presa Universitară Clujeană

are un impact mai ridicat asupra motivației elevilor de a învăța fizica, comparativ cu metodele tradiționale orientate spre cunoștințe teoretice avansate¹⁰.

La nivel european, conceptul de educație științifică bazată pe investigație se află în centrul reformelor curriculare ale disciplinelor din științele naturale. În acest sens, în cele mai multe țări ale Europei au fost derulate programe de formare profesională (inițială și continuă) pentru cadre didactice și au fost elaborate metodologii de evaluare care măsoară competențele investigative și critice ale elevilor. Raportul Comisiei Europene *Science Now* din 2007¹¹ a subliniat intenția strategică a Uniunii Europene de a sprijini educația științifică bazată pe investigație (IBSE). Potrivit unui raport al Centrului de Evaluare și Analize Educaționale (2020)¹², învățarea prin investigație crește interesul pentru știință și stimulează motivația profesorilor și elevilor și participarea activă la cursuri. Potrivit aceluiași raport, printre elementele educației științifice bazate pe investigație se numără următoarele aspecte: identificarea problemei de investigat, analiza și critica experimentelor, distingerea alternativelor, planificarea investigațiilor, cercetarea ipotezelor, căutarea informației, construcția de modele, dezbateră cu colegii, construirea de argumente. În România, numai 6 din cele 9 elemente au fost identificate în programa școlară de fizică de gimnaziu aflată în vigoare. Dincolo de curriculum, continuă să fie necesară, alături de formarea profesională a cadrelor didactice, dezvoltarea de instrumente de predare-învățare a fizicii prin investigație și de evaluare a competențelor elevilor. Programul „Fizica altfel”, implementat de Centrul de Evaluare și Analize Educaționale, a reprezentat un astfel de demers.

Persoane implicate în derularea studiului de impact

I - Construirea testului pentru evaluarea profesorilor (testul PCK)

În construirea celor 28 de itemi PCK care au intrat în pilotare s-au implicat Gabriel Negrea, Florin Măceșanu, Daniela Țepeș, Gabriela Deliu, Artemiza Pascu, Camelia Tabără, Violeta Chiroiu. În procesul de construire a lor au oferit feedback și expertii germani Knut Neumann și Stefan Sorge. Cei 15 itemi selectați pentru a fi folosiți în testarea profesorilor au fost construiți de profesorii Florin Măceșanu și Gabriel Negrea.

Răspunsurile profesorilor din grupul experimental și din cel de control la testele PCK au fost evaluate de un singur evaluator – Florin Măceșanu. În anumite faze ale derulării studiului, au mai fost implicați ca evaluatori ai răspunsurilor la itemii PCK Gabriel Negrea, Laurențiu Badea, Gabriela Deliu și Daniela Țepeș.

II - Construirea instrumentelor de evaluare a competențelor elevilor în inquiry

În procesul de construcție a itemilor de evaluare pentru elevi au fost implicați inițial 3 profesori: Florin Măceșanu, Gabriela Deliu și Diana Coman. Ulterior, acestei echipe s-au alăturat Aneta

¹⁰ A se vedea CEAE. 2017. *Noua programă la fizică mută accentul dinspre „elevul învață ca să știe” înspre „elevul învață ca să știe să facă”*. Accesibil la: <https://ceae.ro/noua-programa-la-fizica-muta-accentul-dinspre-elevul-invata-ca-sa-stie-inspre-elevul-invata-ca-sa-stie-sa-faca/>

¹¹ Raportul poate fi consultat la următorul link: https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

¹² Accesibil aici: <https://ceae.ro/wp-content/uploads/2020/07/raport-IBSE-web-3.pdf>

Mihalcsik, Laurențiu Badea și Daniela Berchez. Procesul de coordonare a scrierii de itemi a fost coordonat de Gabriela Deliu.

În realizarea matricei de specificații pentru construcția testelor, am colaborat în principal cu Gabriel Negrea. O contribuție semnificativă a avut și Gabriela Deliu.

Autoarele itemilor folosiți în testul inițial au fost Gabriela Deliu și Daniela Țepeș. Autorii itemilor pentru testul final au fost: Florin Măceșanu (i-a construit pe majoritatea), Aneta Mihalcsik, Diana Coman și Daniela Berchez.

Andreea Eșanu a fost implicată în coordonarea derulării studiului de impact până în martie 2022. Activitatea acesteia a fost supervizată de Cristian Hatu. Andreea Eșanu a fost implicată în stabilirea designului inițial și a metodologiei studiului. În realizarea acestora au fost consultați și cei 2 experți din Germania. În urma feedbackului lui Cristian Opariuc, designul studiului și metodologia au fost ajustate. Dintre membrii echipei CEAE au mai fost implicați în derularea studiului Anca Pantilie, Adina Edu și Diana Biclineru.

Rezultatele elevilor și profesorilor la teste și răspunsurile la chestionarele non-cognitive au fost prelucrate și interpretate de Cristian Opariuc. Gabriel Bădescu a fost implicat, ca referent, în acest proces.

Limitări

Izbucnirea pandemiei a avut câteva consecințe asupra derulării studiului de impact. Astfel:

- a trebuit să renunțăm la primul grup experimental, format în toamna lui 2019. În toamna lui 2021, am format un nou grup experimental, cuprinzând profesori din MM și VS, care au început cursul de formare al CEAE în noiembrie 2021;
- mecanismul de sprijin cu profesorii din grupul experimental nu s-a mai putut derula în format standard, ci s-a apelat la un format ajustat al acestuia. În formatul standard al mecanismului, care are un impact mai mare asupra profesorilor, se exersează raționamentul pedagogic (profesorii proiectează U.I. ținând cont de specificul claselor la care predau, le aplică la clasă și discută la următoarea întâlnire despre cum a decurs aplicarea). În formatul ajustat, profesorii au discutat în cadrul grupurilor de lucru despre cum să utilizeze eficient la clasă fișele de lucru dinamice (acestea sunt resurse digitale dedicate învățării prin investigație).
- atât cursul de formare, cât și mecanismul de sprijin s-au derulat on-line.

Prelungindu-se foarte mult studiul de impact, n-am mai putut desfășura mecanismul de sprijin de-a lungul a 8-9 luni, cât este durată sa obișnuită, ci acesta s-a derulat doar 4 luni (până în iunie 2022).

Din grupul de control au făcut parte inițial 44 de cadre didactice. Ulterior, în urma unei analize detaliate, s-a concluzionat că o parte dintre cadrele didactice din "grupul de control" aveau experiență în utilizarea învățării prin investigație dobândită înainte de 2021 (fie prin cursurile „Fizica altfel”, fie prin alte cursuri cu formatori care fuseseră implicați în programul „Fizica altfel”). Din acest

motiv, a fost făcută o împărțire a "grupului de control" inițial, rezultând două subgrupuri - cel al profesorilor cu experiență anterioară în învățarea prin investigație (26 de profesori), respectiv cel al profesorilor fără o astfel de experiență (19 profesori).

Metodologie

Designul acestui studiu este cvasi-experimental, **grupul experimental** fiind format din cadre didactice din județele Maramureș și Vaslui care au participat la un curs de formare despre învățarea prin investigație (IBL) timp de 3 luni (noiembrie 2021-ianuarie 2022) și ulterior au participat timp de aproximativ 4 luni la mecanismul de sprijin. **Grupul de control** inițial a fost format din cadre didactice din județele Suceava, Timișoara, Teleorman, Vrancea, Brăila și Galați. În 4 din cele 6 județe, cadrele didactice au fost recomandate de inspectorii județeni de fizică. Condiția era ca acești profesori să nu fi urmat cursul Fizica Altfel.

Înainte de a participa la cursul „Fizica altfel”, cele 78 de cadre didactice din grupul experimental au dat testul *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) și au completat un chestionar atitudinal non-cognitiv. La finalul cursului și după cele 4 luni de mecanism de sprijin 45 de cadre didactice din cele 78 au dat testul PCK final.

Din grupul de control inițial au făcut parte 44 de cadre didactice care au dat testul PCK și au completat chestionarul non-cognitiv în momentul inițial. În urma unei analize detaliate, s-a concluzionat că o parte dintre cadrele didactice din grupul de control inițial aveau experiență în utilizarea învățării prin investigație dobândită înainte de 2021 prin cursurile „Fizica altfel” sau alte cursuri cu formatori implicați în programul „Fizica altfel”. Din acest motiv, a fost făcută o nouă împărțire a grupului inițial, rezultând două subgrupuri - cel al profesorilor cu experiență anterioară¹³, respectiv cel al profesorilor fără experiență în învățarea prin investigație. Așadar, din totalul celor 44 de profesori, 26 au fost incluși în subgrupul profesorilor cu experiență în „învățarea prin investigație” și 19 au fost incluși în subgrupul fără experiență în învățarea prin investigație. Pe cei 19 profesori din ultima categorie îi vom considera în acest raport ca făcând parte din „grupul de control” relevant pentru evaluarea impactului programului „Fizica altfel”. Analizele realizate au luat în considerare, în principal, comparația dintre grupul experimental și grupul de control fără experiență în învățarea prin investigație. Adicional, au fost realizate comparații și între grupul experimental și grupul profesorilor cu experiență dobândită înainte de anul 2021 în învățarea prin investigație.

