

ANALYSIS OF GOOD EDUCATIONAL PRACTICES IN STEM PROJECT-BASED LEARNING IN TECHNOLOGY AND ENTREPRENEURSHIP IN PRIMARY EDUCATION WITHIN A DIDACTIC EXPERIMENT

Deniz Hadzhieva

Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Bulgaria, deniz.hadjieva@gmail.com

Abstract: This report presents an analysis of good educational practices in STEM project-based learning in Technology and Entrepreneurship in primary education, implemented within the didactic experiment “Learn and Play” involving 236 third-grade students from six schools across the country. The projects were carried out using a variety of materials and technologies traditional didactic tools, as well as the LEGO educational sets BricQ Motion Essential and LEGO SPIKE Essential which enabled systematic observation of how different forms of practical, engineering, and technological activity support the development of key student competencies. Empirical data collected through classroom observations and student reflections indicate that five clearly defined good practices Upcycling and engineering with accessible materials, Visual communication and media presentation, Environmental education and sustainable solutions, Mini-economy, and Design thinking have a positive impact on four key indicators: independence, teamwork effectiveness, learning motivation, and self-assessment/self-efficacy. The results reveal high levels of student engagement and activity during project work, as well as positive dynamics across all examined aspects. The findings further show that integrated project activities facilitate the understanding of complex concepts through hands-on exploration, experimentation, and the creation of real products. The report outlines the potential of STEM project-based learning in Technology and Entrepreneurship as a sustainable pedagogical framework for the primary stage and offers practical guidelines for the broader application of the identified good practices in educational practice.

Keywords: good practices, STEM project-based learning, technology and entrepreneurship, student motivation, LEGO educational sets.

АНАЛИЗ НА ДОБРИ ОБРАЗОВАТЕЛНИ ПРАКТИКИ В STEM ПРОЕКТНОТО ОБУЧЕНИЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ И ПРЕДПРИЕМАЧЕСТВО В НАЧАЛНИТЕ КЛАСОВЕ В КОНТЕКСТА НА ДИДАКТИЧЕСКИ ЕКСПЕРИМЕНТ

Дениз Хаджиева

Софийски университет „Свети Климент Охридски“, България, deniz.hadjieva@gmail.com

Резюме: Настоящият доклад представя анализ на добри образователни практики в STEM проектното обучение по технологии и предприемачество в началните класове, реализирани в рамките на дидактическия експеримент „Уча и играя“ с участието на 236 третокласници от шест училища в страната. Проектите са изпълнени чрез разнообразни материали и технологии - традиционни дидактически средства, LEGO образователните комплекти BricQ Motion Essential и LEGO SPIKE Essential, което позволява системно проследяване на влиянието на различни форми на практическа, инженерна и технологична дейност върху развитието на ключови умения. Емпиричните данни, събрани чрез наблюдение на учебния процес и ученически рефлексии, показват, че пет ясно дефинирани добри практики: Upcycling и инженерство с достъпни материали, Визуална комуникация и медийно представяне, Екологично образование и устойчиви решения, Мини икономика и Дизайн мислене имат положително въздействие върху четири ключови показатели: самостоятелност, ефективност на работата в екип, мотивация за учене и самооценка/Аз-ефективност. Резултатите от анализа разкриват висока ангажираност и активност на учениците при работа по проектите, както и положителна динамика във всички изследвани аспекти. Наблюденията показват, че интегрираните проектни дейности улесняват разбирането на сложни концепции чрез действие, експериментиране и създаване на реални продукти. Докладът очертава потенциала на STEM проектното обучение по технологии и предприемачество като устойчива педагогическа рамка за началния етап и предлага практически насоки за по-широкото прилагане на идентифицираните добри практики в образователната дейност.

Ключови думи: добри практики, STEM проектно обучение, технологии и предприемачество, мотивация на учениците, LEGO образователни комплекти.