Același tip de design, cu grup experimental și grup de control, a fost utilizat pentru evaluarea impactului predării prin investigație asupra competențelor elevilor. În aprilie 2022, a fost administrat un prim test care a măsurat competențele elevilor. În faza finală a studiului de impact, după finalizarea de către profesori a cursului de formare și a mecanismului de sprijin, a fost administrat elevilor un al doilea astfel de test. În grupul experimental au dat testul inițial 747 de elevi și 731 pe cel final. În grupul de control inițial au dat testul 951 de elevi în faza inițială și finală. De asemenea, elevii din grupul

¹³ Mai exact, ei au dobândit experiență în IBL înainte de 2021.

experimental și cei din grupul de control inițial au completat un chestionar atitudinal, non-cognitiv cu obiectivul de a evalua interesul pentru fizică al elevilor și percepția acestora privind abilitățile de predare prin investigație ale cadrelor didactice.

Instrumente utilizate

- I. Testul cognitiv *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) destinat evaluării competenței cadrelor didactice în predarea prin investigație. Testul PCK a fost construit de cadre didactice cu expertiză în evaluare și în construirea de itemi care au participat la un workshop tematic, ținut în aprilie 2019 de doi experți de la Institutul Leibniz de Pedagogie a Științelor și Matematicii din Kiel (Knut Neumann și Stefan Sorge). Testul inițial a conținut 28 de itemi, iar în urma pilotării au fost păstrați 15 itemi. Ulterior instrumentul a fost pretestat, iar unii itemi au fost modificați. Testul a fost dat de toți profesorii online, folosind platforma CEAE – AXON¹⁴, fiind făcute eforturi pentru a fi dat simultan de cât mai multe cadre didactice dintr-un județ. Testul are un nivel ridicat de fidelitate și are un grad ridicat al consistenței interne¹⁵. Itemii au un nivel variat de dificultate, grupați preponderent în zona de dificultate medie-ridică. Analizele nu au indicat prezența unor itemi cu probleme din perspectiva coerenței testelor. Testul evaluează competența cadrelor didactice de a face comprehensibile pentru elevi conținuturile din curriculum, cuprinzând abilitatea de a sprijini elevii să utilizeze învățarea prin investigație, abilitatea de a evalua învățarea prin investigație, strategii de predare-învățare și cunoștințe curriculare relevante pentru învățarea prin investigație.
- II. Chestionarul non-cognitiv pentru profesori a fost aplicat atât grupului experimental, cât și celui de control. Au fost incluse următoarele dimensiuni:
 1. motivația de a preda fizica
 2. credințele cu privire la învățare
 3. percepția asupra auto-eficacității în predarea fizicii folosind învățarea bazată pe investigație
 4. percepția cu privire la cursul de formare și mecanismul de sprijin.
- III. Testul cognitiv și-a propus evaluarea competențelor specifice ale elevilor de clasa a VII-a, așa cum apar ele în programa școlară¹⁶. Acestea se referă la: investigarea științifică structurată (în principal experimentală) a unor fenomene fizice simple, perceptibile, explicarea științifică și interpretarea unor date privind fenomene fizice simple și a unor aplicații tehnice ale acestora,

¹⁴ CEAE a putut folosi această platformă ca urmare a unui parteneriat cu Fundația ȘTIM.

¹⁵ Luând în calcul răspunsurile profesorilor care au dat testul inițial și cele date de încă 115 profesori, care nu au fost incluși în studiul de impact, rezultă un coeficient Cronbach Alpha, care măsoară consistența internă a testului, de 0.8. Luând în calcul răspunsurile cadrelor didactice care au dat a doua testare, acest coeficient este de 0.78.

¹⁶ Testul a utilizat un blue-print cu o matrice de specificații, itemii fiind repartizați astfel încât să testeze competențe referitoare la *explorarea proprietăților și a fenomenelor fizice în cadrul unei investigații simple proiectate dirijată și la utilizarea unor metode simple de înregistrare, de organizare și de prelucrare a datelor teoretice și experimentale*. Pentru mai multe detalii a se vedea *Anexa – Blue-print teste elevi*.

rezolvarea de probleme prin metode specifice fizicii. Varianta inițială a testului a avut, anterior pretestării, un număr mai mare de itemi. Au fost eliminați itemii foarte dificili și/sau cei cu putere de discriminare mică. Pentru testarea elevilor au fost utilizați 12 itemi pentru testul inițial și 13 itemi pentru testul final¹⁷. Majoritatea itemilor au fost cu răspuns la alegere (au fost patru variante de răspuns), iar un item a fost cu răspuns deschis. Au dat cele 2 teste atât elevii profesorilor din grupul experimental, cât și elevii profesorilor din grupul de control inițial. Majoritatea elevilor au dat testele pe platforma Google Forms, cu excepția elevilor din 13 clase din mediul rural, care le-au dat pe hârtie. Elevii fiecărui profesor au dat testele simultan, iar ordinea itemilor și variantele de răspuns au fost randomizate, astfel încât să scadă riscul ca elevii să vorbească între ei în timpul testelor. Ambele teste au fost date din unitatea de învățare *Statica fluidelor*, cu mențiunea că testul inițial a fost dat anterior parcurgerii materiei la clasă, iar cel final după parcurgerea materiei la clasă. Rezolvarea exercițiilor aferente testului inițial nu a necesitat cunoștințe specifice dobândite anterior.

IV. Chestionar non-cognitiv pentru elevi¹⁸ a fost aplicat atât elevilor din grupul experimental, cât și celor din grupul de control. Chestionarele au fost completate când elevii au dat testul final sau la foarte scurtă vreme după. Au fost incluse două dimensiuni:

1. auto-evaluarea elevilor
2. evaluarea profesorului din perspectiva elevilor

Au fost atinse aspecte precum: interesul pentru studiul fizicii; activare cognitivă, care se referă la capacitatea cadrelor didactice de a-i stimula și provoca pe elevi prin utilizarea de metode și tehnici aplicate, așa cum este percepută de elevi; suport cognitiv care se referă la abilitatea cadrelor didactice de a transmite informații. Instrumentul a avut o consistență internă ridicată.

¹⁷ Detalii atât despre validitatea și fidelitatea testelor, cât și despre teste și itemi se găsesc în raportul redactat de C. Opariuc.

¹⁸ Chestionarul pentru măsurarea unor aspecte non-cognitive în rândul elevilor a fost realizat împreună cu partenerii de la Institutul din Kiel.

Analiza datelor

Analiza datelor a fost realizată în urma validării tuturor instrumentelor și cu respectarea tuturor asumpțiilor necesare derulării testelor statistice (a se vedea studiul extins în care sunt prezentate detaliat analizele statistice și care cuprinde inclusiv discuții despre: validarea instrumentelor, proceduri statistice și analiza asumpțiilor).

În ceea ce privește comparația între elevii profesorilor din grupul experimental și cei din grupul de control fără experiență în învățarea prin investigație, se poate observa că există o diferență de aproape un punct în privința rezultatelor la proba matematică de la Evaluarea Națională din anul 2021 în școlile respective. Media la proba matematică de la Evaluarea Națională a școlilor de unde provin elevii din *grupul experimental* a fost de 6,08, iar în școlile celor din grupul de control, care aveau profesorii fără experiență în învățarea prin investigație, a fost de 7,06.

De asemenea, în ceea ce privește rezultatele la Evaluarea Națională, se poate observa o diferență importantă între școlile de unde provin elevii profesorilor din grupul de control fără experiență în învățarea prin investigație și cei ai profesorilor cu experiență în învățarea prin investigație dobândită înainte de 2021. Diferențele între cele 2 categorii de școli din punctul de vedere al mediei la proba matematică la EN sunt semnificative. Se poate concluziona că există o diferență statistic semnificativă între elevii din cele două grupuri sub aspectul mediei la proba matematică, media estimată a elevilor din grupul de control ($m_{c-we}=7.06$) fiind statistic semnificativ mai mare decât media estimată a elevilor cu profesori cu experiență anterioară în învățarea prin investigație ($m_{c-e}=6.66$).

Tabel 1. Media elevilor la Evaluarea Națională 2021 – Proba Matematică. Diferențe între școlile de unde provin elevii profesorilor din grupul experimental, ai celor din grupul de control și ai celor cu experiență anterioară în învățarea prin investigație

Grup experimental	Grup de control (fără experiență în IBL)	Grup profesori cu experiență anterioară în IBL
6,08	7,06	6,66

În ceea ce privește testul cognitiv aplicat elevilor, au fost constatate diferențe semnificative din punct de vedere statistic între grupul experimental ($m_{eg}=3.00$) și grupul de control ($m_{cg}=3.69$), ultimii având rezultate mai bune decât primii la testarea inițială. Așadar, elevii ai căror profesori au beneficiat de cursul „Fizica altfel” au avut în faza inițială rezultate mai slabe la testul care măsoară competențele specifice la fizică din programa școlară pentru gimnaziu, comparativ cu elevii ai căror profesori au fost incluși în grupul de control.

Totodată, în ceea ce privește testul inițial care măsoară competențele elevilor, media elevilor cu profesori din grupul de control a fost 3.69 ($sd=2.05$, $n=366$), iar pentru elevii cu profesori cu experiență anterioară în învățarea prin investigație a fost 3.55 ($sd=1.88$, $n=482$), diferențele nefiind semnificative statistic¹⁹.