1. УВОД

STEM обучението, структурирано чрез проектно-базирани дейности, осигурява цялостна педагогическа рамка, която развива изследователско мислене, креативност, сътрудничество и умения за решаване на реални проблеми. В контекста на съвременното училищно обучение, в което технологиите, инженерното мислене и екологичната отговорност заемат все по-значими позиции, учениците следва да бъдат включвани в дейности, изискващи активно участие, изследване и създаване на решения. Тази необходимост се потвърждава от National Research Council (2012), според които прякото ангажиране в практиките на науката и инженерството дава на учениците „ценен опит в това как да прилагат критическо мислене, как да формулират въпроси и как да дефинират проблеми, които са пряко свързани с реалния свят“. По този начин процесът на системна рефлексия върху натрупания опит превръща теоретичните знания в устойчиви компетентности за бъдещето и подчертава значението на интегрирани, практически ориентирани учебни практики, насочени към развитието на ключови компетентности на 21. век. В рамките на дидактическия експеримент „Уча и играя“, проведен с 236 ученици от трети клас в шест общински училища, бяха реализирани десет STEM проекта: „Планетата Земя“, „Да опазим пчелите“, „Рекламен продукт“, „Дрон“, „Ветроходен автомобил“, „Ходещият по въже“, „Наказателен удар“, „Щангист“, „Чудовищна машина за отпадъци“ и „Щанд за храна“. Експериментът е структуриран като последователност от десет тематични проектни уроци, изпълнени чрез различни материали и технологии: четири проекта използват традиционни дидактически ресурси (хартия, картон, пластилин), четири - образователните комплекти LEGO BricQ Motion Essential без програмиране, а два - LEGO SPIKE Essential, включващи елементи на програмиране и автоматизация. Тази целенасочена диференциация на материалите и технологичните средства позволява системно проследяване на това как различните форми на практическа, инженерна и технологична дейност подпомагат развитието на научно, екологично и предприемаческо мислене в началния етап на обучение. В теоретичен аспект STEM обучението интегрира научни, технологични, инженерни и математически компоненти в единна концептуална рамка, която насърчава изследователски подход, експериментиране и практическо приложение на знанията. Това съответства на съвременни изследвания, които показват, че качествените обяснения в интегрираното STEM обучение подпомагат разбирането на сложни концепции чрез яснота, аргументация и връзка с реални ситуации (Baptista, Jacinto & Martins, 2023). Този подход се подкрепя и от съвременни емпирични изследвания, които подчертават, че успешната STEM интеграция в началното училище зависи от координиран instructional design и автентични междупредметни задачи (Wan et al., 2023). Изследванията в областта показват, че STEM подходът е най-ефективен, когато учениците участват в автентични ситуации, изискващи изследване, моделиране и създаване на решения в реални контексти (Bybee, 2013; Honey, Pearson & Schweingruber, 2014). Проектно-базираното обучение допълва тази рамка чрез задачи, изискващи планиране, сътрудничество, създаване на продукт и рефлексия, като по този начин осигурява условия за активно конструиране на знания. В началния етап този подход подпомага развитието на ключови компетентности и прави ученето смислено, мотивиращо и ситуирано в автентични, практически ориентирани условия. Мета-анализът на Zhang и Ma (2023) показва, че проектно-базираното обучение оказва умерено силен положителен ефект върху учебните резултати, като авторите обясняват този ефект чрез активното участие на учениците, сътрудничеството, саморегулацията и практическото приложение на знанията в реални контексти. Анализът на събраните емпирични данни от наблюдения и ученическото осмисляне на опита от дидактическия експеримент позволява да бъдат идентифицирани пет устойчиви добри практики, проявяващи се в различна степен във всички проекти и приложими в широк контекст на началното STEM обучение.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

Upcycling и инженерство с достъпни материали - тази добра практика се проявява най-ясно в проектите „Планетата Земя“ и „Да опазим пчелите“, които използват хартия, картон и материали втора употреба. В „Планетата Земя“ учениците създават моливник от ролки, като прилагат действия като измерване, съгване, лепене и оценка на стабилността на конструкцията. Те изследват как разположението на тежестите влияе върху устойчивостта, което развива начални инженерни умения. В „Да опазим пчелите“ учениците проследяват пътя на меда, изследват ролята на опрашването и създават 3D картичка, като комбинират материали и развиват фината моторика. И в двата урока се акцентира върху екологичното мислене и осъзнаването на човешката отговорност към природата. Upcycling подходът подпомага разбирането на устойчивостта, като същевременно развива умения за планиране, оптимизация и конструиране.