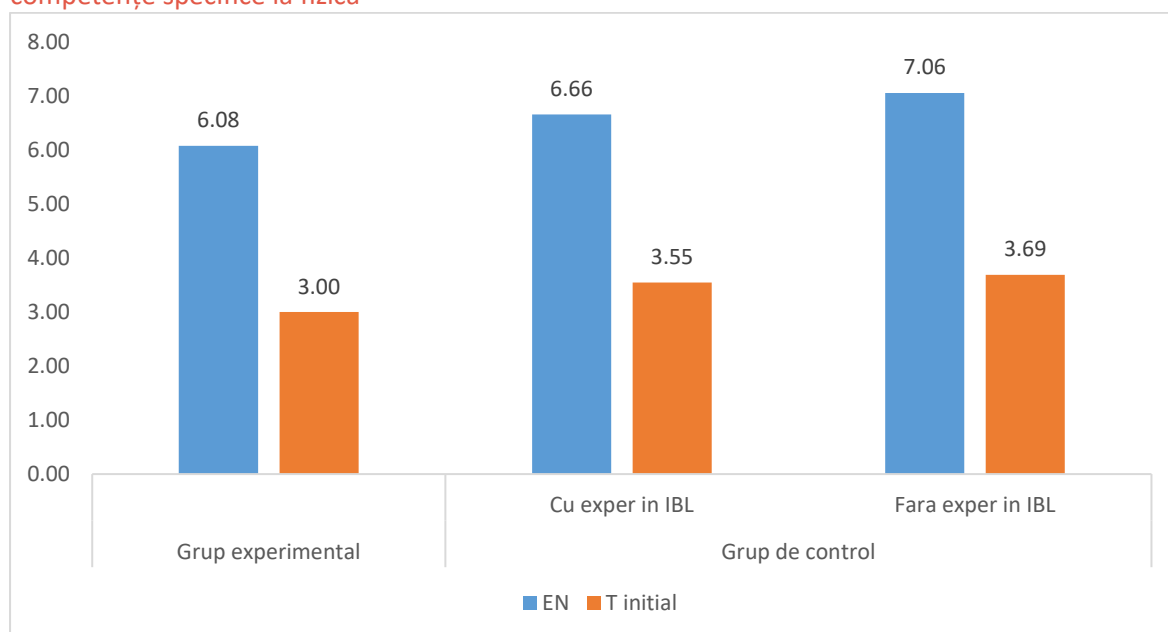
¹⁹ ($t_{(750.31)}=1.07$, $p=0.29$) Elementele mai tehnice vor fi incluse în note de subsol. Acesta pot fi relevante pentru statisticieni.

Tabel 2. Rezultatele la testul inițial care măsoară competențele elevilor. Diferențe între elevii profesorilor din grupul experimental, grupul de control și al celor cu experiență anterioară în învățarea prin investigație (scală 0-9)

Grup experimental	Grup de control (fără experiență anterioară în IBL)	Grup de profesori cu experiență anterioară în IBL
3,00	3,69	3,55

Așadar, se poate observa că rezultatele elevilor la testul inițial, care măsoară competențele specifice la fizică, urmează un trend similar cu rezultatele la proba de matematică a Evaluării Naționale.

Figură 1. Rezultatele în școlile de unde provin elevii din grupul experimental și de control la Evaluarea Națională 2021 – proba matematică și rezultatele înregistrate de elevi la testul inițial care măsoară competențe specifice la fizică



Impactul utilizării metodei investigației asupra rezultatelor la testul care măsoară competențele elevilor la fizică

În ceea ce privește impactul utilizării metodei investigației asupra rezultatelor elevilor la fizică, analiza a fost realizată printr-un model *mixt de analiză de varianță (Two-Way Mixed ANOVA)*, fiind incluse următoarele variabile:

1. Variabila between-subjects: *experiența profesorilor*, o variabilă categorială nominală, cu următoarele categorii:
 - grup de control, asupra căruia nu s-a intervenit în timpul derulării studiului de impact, a fost împărțit în două subgrupuri: (a) fără experiență în metoda investigației și (b) cu experiență în metoda investigației
 - grup experimental care a beneficiat de formare și de un mecanism de sprijin în cadrul programului „Fizica altfel”.

2. Variabila within-subjects: *rezultatele la test*, o variabilă de tip serie temporală, cu două momente: (a) inițial și (b) final.

Analiza omogenității varianțelor *rezultatelor la test* în funcție de variabila *experiența profesorilor* arată încălcarea acesteia atât la **grupul inițial**²⁰, cât și la **grupul final**²¹. Prin urmare, au fost utilizate metode robuste la încălcarea acestei asumptii, mai precis analiza Two-Way Mixed ANOVA.

În ceea ce privește diferențele între grupul de elevi ai căror profesori au urmat programul „Fizica altfel” și cei din grupul de control inițial asupra căruia nu s-a intervenit și care include atât cadrele didactice cu experiență cât și fără experiență în metoda investigației, moderate de momentul evaluării, se poate sesiza²² un *efect principal* al **experienței profesorilor** și un *efect principal* al **momentului evaluării** asupra rezultatelor elevilor, **momentul evaluării moderând statistic semnificativ efectul experienței profesorilor asupra rezultatelor elevilor**.

Se poate constata faptul că elevii cadrelor didactice care au urmat programul „Fizica altfel” (grupul experimental) și elevii cadrelor didactice cu experiență dobândită anterior în învățarea prin investigație și-au îmbunătățit într-o mai mare măsură rezultatele, prin comparație cu elevii din grupul de control ai căror profesori nu au experiență în învățarea prin investigație. Așteptarea ca elevii profesorilor care au urmat programul „Fizica altfel” să-și îmbunătățească rezultatele într-o mai mare măsură decât elevii profesorilor din grupul de control a fost confirmată. Similar, elevii ai căror profesori au avut anterior experiență în învățarea prin investigație și-au îmbunătățit la rândul lor rezultatele în momentul final, comparativ cu momentul inițial. Acest progres este explicabil din punct de vedere teoretic, în contextul în care testul inițial a fost dat din unitatea de învățare „Statica fluidelor” înainte de a fi predată, iar testul final după ce a fost predată, cadrele didactice cu experiență anterioară utilizând cel mai probabil învățarea prin investigație la clasă.

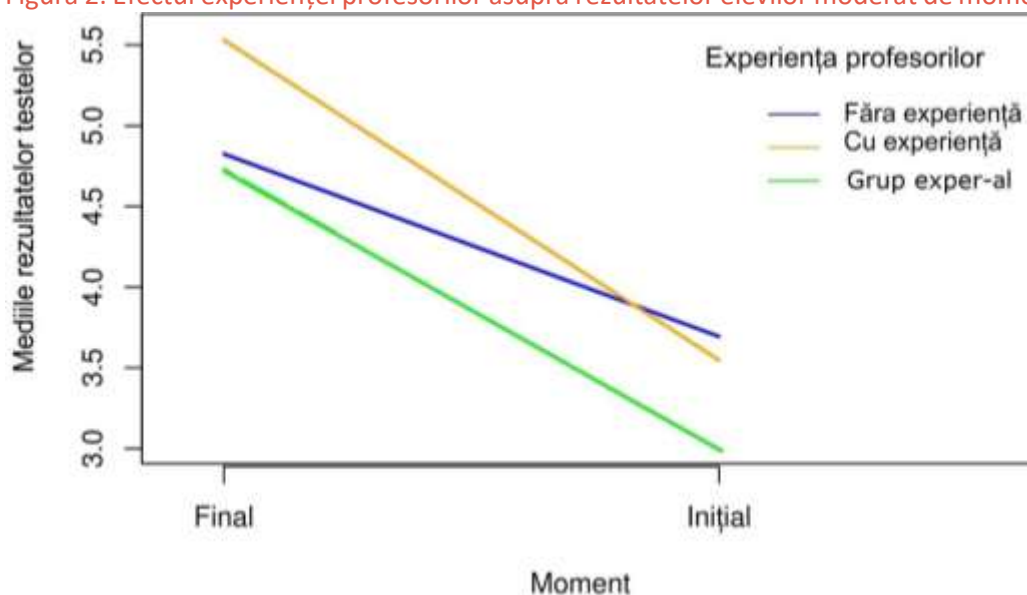
Așadar, se poate spune că utilizarea la clasă a învățării prin investigație produce îmbunătățiri în privința competențelor specifice ale elevilor la fizică. Programul „Fizica altfel” a avut o influență importantă asupra cadrelor didactice care au urmat cursul și au participat la mecanismul de sprijin, în sensul că aceștia au aplicat strategiile specifice învățării prin investigație, contribuind la îmbunătățirea rezultatelor elevilor. Se poate concluziona că utilizarea strategiilor de predare-învățare specifice învățării prin investigație, precum cele transmise în cadrul programul „Fizica altfel”, contribuie la achiziția de către elevi a competențelor specifice din programa școlară într-o mai mare măsură decât strategiile didactice tradiționale.

²⁰ (Levene(3, 1591)= 9.42, p=0)

²¹ (Levene(3, 1414)=8.90, p=0),

²² Detaliind, se poate sesiza un *efect principal* al **experienței profesorilor** ($Q(3, 472.45)=13.46, p=0, \eta^2_{\text{gen}}=0.02$) și un *efect principal* al **momentului evaluării** ($Q(1, 541.06)=372.60, p=0, \eta^2_{\text{gen}}=0.13$) asupra rezultatelor elevilor, **momentul evaluării moderând statistic semnificativ efectul experienței profesorilor asupra rezultatelor elevilor** ($Q(3, 472.45)=3.49, p=0.02, \eta^2_{\text{gen}}=0.01$)).

Figura 2. Efectul experienței profesorilor asupra rezultatelor elevilor moderat de momentul evaluării²³



În continuare, discutăm separat impactul variabilelor asupra rezultatelor elevilor la testul de fizică:

1. Efectul experienței profesorilor asupra rezultatelor elevilor.
2. Efectul momentului testării asupra rezultatelor elevilor.
3. Efectul de interacțiune al experienței profesorilor și momentului testării asupra rezultatelor elevilor.

1. Analiza efectului principal simplu al **experienței profesorilor** asupra **rezultatelor la testul care măsoară competențele elevilor** indică efecte principale simple slabe²⁴, însă statistic semnificative, atât la nivelul testării inițiale, cât și la nivelul testării finale²⁵.

La **testarea inițială** se constată că nu apar diferențe semnificative din punct de vedere statistic între rezultatele elevilor din grupul de control care au profesori fără experiență în metoda investigației și elevii profesorilor cu experiență anterioară în învățarea prin investigație ($m_1=3.69$ ($n=366$), $m_2=3.55$ ($n=482$), $p=1$)²⁶. Totodată, la nivelul elevilor din grupului experimental media este de 3.00 ($m=3.00$ ($n=747$)).

Cele mai mari diferențe statistic semnificative apar, la testarea inițială, între *grupul de control fără experiență în învățarea prin investigație* și *grupul experimental* ($m_1=3.69$, $m_2=3$, $p=0$). Așadar, elevii din grupul experimental au avut rezultate statistic semnificativ mai mici la testarea inițială în comparație cu elevii din grupul de control ai căror profesori nu au experiență anterioară în învățarea

²³ În figura 2 s-au folosit următoarele notații: a) "Fără experiență" înseamnă elevii din grupul de control ai căror profesori nu au experiență în învățarea prin investigație; b) "Cu experiență" înseamnă elevii profesorilor cu experiență dobândită anterior în învățarea prin investigație. Aceste notații sunt folosite și în figura 5.

²⁴ η^2_{gen} reflectă proporția de varianță asociată efectului. Sub 0.01 sunt efecte aproape inexistente, între 0.01 și 0.06 sunt efecte slabe, între 0.06 și 0.14 sunt efecte medii și peste 0.14 sunt efecte puternice.

²⁵ La nivelul testării inițiale - ($F(3, 1591)=15.72$, $p=0$, $\eta^2_{gen}=0.03$). La nivelul testării finale - ($F(3, 1414)=11.68$, $p=0$, $\eta^2_{gen}=0.02$).

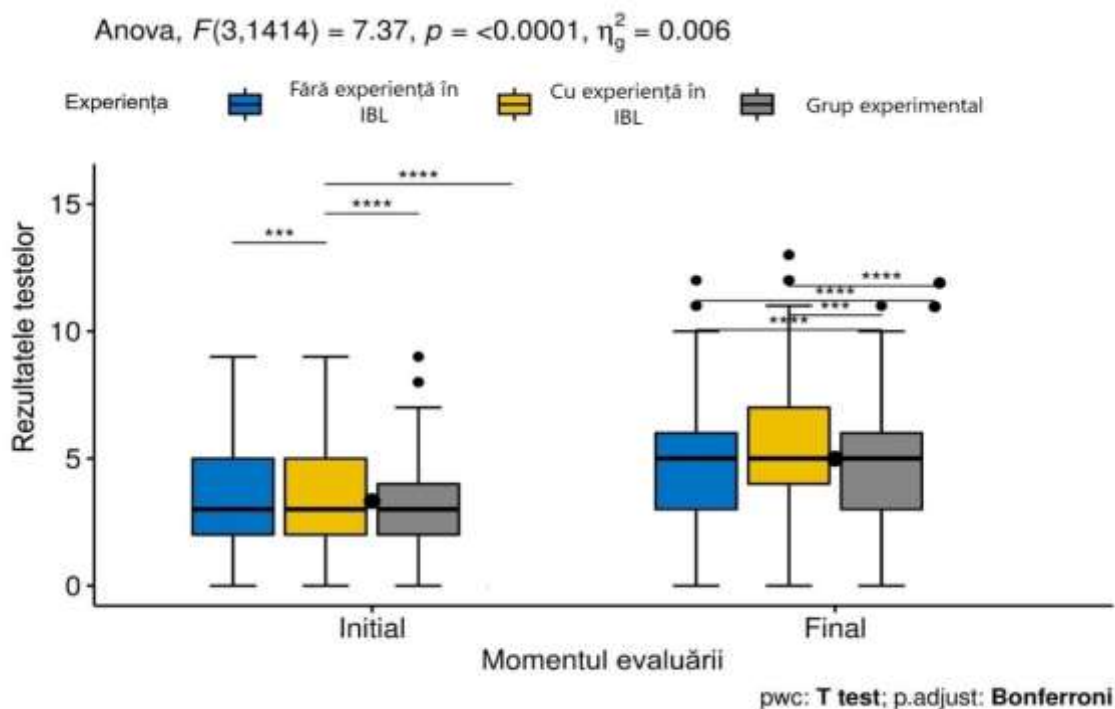
²⁶ Media elevilor dintr-un grup sau altul este notată cu "m"; "n" reprezintă numărul de elevi din fiecare subgrup.

prin investigație. Există, de asemenea, diferențe între rezultatele obținute de elevii ai căror profesori aveau experiență în metoda investigației înainte de 2021 și grupul experimental, ultimii având, în medie, rezultate mai scăzute. Așadar, la testul inițial, scorurile elevilor au fost, în medie, mai ridicate în cazul elevilor din grupul de control (nu cel inițial) și al celor din grupul cu profesori cu experiență anterioară în învățarea prin investigație, comparativ cu scorurile elevilor din grupul experimental.

La **testarea finală** nu mai apar diferențe statistic semnificative între rezultatele elevilor din grupul de control ai căror profesori nu au experiență în metoda investigației și cele ale elevilor din grupul experimental. Așadar, dacă la testarea inițială elevii din grupul experimental au obținut rezultate mai slabe decât cei din grupul de control, la testarea finală rezultatele celor două grupuri sunt similare. În concluzie, se poate argumenta că a existat un impact al programului „Fizica altfel” asupra competențelor la fizică ale elevilor. Diferențele inițiale între grupuri în privința rezultatelor la testul care măsoară competențe specifice din programa de fizică s-au redus. Elevii ai căror profesori au beneficiat de programul „Fizica altfel” (este vorba atât de elevii din grupul experimental, cât și de cei ai căror profesori obținuseră experiență în învățarea prin investigație înainte de 2021) au înregistrat progrese importante, rezultatele lor fiind semnificativ mai bune decât la testarea inițială.

În același timp, există diferențe semnificative statistic între rezultatele elevilor ai căror profesori aveau experiență anterioară în metoda investigației și rezultatele elevilor din grupul experimental. Astfel, rezultatele elevilor din grupul experimental sunt în medie mai mici în comparație cu cele ale elevilor profesorilor care aveau experiență în învățarea prin investigație înainte de 2021. Cu alte cuvinte, ambele grupuri progresând între cele două testări, diferențele inițiale între ele se păstrează. Totodată, există diferențe semnificative și între rezultatele elevilor din grupul de control și cele ale elevilor profesorilor care aveau experiență în învățarea prin investigație înainte de 2021, ultimii având rezultate mai bune. Se poate observa că diferențele în privința rezultatelor la teste între grupul experimental și elevii ai căror profesori aveau deja experiență în învățarea prin investigație se păstrează și la testarea finală. Acest lucru este explicabil prin faptul că profesorii din ultimul grup au utilizat strategii similare de predare-învățare celor care au urmat programul „Fizica altfel” în anul școlar 2021-2022. Se poate concluziona că derularea în viitor a unor programe de formare similare programului „Fizica altfel” în școlile care au profesori fără experiență în utilizarea învățării prin investigație, poate produce îmbunătățiri ale competențelor specifice ale elevilor.

Figura 3. Efectul principal simplu al experienței profesorului asupra rezultatelor elevilor în funcție de momentul evaluării



2. Analiza *efectului principal simplu* al **momentului testării** asupra **rezultatelor la test** în funcție de **experiența profesorilor** indică efecte principale simple moderate, semnificative statistic la nivelul elevilor cu profesori din grupul de control²⁷ și puternice la nivelul elevilor cu profesori care aveau experiență în învățarea prin investigație înainte de 2021²⁸, precum și la nivelul elevilor cu profesori din grupul experimental²⁹.

La nivelul grupului experimental se observă rezultate statistic semnificativ mai mari la *testarea finală* în comparație cu *testarea inițială*.