Визуална комуникация и медийно представяне - тази добра практика е характерна за проекта „Рекламен продукт“, в който учениците създават рекламно табло и кратък видеоклип, представящ България като туристическа дестинация. Те се запознават с понятието „търговска марка“, с видовете реклама и с ролята на

визуалната комуникация. Създаването на мултимедийни истории подпомага интеграцията между езикова грамотност, технологии и предприемачество. Учениците се учат да подбират изображения, да структурират информация и да аргументират своите решения. Този процес развива умения за комуникация, креативност и работа в екип, като същевременно насърчава увереността при публични представяния.

Екологично образование и устойчиви решения - тази добра практика обединява проектите „Да опазим пчелите“ и „Чудовищна машина за отпадъци“, които развиват у учениците екологично съзнание, отговорно поведение и умения за създаване на решения, подпомагащи опазването на природата. В „Да опазим пчелите“ учениците изследват ролята на пчелите като ключови опрашители, проследяват пътя на меда и се запознават с професията на пчеларя като устойчива дейност, която подпомага биоразнообразието. Чрез създаването на 3D картичка и описването на професията те развиват емоционална връзка с темата и осъзнават значението на опазването на пчелните популации за екосистемите. В „Чудовищна машина за отпадъци“ учениците използват LEGO SPIKE Essential, за да създадат автоматизирана машина, която разпознава различни цветове и реагира чрез компютърна програма. Този проект насочва вниманието към разделното събиране на отпадъци и възможностите за технологични решения, които подпомагат устойчивото управление на ресурсите. Учениците моделират процеси, свързани с рециклирането, и изследват как промяната на параметри влияе върху поведението на машината. Така те развиват системно мислене, умения за програмиране и разбиране на екологични проблеми, като съчетават природни науки, технологии и инженерство в единна STEAM среда.

Мини икономика - тази добра практика се проявява в проекта „Щанд за храна“, който използва LEGO SPIKE Essential и програмиране. Учениците моделират автоматизиран щанд, който разпознава цветови сигнали и сервира храна. В хода на работата те се запознават с професиите в хранителната промишленост, с последователността на дейностите на един реален щанд и с възможностите за автоматизация. Проектът развива икономическо мислене, тъй като учениците разбират процесите на обслужване, управление на ресурси и организация на работното място. Програмирането подпомага логическото мислене и уменията за създаване на алгоритми, а ролевият елемент - социалните и комуникационните умения.

Дизайн мислене - тази добра практика се проявява в проектите „Дрон“, „Ветроходен автомобил“, „Ходещият по въже“, „Наказателен удар“ и „Щангист“. В проекта „Дрон“ се използва техническа рисунка и пластилин, като учениците създават модел, описват неговото предназначение и изследват принципите на летене. „Ветроходен автомобил“ използва LEGO BricQ Motion Essential и развива разбирането за сила на вятъра, форма на платното и движение. „Ходещият по въже“ също използва LEGO BricQ и развива умения за анализ на баланс, стабилност и здравина на конструкцията. „Наказателен удар“ въвежда концепцията за катапулт, чрез който учениците изследват сила, траектория и променливи. Проектът „Щангист“ развива разбирането за макарата като прост механизъм и подпомага анализа на пренасяне на сила. Всички тези проекти следват инженерно-дизайнерския цикъл: наблюдение, идея, прототип, тест и подобрене. **Този цикъл отговаря на модела Learning by Design™, описан от Kolodner et al. (2003), който подчертава значението на прототипирането, тестването и рефлексията за развитието на инженерно мислене в учениците. В процеса на работа те експериментират, сравняват резултати и оптимизират решенията си, което развива аналитично мислене, креативност и умения за решаване на проблеми.**

Анализът на добрите практики показва, че STEM проектно-базираното обучение в началните класове създава условия за висока ангажираност, развива ключови умения и подпомага интеграцията на знания от различни учебни области. Учениците работят активно, експериментират, създават продукти и моделират реални ситуации, което прави ученето смислено и мотивиращо. Наблюденията разкриват трансформация в динамиката на учебния процес: ролята на учителя постепенно се измества от пряк източник на знание към фасилитатор, който подпомага процесите на изследване, планиране и сътрудничество. Този извод е в съответствие с Hmelo-Silver, Duncan и Chinn (2007), които подчертават, че ефективното проблемно-базирано обучение изисква именно такъв тип фасилитиране, което подпомага самостоятелното конструиране на знания и развитието на по-дълбоко разбиране. Това съответства на твърдението на Витанов (2010), че „интерактивното обучение предполага създаване на условия, в които учениците сами изграждат знания чрез активно участие, сътрудничество и обмен на идеи“. Тази промяна създава условия за по-голяма самостоятелност, инициативност и отговорност от страна на учениците. Установената съгласуваност между поведението на учениците и ефективността на приложените добри практики потвърждава потенциала на STEM-PBL подхода за устойчиво внедряване в началното образование.