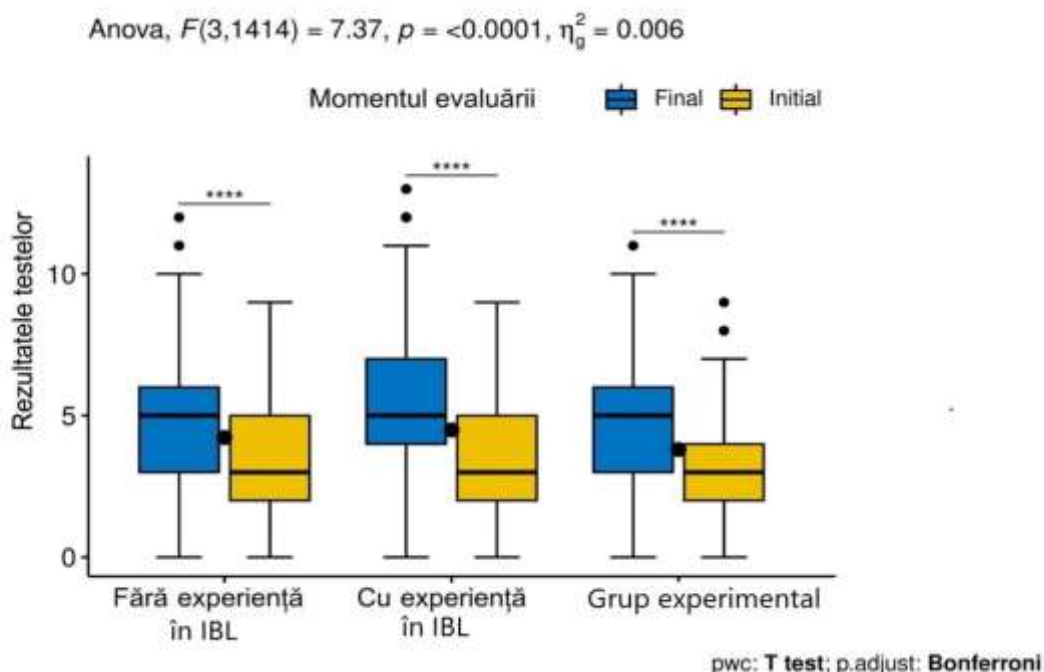
Elevii care au profesori cu experiență anterioară în învățarea prin investigație sau cei cu profesori din grupul experimental și-au îmbunătățit semnificativ rezultatele la testele care măsoară competențele specifice în domeniul fizicii.

²⁷ ($F(1, 325)=54.16$, $p=0$, $\eta^2_{gen}=0.06$).

²⁸ ($F(1, 436)=196.16$, $p=0$, $\eta^2_{gen}=0.16$).

²⁹ ($F(1, 290)=152.38$, $p=0$, $\eta^2_{gen}=0.16$) și ($F(1, 363)=191.95$, $p=0$, $\eta^2_{gen}=0.17$).

Figura 4. Efectul principal simplu al momentului evaluării asupra rezultatelor elevilor prin experiența profesorilor



3. *Efectul de interacțiune*, în care momentul evaluării moderează efectul experienței profesorilor asupra rezultatelor elevilor, apare la nivelul elevilor din grupul de control fără experiență și la nivelul celor care au profesori cu experiență anterioară în învățarea prin investigație. Dacă la **momentul inițial** rezultatele elevilor cu profesori care aveau experiență în învățarea prin investigație înainte de 2021 ($m=3.55$ ($n=482$)) erau mai slabe în comparație cu cele ale elevilor cu profesori din grupul de control ($m=3.69$ ($n=366$)), la **momentul final** situația se inversează. Astfel, rezultatele elevilor care au profesori cu experiență anterioară în învățarea prin investigație au devenit statistic semnificativ mai bune ($m=5.53$ ($n=437$)) în comparație cu cele ale elevilor din grupul de control ($m=4.82$ ($n=326$)). De asemenea, rezultatele elevilor ai căror profesori au intrat în grupul experimental s-au apropiat la evaluarea finală de cele ale elevilor ai căror profesori făceau parte din grupul de control fără experiență în învățarea prin investigație, recuperând diferențele de la testarea inițială.

Impactul utilizării învățării prin investigație asupra interesului, activării și suportului cognitiv al elevilor

În ceea ce privește atitudinile elevilor în contextul utilizării învățării prin investigație, au fost analizate diferențele între grupul experimental și grupul de control după încheierea programului „Fizica altfel”. Astfel, a fost analizat efectul *experienței profesorilor* (s-au analizat răspunsurile elevilor cu profesori din grupul de control cu și fără experiență în metoda investigației, respectiv răspunsurile elevilor cu profesori din grupul experimental) asupra a trei componente atitudinale: *interes*, *activare cognitivă* și *suport*, folosindu-se analiza multivariată de varianță (One-Way MANOVA). Ipoteza nulă a fost: **H₀: experiența profesorilor nu afectează statistic semnificativ interesul față de fizică, activarea cognitivă și suportul cognitiv al elevilor.** Operațional, au fost testate aspecte precum interesul pentru studiul fizicii; capacitatea cadrelor didactice de a-i stimula și provoca pe elevi prin utilizarea de metode și tehnici aplicate; abilitatea cadrelor didactice de a transmite informații.

Omogenitatea covarianțelor nu a fost îndeplinită (Box M=48.10, $p=0$), așadar au fost utilizate statisticile Pillai. Asumpția omogenității varianțelor este îndeplinită la nivelul tuturor grupelor: **Activare³⁰, Interes și Suport.**

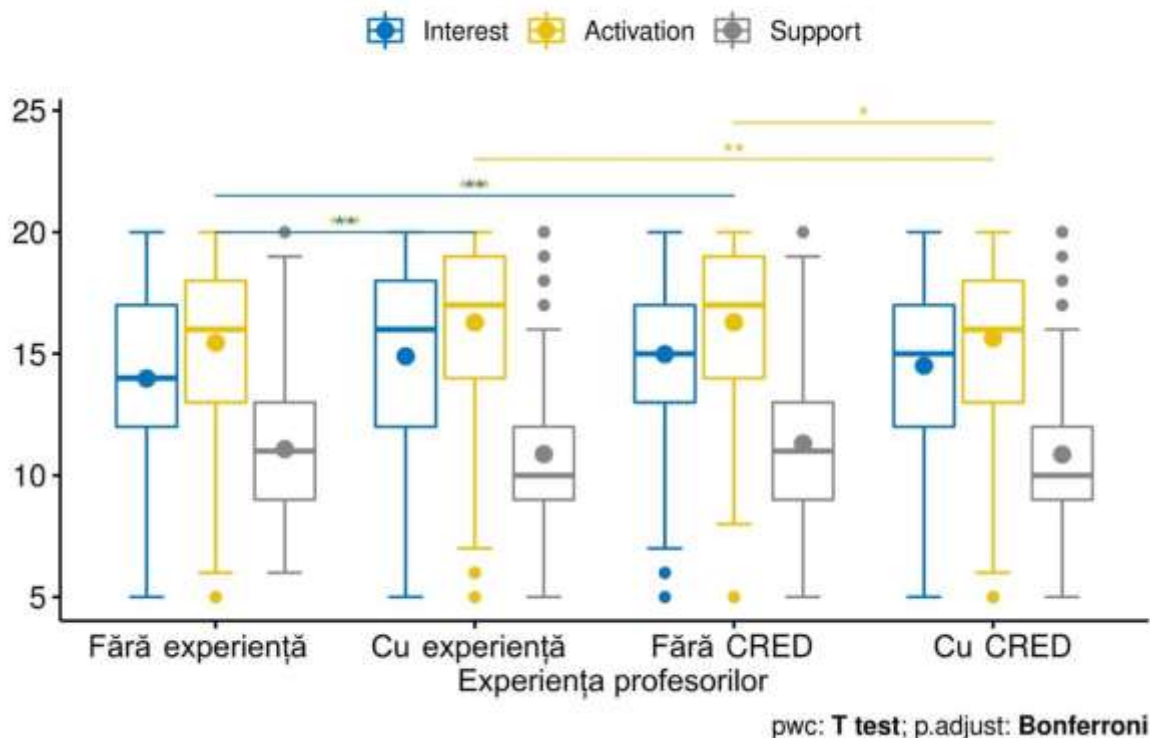
În ceea ce privește impactul experienței profesorilor asupra celor trei componente ale satisfacției, se constată un efect semnificativ statistic și simultan asupra a cel puțin una dintre cele 3 componente analizate (Pillai $F(9, 5217)=3.71$, $p=0$). Pentru a determina sensul și semnificația diferenței, a fost analizată fiecare variabilă separat. Deoarece există 3 variabile dependente, pragul de semnificație statistică este $\alpha/3=.016$, observându-se faptul că doar *Activarea* și *Interesul* sunt influențate statistic semnificativ de experiența profesorilor, nu și *Suportul*³¹. Efectele sunt însă slabe.

³⁰ *Activare* (Levene(3, 1739)= 1.44, $p=0.23$), *Interes* (Levene(3, 1739)= 1.31, $p=0.27$) și *Suport* (Levene(3, 1739)= 1.25, $p=0.29$).

³¹ *Activarea* ($F(3, 1739)=8.93$, $p=0$, $\eta^2_{\text{gen}}=0.01$), *Interesul* ($F(3, 1739)=5.37$, $p=0$, $\eta^2_{\text{gen}}=0.01$) și *Suportul* ($F(3, 1739)=1.49$, $p=0.22$, $\eta^2_{\text{gen}}=0$).

Figură 5. Efectul experienței profesorilor asupra satisfacției elevilor

MANOVA, $F(0.02) = 3.71$, $p = 0$



În cazul indicelui **activare cognitivă** se constată scoruri statistic semnificativ mai mici la elevii din grupul de control cu profesori *fără experiență* în învățarea prin investigație în comparație cu elevii ai căror profesori aveau *experiență dobândită înainte de 2021*. Așadar, elevii care au avut profesori fără experiență în metoda investigației au apreciat că sunt mai puțin stimulați de cadrele didactice, comparativ cu cei care au experiență dobândită anterior programului „Fizica altfel”. De asemenea, scorurile sunt mai mari la elevii din grupul experimental față de elevii din grupul de control ai căror profesori *nu aveau experiență* în învățarea prin investigație, în sensul că prima categorie de elevi au obținut scoruri mai mari la indicele activării cognitive. În figura 5 apar 4 categorii de elevi³².