Фиг. 1. Средни стойности по индикатори за десетте STEM проекта

Проект	Самостоятелна работа	Работа в екип	Мотивация за учене	Самооценка и Аз ефективност
1. Планетата Земя	2.60	-	2.65	2.75
2. Да опазим пчелите	2.70	-	2.85	2.85
3. Рекламен продукт	-	2.45	2.75	2.90
4. Дрон	2.55	-	2.85	2.88
5. Ветроходен автомобил	-	2.60	2.90	2.85
6. Ходещият по въже	-	2.55	2.75	2.78
7. Наказателен удар	-	2.50	2.80	2.85
8. Щангист	-	2.55	2.70	2.78
9. Чудовищна машина за отпадъци	-	2.75	2.95	2.95
10. Щанд за храна	-	2.65	2.90	2.93

Източник: изследване от автора

Академичен анализ на резултатите от наблюдение на обучението

Анализът на данните от наблюденията, проведени в рамките на десетте STEM проекта, очертава отчетливи тенденции в развитието на учениците по четирите ключови критерия: самостоятелност (в индивидуалните проекти 1, 2 и 4), ефективност на работата в екип (в груповите проекти 3, 5–10), мотивация за учене и самооценка/Аз ефективност. Получените стойности показват устойчиво повишаване на ангажираността, увереността и уменията за саморегулация, което отразява кумулативния ефект на STEM проектното обучение и съответства на петте добри практики, идентифицирани в изследването.

Самостоятелна работа

В индивидуалните проекти най-високи стойности по самостоятелност се наблюдават при „Да опазим пчелите“ (2.70) и „Планетата Земя“ (2.60). Тези задачи изискват избор, планиране и решаване на реални проблеми, което е в съответствие с добрата практика Upcycling и инженерство с достъпни материали, развиваща умения за конструиране, оптимизация и устойчиво мислене.

Ефективност на работата в екип

В груповите проекти аналогичният показател се проявява като ефективност на екипната работа. Най-високи стойности се регистрират в „Чудовищна машина за отпадъци“ (2.75), „Щанд за храна“ (2.65) и „Ветроходен автомобил“ (2.60). Учениците координират действията си, разпределят роли и вземат решения съвместно. Проучване на Shofiyah, Wulandari, Mauliana и Pambayun (2022) подчертава, че работата в екип е ключов компонент на STEM проектно-базираното обучение, тъй като успешното изпълнение на комплексни задачи изисква от учениците да комуникират ефективно, да координират ролите си и да сътрудничат при вземането на решения и реализирането на общия продукт.

Мотивация за учене

По показателя мотивация се открояват проектите, които съчетават екологични теми и технологични решения. „Да опазим пчелите“, „Дрон“, „Ветроходен автомобил“, „Щанд за храна“ и особено „Чудовищна машина за отпадъци“ (2.95 - най-висока стойност) поддържат висока активност и интерес. Мета-анализът на Wijnia, Noordzij, Arends, Rikers и Loyens (2024) показва, че проектно-базираното обучение има осезаем положителен ефект върху ученическата мотивация, съпоставим или по-висок от този при проблемно-базираното и казусно-базираното обучение.

Самооценка и Аз ефективност

По показателя самооценка/Аз ефективност най-високи стойности се наблюдават в „Чудовищна машина за отпадъци“ (2.95), „Щанд за храна“ (2.93), „Рекламен продукт“ (2.90) и „Дрон“ (2.88). Всеки от тези проекти проявява различна добра практика, което обяснява високите резултати:

- „Рекламен продукт“ развива умения за визуална комуникация и медийно представяне.
- „Дрон“ следва принципите на дизайн мисленето.