Așadar, indiferent dacă cadrele didactice aveau experiență anterioară sau au dobândit-o în urma cursului „Fizica altfel”, învățarea prin investigație are un impact important asupra activării cognitive. Indicele activării cognitive a fost construit din 5 itemi care și-au propus să testeze experiența elevilor referitoare la utilizarea de către profesori a unor metode specifice învățării prin investigație. Itemii au urmărit aspecte precum: utilizarea de experimente de către cadrele didactice pentru a ilustra aspecte neînțelese în discuțiile teoretice; existența unor aspecte care îi uimesc pe elevi în procesul de predare a fizicii; testarea de ipoteze prin experimente empirice în timpul orelor; solicitarea de către profesor a explicațiilor teoretice ce justifică ipotezele elevilor; încurajarea de către profesor a utilizării cunoștințelor dobândite la orele de fizică pentru a explica fenomene din lumea reală. Toate aceste

³² Elevii din grupul experimental a fost împărțit în elevii ai căror profesori au făcut cursul CRED și cei ai căror profesori nu l-au făcut. A fost făcută această distincție în procesul de analiză a datelor pentru a fi siguri că măsurăm impactul programului „Fizica altfel” independent de alte programe.

aspecte sunt mai des întâlnite în cazul elevilor care au profesori cu experiență dobândită în cadrul programului „Fizica altfel”, indiferent de momentul în care au urmat programul.

În cazul indicelui **interes pentru fizică** s-au constatat rezultate statistic semnificativ mai mari la elevii din grupul profesorilor *cu experiență* în învățarea prin investigație și la cei din grupul experimental, în comparație cu elevii din grupul de control ai căror profesori *nu au experiență* în învățarea prin investigație. Așadar, experiența anterioară sau dobândită de cadre didactice în cadrul programului „Fizica altfel” și a mecanismului de sprijin aferent, desfășurate în 2021-2022, are un impact important asupra interesului elevilor pentru fizică. Indicele care măsoară interesul pentru fizică a fost construit din 5 itemi care au măsurat aspecte precum: aflarea/descoperirea de lucruri interesante la ora fizică; plăcerea studierii fizicii; entuziasmul pentru studiul fizicii la ore; plăcerea de a desfășura experimente; aprecierea subiectivă privind locul fizicii în materiile preferate. Se poate concluziona că utilizarea învățării prin investigație crește interesul elevilor pentru studiul fizicii, element esențial în procesul de transmitere a competențelor generale și specifice în domeniul fizicii.

În ceea ce privește indicele **suport cognitiv**, nu există un impact al experienței profesorilor asupra acestei componente, indiferent dacă experiența a fost dobândită în cadrul programului „Fizica altfel” sau anterior. Indicele care măsoară suportul cognitiv a fost măsurat prin cinci itemi care au testat capacitatea elevilor de a înțelege lucrurile studiate la fizică. Au fost utilizați itemi care au testat dacă există situații în care elevii nu înțeleg despre ce e vorba; dacă profesorii folosesc cuvinte pe care elevii nu le înțeleg; dacă profesorul de fizică nu sprijină elevii în găsirea de soluții la probleme; dacă elevii știu ce au de făcut la ora de fizică etc. Așadar, utilizarea învățării prin investigație nu este direct corelată cu modalitatea în care elevii percep că primesc sprijin din partea cadrelor didactice în achiziția de competențe specifice.

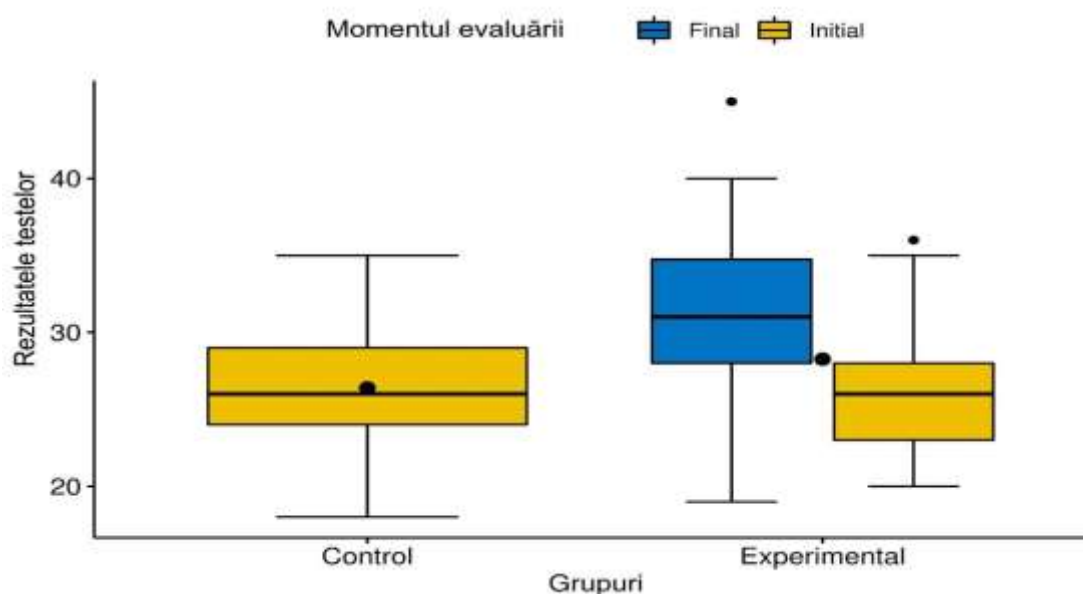
Impactul participării la programul „Fizica altfel” asupra rezultatelor obținute de cadrele didactice la testul *Pedagogical Content Knowledge* (PCK)

Testul docimologic **PCK** a fost administrat la momentul **inițial** profesorilor din *grupul de control ce cuprinde profesori fără experiență și profesori cu experiență anterioară în învățarea prin investigație*. De asemenea, a fost administrat profesorilor din grupul experimental în momentul **inițial** ($n=46$, $m=25.93$, $sd=4.01$) și **final** ($n=46$, $m=30.59$, $sd=5.61$). Exceptând testarea inițială a profesorilor din grupul experimental³³, în cazul celorlalte două grupuri asumția normalității univariate a fost îndeplinită, iar valori extreme nu există. În privința omogenității varianțelor, constatăm că aceasta este îndeplinită atât din punct de vedere al numărului egal de profesori în fiecare grup, cât și statistic³⁴.

³³ Shapiro-Wilk=0.94, $p=0.01$

³⁴ Levene (2, 138)=2.58, $p=0.08$

Figură 6. Rezultatele testelor PCK aplicate cadrelor didactice în funcție de momentul evaluării (grup de control inițial și grup experimental)



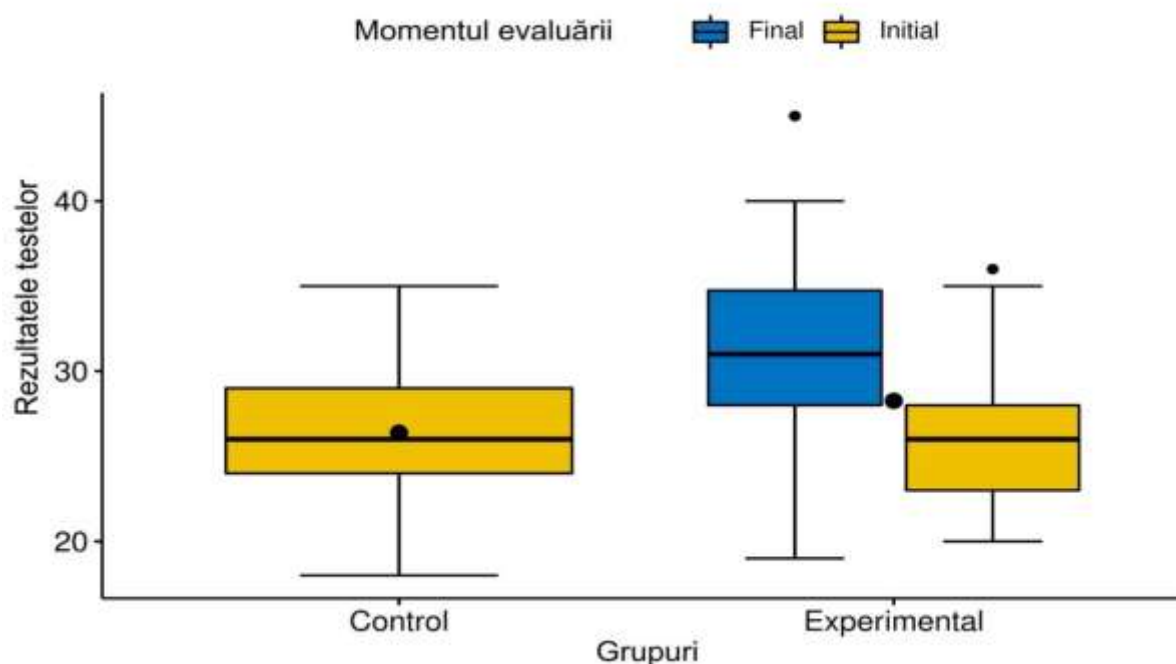
Comparația între profesorii din grupul de control inițial (care îi include atât pe cei fără experiență, cât și pe cei cu experiență în învățarea prin investigație ($m=26.39$, $n=45$)) și profesorii din grupul experimental ($m=25.93$, $n=46$) s-a realizat doar la nivelul testării inițiale, deoarece testarea finală nu a avut loc la nivelul celor două grupuri de control³⁵. Nu au fost sesizate diferențe statistic semnificative între cele două grupuri³⁶, profesorii din cele două grupuri având, la testarea inițială, rezultate aproximativ similare.

³⁵ Acești profesori n-au dat și un test final pentru că nu s-a intervenit asupra lor în timpul derulării studiului de impact.

³⁶ $t(93)=0.55$, $p=0.58$

Figură 7. Comparația rezultatelor la testul PCK obținute de profesorii din grupul de control inițial, respectiv grupul experimental (testare inițială)

T test, $t(93) = 0.55$, $p = 0.58$, $n = 95$



Diferențele între grupuri la testarea inițială sunt nesemnificative statistic. Analiza a fost realizată folosindu-se teste non-parametrice precum *Kruskal-Wallis*, respectiv *Friedman*, deoarece numărul de profesori din fiecare grup este prea mic pentru a se putea utiliza analiza de varianță clasică. Compararea, la nivelul **testării inițiale**, între grupul profesorilor *fără experiență* în metoda investigației, grupul profesorilor *cu experiență* în metoda investigației și grupul experimental care a urmat cursul „Fizica altfel” nu indică diferențe semnificative statistic între mediile rangurilor³⁷. Așadar, anterior implementării programului „Fizica altfel” nu au fost sesizate diferențe din punctul de vedere al competenței cadrelor didactice privind învățarea prin investigație, indiferent dacă e vorba de curriculum sau metode specifice de instruire, abilitatea de a-i determina pe elevi să învețe prin investigație și de a-i evalua.

³⁷ (3)=4.91, $p=0.18$, $n=95$

Tabel 3. Rezultatele la testul PCK pentru profesorii din cele 2 subgrupuri ale grupului de control

Grup de control fără experiență în IBL	Grup profesori cu experiență anterioară în IBL
24,58	25,92

În cazul *grupului experimental* a fost realizată comparația între *momentul inițial* al testării ($m=25.93$, $n=46$) și *momentul final* ($m=30.59$, $n=46$), rezultând diferențe statistic semnificative³⁸ și efecte puternice. Astfel, rezultatele la evaluarea finală ale profesorilor din grupul experimental sunt semnificativ mai bune prin comparație cu rezultatele la evaluarea inițială. Se poate aprecia că există o probabilitate ridicată să existe un impact al programului „Fizica altfel” și al mecanismului de sprijin asupra competențelor de predare a fizicii prin metoda investigației. Însă această afirmație trebuie interpretată în termeni probabilistici.

Auto-evaluarea cadrelor didactice din grupul experimental privind nivelul de predare al fizicii prin investigație

În ultimă instanță, cadrele didactice care au făcut parte din grupul experimental au răspuns la un chestionar care a avut ca obiectiv auto-evaluarea propriilor competențe privind utilizarea la clasă a învățării prin investigație. Au fost incluși 13 itemi care au fost evaluați de cadre didactice pe o scală de la 1-5. Acești itemi sunt cumulativi, prin urmare, prezentăm în continuare analiza la nivelul fiecărui item, fiind utilizat testul statistic nonparametric Wilcoxon care permite compararea răspunsurilor din momentul inițial cu cele din momentul final. De altfel, la toți cei 13 itemi apar diferențe statistic semnificative între mediile rangurilor din momentul inițial și momentul final în care s-a încheiat programul „Fizica altfel” și mecanismul de sprijin aferent, efectele fiind moderate sau puternice. Acest lucru sugerează că există o apreciere subiectivă a cadrelor didactice referitoare la îmbunătățirea competențelor privind învățarea prin investigație în urma finalizării programului „Fizica altfel”.

În ceea ce privește plăcerea de a predă fizica („Îmi place să predau fizica”), se poate constata o diferență semnificativă statistic³⁹ între momentul inițial (mediana=3) și momentul final (mediana=4). Efectul este unul puternic, așadar, se poate aprecia că participarea în programul „Fizica altfel” a crescut satisfacția cadrelor didactice cu predarea fizicii. În cazul importanței predării fizicii pentru cadrele didactice participante la studiu („Să predau fizica este important pentru mine”), la momentul *inițial* mediana a fost 3, în timp ce la momentul *final* mediana devine 4, diferențele fiind statistic semnificative⁴⁰. Efectul este puternic, așadar cadrele didactice au apreciat într-o mai mare măsură după ce au participat la programul „Fizica altfel” că este important pentru ele să predea fizica. Se poate concluziona că importanța predării fizicii dobândește valențe mai mari după formarea în metoda investigației.

³⁸ $t(45)=6.81$, $p=0$, $d=1$

³⁹ Wilcoxon=136, $p=0.00$, $es=0.60$

⁴⁰ Wilcoxon=180, $p=0.00$, $es=0.58$

În ceea ce privește percepția privind împlinirea profesională („Faptul că predau fizica NU mă face să mă simt împlinit/ă profesional”) mediana nu s-a modificat între momentul *inițial* (mediana=1) și cel *final* 1 (mediana=1). Așadar cadrele didactice s-au simțit la fel de împlinite profesional predând fizica și înainte, și după parcurgerea programului „Fizica altfel”.

Un alt aspect care a fost testat a fost entuziasmul predării fizicii („La majoritatea orelor de fizică, predau cu entuziasm”). La momentul *inițial* mediana a fost 3, în timp ce la momentul *final* mediana este 4, diferențele fiind statistic semnificative⁴¹, iar efectul este unul puternic. Se poate argumenta că, cel puțin pe termen scurt, entuziasmul profesorilor a crescut după parcurgerea cursului de formare în metoda investigației.

În privința încrederii cadrelor didactice că pot alege metode didactice prin care să-i stimuleze pe elevi („Am încredere că pot alege sau concepe eu însumi/însămi întrebări declanșatoare care să-i atragă pe elevi în studiul unor teme diverse”), mediana nu s-a schimbat între cele două momente (valoarea fiind 3). Așadar, chiar dacă există diferențe semnificative statistic între mediile rangurilor, participarea în programul „Fizica altfel” nu a schimbat major încrederea în capacitatea didactică de a stimula elevii. Același lucru este valabil și în privința încrederii referitoare la proiectarea de experimente și investigații care să le permită elevilor să-și testeze idei proprii („Am încredere că pot proiecta experimente și investigații în clasă care să le permită elevilor mei să-și testeze propriile idei, fără ca eu să le ofer pe parcurs explicația exactă”), dar și în privința încrederii privind proiectarea de activități de tip proiect sau modelare care să fie potrivite pentru niveluri diferite ale elevilor („Am încredere că pot propune activități de tip proiect sau de tip modelare care să fie potrivite pentru elevi de diferite niveluri (slabi, buni, foarte buni)”). În ambele cazuri, mediana a fost 3 atât în momentul *inițial*, cât și în momentul *final*.

Parcurgerea programului „Fizica altfel” are un impact asupra percepției cadrelor didactice privind capacitatea lor de a facilita discuții cu întreaga clasă sau cu grupuri de elevi care lucrează în echipe. La itemul, „Am încredere că pot să facilitez și să conduc discuții cu întreaga clasă, respectiv cu grupuri mai mici de elevi atunci când ei lucrează în echipe”, la momentul *inițial* mediana a fost 3, în timp ce la momentul *final* mediana a fost 4, diferențele fiind statistic semnificative⁴². Efectul este unul moderat, formarea în metoda investigației având un rol pozitiv. Același tip de efect este valabil și în cazul itemului „Rolul meu ca profesor este să facilitez propriile investigații ale elevilor”, la momentul *inițial* mediana a fost 3, în timp ce la momentul *final* mediana devine 4, diferențele fiind statistic semnificative⁴³, efectul fiind unul moderat.

În cazul itemului „Am încredere că pot să ofer explicații alternative și exemple potrivite ori de câte ori elevii mei întâmpină dificultăți în înțelegerea anumitor noțiuni științifice specifice”, la momentul *inițial* mediana a fost 3, în timp ce la momentul *final* mediana a fost 3.25, diferențele fiind statistic semnificative⁴⁴ și puternice.

⁴¹ Wilcoxon=171, $p=0.00$, $es=0.56$

⁴² Wilcoxon=161.50, $p=0.00$, $es=0.49$

⁴³ Wilcoxon=189, $p=0.00$, $es=0.48$

⁴⁴ Wilcoxon=127.50, $p=0.00$, $es=0.52$

Cadrele didactice au perceput într-o mai mare măsură după finalizarea programului „Fizica altfel” că elevii tind să învețe mai bine dacă caută singuri soluții la probleme („Elevii învață cel mai bine atunci când găsesc pe cont propriu soluții la probleme”). La momentul *inițial* mediana a fost 3, în timp ce la momentul *final* mediana devine 4, diferențele fiind statistic semnificative⁴⁵, profesorii considerând că elevii învață mai bine dacă găsesc pe cont propriu soluții la probleme.