- „Чудовищна машина за отпадъци“ комбинира екологично образование с технологични решения.
- „Щанд за храна“ интегрира елементи на мини икономика и програмиране.

Общото между тях е, че предоставят възможности за творчество, създаване на оригинални решения и видим краен продукт, което повишава увереността и самооценката на учениците.

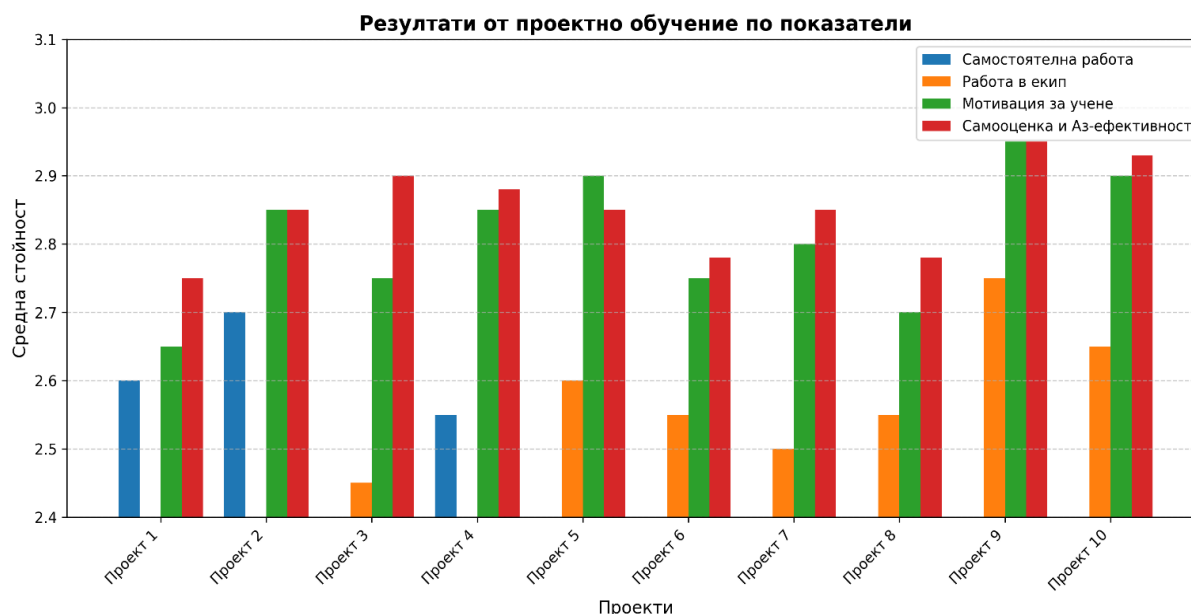
Проекти с програмиране

Проектите, включващи програмиране с LEGO SPIKE Essential - „Чудовищна машина за отпадъци“ и „Щанд за храна“ показват най-високи резултати едновременно по мотивация, екипна работа и самооценка.

Обобщение

STEM проектното обучение в началния етап води до значимо повишаване на ангажираността, самостоятелността, продуктивната работа в екип и самооценката на учениците. Екологичните и технологичните проекти стимулират активното участие, задачите с проблемен характер развиват критично мислене, а творческите и визуално ориентирани дейности подпомагат увереността и чувството за успех. Проектите с програмиране се открояват като най-ефективни по всички показатели, което подчертава значението на технологичния и инженерния компонент в началното STEM обучение. Петте добри практики - Upcycling и инженерство с достъпни материали, Визуална комуникация и медийно представяне, Екологично образование и устойчиви решения, Мини икономика и Дизайн мислене показват, че интегрираното STEM обучение създава смислена, мотивираща и развиваща среда, в която учениците учат чрез справяне с реални проблеми, сътрудничество и намиране на технологични решения.