În cazul ultimilor doi itemi, „Elevii ar trebui să aibă posibilitatea să se gândească singuri la rezolvarea unor probleme practice, înainte ca profesorul să le ofere soluții de rezolvare”, la momentul *inițial* mediana a fost 3, ca și cea de la momentul *final*, 3, însă diferențele sunt statistic semnificative între mediile rangurilor⁴⁶, efectul fiind unul moderat. Aceeași situație este și cu itemul „Procesele de gândire și raționare sunt mai importante decât conținuturile din programa școlară”; la momentul *inițial* mediana este 3, ca și la momentul *final*, 3, dar cu diferențe statistic semnificative între mediile rangurilor⁴⁷, efectul fiind moderat.

Așadar, în urma programului „Fizica altfel”, cadrele didactice au declarat într-o mai mare măsură că le place și că este important pentru ele să predea fizică, fiind observată și creșterea entuziasmului în ceea ce privește predarea acestei materii. Totodată, a crescut încrederea cadrelor didactice în legătură cu capacitatea lor de a facilita discuții cu întreaga clasă sau cu grupuri de elevi care lucrează în echipe. Nu în ultimul rând, cadrele didactice au perceput într-o mai mare măsură că elevii au început să învețe mai bine atunci când au găsit soluții pe cont propriu la probleme.

Tabel 4. Itemii pentru care mediana a trecut de la 3 (la momentul inițial) la 4 (la momentul final)

Nr. ordine item	Enunț item
1	Îmi place să predau fizica
2	Să predau fizica este important pentru mine
4	La majoritatea orelor de fizică, predau cu entuziasm
8	Am încredere că pot să facilitez și să conduc discuții cu întreaga clasă, respectiv cu grupuri mai mici de elevi atunci când ei lucrează în echipe
9	Rolul meu ca profesor este să facilitez propriile investigații ale elevilor
11	Elevii învață cel mai bine atunci când găsesc pe cont propriu soluții la probleme

⁴⁵ Wilcoxon=336, $p=0.00$, $es=0.53$

⁴⁶ Wilcoxon=250.50, $p=0.04$, $es=0.33$

⁴⁷ Wilcoxon=243, $p=0.02$, $es=0.37$

Concluzii

Obiectivul analizei de față a fost acela de a evalua impactul pe care programul „Fizica altfel”, implementat de Centrul de Evaluare și Analize Educaționale, îl are asupra competențelor didactice ale profesorilor și asupra rezultatelor elevilor lor de nivel gimnazial din România. Aproximativ 2800 de cadre didactice de la nivel gimnazial și liceal au participat în ultimii 10 ani la cursuri de formare ale CEAE pe tema procesului de predare-învățare a fizicii prin investigație. Utilizarea la clasă a învățării prin investigație plasează elevii în centrul procesului educațional, aceștia fiind încurajați să formuleze întrebări care ghidează investigații științifice pe care să le deruleze în mod sistematic pe bază de analize și dovezi empirice, cu facilitarea procesului de către cadre didactice. În general, învățarea prin investigație crește interesul elevilor pentru știință, stimulează motivația profesorilor și elevilor, îi face pe ultimii să participe activ la ore și pune mai mult accentul pe cooperare decât pe competiție între elevi. Pentru a analiza impactul programului asupra competențelor elevilor și cadrelor didactice, studiul de impact a propus un design cvasi-experimental cu grup experimental (cei care au urmat programul de formare „Fizica altfel” și au participat la mecanismul de sprijin) și un grup de control.

*În privința rezultatelor elevilor la cele două teste care măsoară competențele specifice din programa școlară pentru gimnaziu, a existat un progres semnificativ în cazul celor care au făcut parte din grupul experimental, comparativ cu grupul de control format din elevi ai căror profesori nu au experiență în învățarea prin investigație. Așadar, **rezultatele elevilor** ai căror profesori au urmat programul „Fizica altfel” s-au îmbunătățit semnificativ între momentul inițial și cel final, comparativ cu cele ale elevilor din grupul de control ai căror profesori nu au experiență în învățarea prin investigație. Un progres similar a existat la elevii cadrelor didactice cu experiență anterioară lui 2021 în învățarea prin investigație, și ei îmbunătățindu-și semnificativ rezultatele de la testul inițial și cel final, prin comparație cu elevii din grupul de control ai căror profesori nu au experiență în învățarea prin investigație.*

La testul inițial, elevii din grupul experimental au obținut rezultate semnificativ mai slabe decât elevii din grupul de control ai căror profesori nu aveau experiență în predarea prin investigație (media primilor a fost 3.00, pe când media celor din celălalt grup a fost de 3,69 puncte). În școlile unde învățau elevii din grupul experimental s-au obținut însă rezultate mai slabe la proba de matematică a Evaluării Naționale⁴⁸. La testul final, elevii din grupul experimental au recuperat însă diferența pe care o aveau față de celălalt grup la testul inițial (diferența a scăzut de la 0,69 la 0,11 puncte); a se vedea figura 2 de la pagina 15.

În concluzie, se poate spune că programul „Fizica altfel” poate produce îmbunătățiri în privința competențelor specifice la fizică ale elevilor prin dezvoltarea abilităților investigative ale acestora, mai ales în situațiile în care cadrele didactice care urmează un astfel de program nu au deja experiență în învățarea prin investigație. Așadar, derularea unui astfel de program este dezirabilă în toate școlile ai

⁴⁸ Media la proba matematică de la Evaluarea Națională din 2021 în școlile de unde provin elevii din *grupul experimental* a fost de 6,08, iar în școlile celor din grupul de control, care aveau profesori fără experiență în învățarea prin investigație, această medie a fost de 7,06.

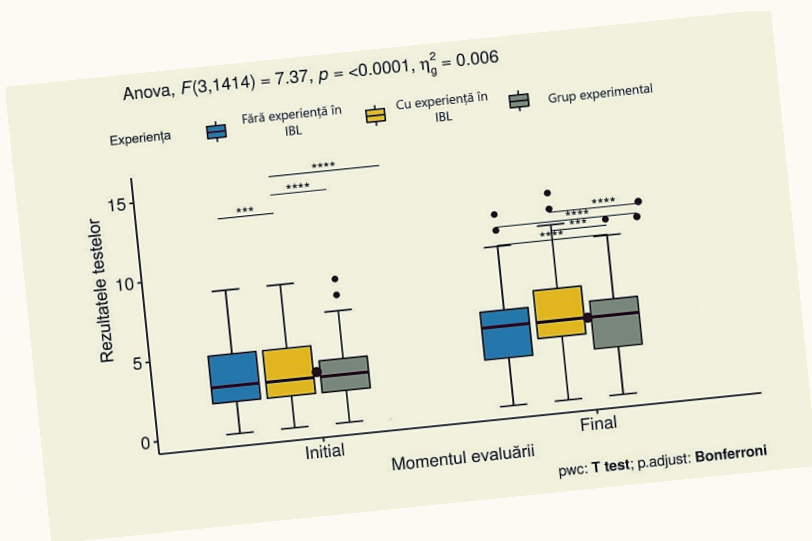
căror profesori de fizică nu au experiență în învățarea prin investigație.

În ceea ce privește **impactul** utilizării la clasă a învățării prin investigație **asupra atitudinilor elevilor**, există un efect al experienței cadrelor didactice (indiferent că a fost dobândită în timpul derulării studiului de impact sau că aveau deja experiență anterioară în învățarea prin investigație) asupra activării cognitive și interesului față de fizică și un efect nesemnificativ asupra suportului cognitiv. Utilizarea la clasă a învățării prin investigație crește interesul elevilor pentru fizică, elevii apreciind că le place fizica (inclusiv că este una dintre materiile preferate la care învață lucruri interesante) și le place să realizeze experimente. Totodată, învățarea prin investigație are un impact asupra activării cognitive în sensul în care elevii percep faptul că profesorii lor îi stimulează și îi provoacă să utilizeze metode și tehnici care duc la o mai bună înțelegere a fizicii.

*S-a făcut comparația între rezultatele cadrelor didactice din grupul experimental și cele ale grupului de control inițial la **testul docimologic PCK**, destinat evaluării competenței cadrelor didactice în predarea-învățarea prin investigație. Comparația s-a realizat doar în ceea ce privește rezultatele la testarea inițială, acestea fiind relativ similare. În cazul grupului experimental, a fost realizată comparația între momentul inițial al testării și momentul final, rezultatele la evaluarea finală (media a fost de 30.59 puncte) fiind semnificativ mai bune în comparație cu cele la evaluarea inițială (media a fost de 25,93 puncte). Se poate concluziona că există o probabilitate ridicată ca programul de formare „Fizica altfel” și mecanismul de sprijin aferent⁴⁹ să aibă un impact important asupra îmbunătățirii competențelor de utilizare la clasă a învățării prin investigație.*

În ceea ce privește **auto-evaluarea de către profesorii participanți** la programul „Fizica altfel” a **propriilor competențe** privind procesul de predare-învățare a fizicii prin investigație, au putut fi sesizate diferențe între testarea inițială și cea finală, cadrele didactice descriind că resimt într-o mai mare măsură aspecte precum plăcerea, entuziasmul și importanța predării fizicii după ce au urmat programul. De asemenea, acestea au declarat că au mai multă încredere în abilitățile proprii de a facilita și conduce discuții cu elevii din clasă și de a sprijini investigațiile elevilor.

⁴⁹ Chiar dacă acesta a avut o durată mai scurtă și s-a derulat în formatul ajustat, care este mai simplu.



CEAE
CENTRUL DE EVALUARE ȘI
ANALIZE EDUCAȚIONALE