Фиг. 2. Резултати от проектното обучение по показатели



Източник: изследване от автора

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният анализ на добри образователни практики в STEM проектното обучение по технологии и предприемачество в началните класове показва, че този тип интегрирано обучение създава цялостен и смислен учебен контекст, в който учениците разпознават пряката връзка между усвояваните знания и реалните житейски ситуации. Наблюденията от дидактическия експеримент разкриват, че именно в условия на автентични, интердисциплинарни задачи се проявяват най-високи нива на ангажираност, креативност и самостоятелност. Това напълно съответства на позицията на **Barron & Darling-Hammond (2008)**, според които „учениците развиват по-дълбоко разбиране, когато участват в решаването на реални проблеми чрез сътрудничество, изследване и създаване на продукти“. Наблюденията показват, че интегрираните проектни дейности улесняват разбирането на по-сложни концепции, тъй като учениците ги преживяват чрез действие, експериментиране и създаване на реални ситуации, а не чрез абстрактно обяснение. В този смисъл интеграцията не представлява просто методическа стратегия, а се утвърждава като водеща добра практика,

която превръща STEM проектите в достъпни, мотивиращи и развиващи за учениците от началния етап. Това е в съзвучие с твърдението на Becker & Park (2011), че интегрираният STEM подход „повишава постиженията и ангажираността, когато учениците работят в контексти, които свързват науката, технологиите, инженерството и математиката в смислени задачи“. Резултатите ясно показват, че петте идентифицирани добри практики - Upsycling и инженерство с достъпни материали, Визуална комуникация и медийно представяне, Екологично образование и устойчиви решения, Мини икономика и Дизайн мислене функционират като ключови механизми за постигане на висока ангажираност, устойчив интерес и развитие на ключови компетентности. Всяка от тях допринася за изграждането на специфични умения: инженерно мислене чрез работа с достъпни материали, комуникационни и медийни умения чрез визуални продукти, екологично съзнание чрез устойчиви решения, икономическо мислене чрез моделиране на реални процеси и аналитично-дизайнерско мислене чрез прототипиране и оптимизация. Интегрираното STEM обучение се очертава като основа за ефективни добри практики, тъй като органично свързва съдържание от различни учебни области в единна проектна рамка. Вместо да усвояват отделни понятия по технологии, математика или предприемачество, учениците работят по задачи, които изискват едновременно конструиране, изчисляване, планиране, презентиране и рефлексия. Тази интеграция не се реализира чрез механично съчетаване на предмети, а чрез автентични ситуации, в които всяка учебна област има естествена и функционална роля, постолат който стои в основата на всички пет добри практики. Това съответства на конструктивистките принципи, според които ученето е активен, контекстуален и социален процес, при който учениците конструират смисъл чрез действие, взаимодействие и надграждане върху предишни знания (Цанев, 2020). Допълнително, Мирчева (2020) подчертава, че в контекста на STEM обучението ученикът заема позицията на активен субект, който конструира знания чрез изследване и решаване на практически задачи. Според нея интегрирането на отделните дисциплини чрез проектни дейности стимулира не само когнитивното развитие, но и способността на учениците да осмислят връзката между науката и ежедневието. В обобщение, изследването доказва, че интегрираното STEM проектно обучение, реализирано чрез пет ясно дефинирани добри практики, създава устойчива, мотивираща и развиваща среда за учениците от началния етап и представлява надеждна основа за бъдещо системно внедряване в образователната дейност.

ЛИТЕРАТУРА

- Baptista, M., Jacinto, H., & Martins, I. (2023). What is a good explanation in integrated STEM education? *International Journal of Science Education*, 55, 1255-1268.
- Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). *Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning*. George Lucas Educational Foundation.
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5-6), 23-37.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association Press.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting Learning by Design™ into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495-547.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Shofiyah, N., Wulandari, F. E., Mauliana, M. I., & Pambayun, P. P. (2022). Teamwork skills assessment for STEM project-based learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(3), 1425-1432.
- Wan, Z. H., English, L., So, W. W. M., & Skilling, K. (2023). STEM integration in primary schools: Theory, implementation and impact. *International Journal of STEM Education*, 21, 1-9.
- Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M. J. P., & Loyens, S. M. M. (2024). The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 36, Article 29.
- Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14, 1202728. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>
- Витанов, Л. (2010). *Интерактивни методи в обучението*. Булвест 2000.

Мирчева, И. (2020). STEM / STEAM обучение в училище. Клет България (Булвест 2000).

Цанев, Н. (2020). Конструктивистки дизайн в обучението по технологии и предприемачество в началното училище. В Сборник доклади от Научно-практическата конференция, посветена на 80-годишнината от рождението на проф. д-р Георги Бижков (стр. 631-639).