



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

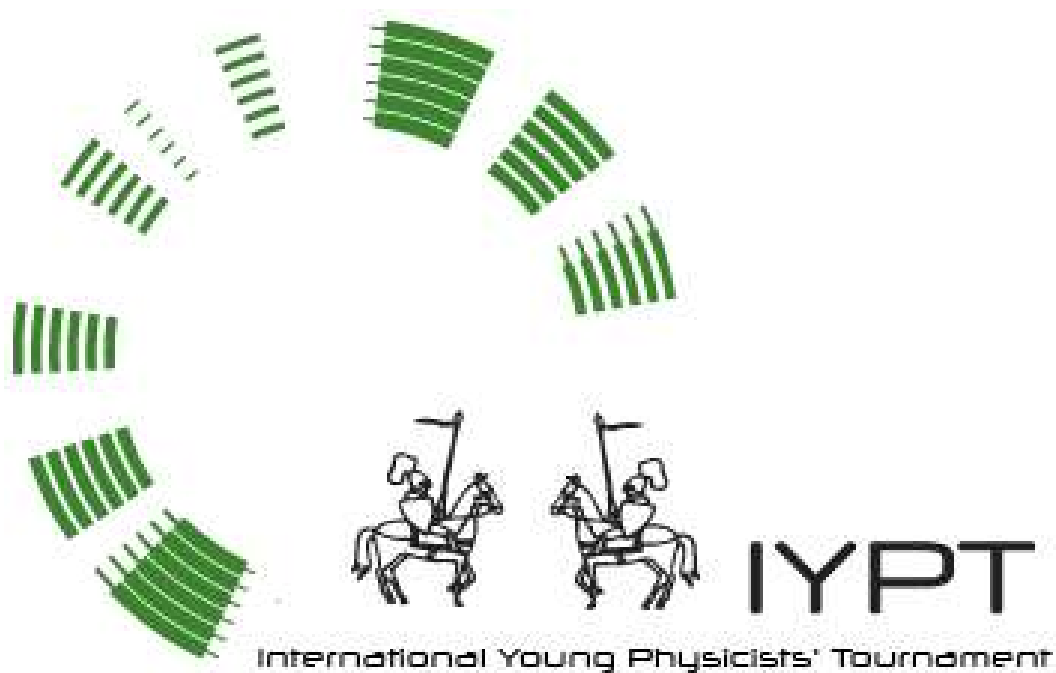
*DEVELOPMENT OF INQUIRY-BASED  
LEARNING VIA IYPT*



# Természettudományos kompetenciafejlesztés az IYPT-n keresztül

---

**Az IYPT típusú versenyek hogyan fejlesztik a szakmai  
képességeket?**



The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

*DEVELOPMENT OF INQUIRY-BASED  
LEARNING VIA IYPT*



**Cím:** Természettudományos készségfejlesztés az IYPT-n keresztül

**Alcím:** Az IYPT típusú versenyek hogyan fejlesztik a szakmai készségeket?

**Szerzők:** Sergej Faletič, Boyka Aneva, Mihály Hömöstrei, Péter Jenei, Izsa Éva, František Kundracik, Assen Kyuldjiev, Thomas Lindner, Hynek Němec, Martin Plesch, Harald Pühr

**Kiadó:** Eötvös Loránd Tudományegyetem

**URL:** <http://dibali.sav.sk/wp-content/uploads/2022/05/IO3.pdf> (Angol verzió)

**ISBN:** 978-963-489-460-5

**Dátum:** April 12, 2022

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



## Tartalomjegyzék

A projekt bemutatása.....	5
Segédlet a sikeres kompetenciafejlesztéshez nyílt végű projektfeladatok által.....	6
I. A YPT-részvétel szerepe a szakmai kompetenciák fejlesztésében.....	6
II. Kutatásalapú tanulás és egyéb nem-YPT-típusú szakköri tevékenységek .....	7
III. Az eredményesség megítélése meglévő szakmai kompetenciák függvényében .....	9
IV. A YPT részvétel a fizikaóráktól függetlenül is előnyös.....	11
V. A YPT-ben való korábbi részvétel a YPT pozitív megítéléséhez vezet.....	12
VI. Számítanak az országok közötti különbségek.....	13
VII. A tanárok pozitívan viszonyulnak a YPT részvételéhez.....	16
VIII. Diákok és tanárok a YPT hatását máshogy látják, de a trendek megegyeznek. ....	17
1. Supplement: Students' Assessment of Hard-Skill Development .....	22
1.1 Participants .....	22
1.2. Detailed Data Analysis and Comparison of Hard Skills between RPC, YPT and Non-YPT.....	23
1.2.1 Basic Statistics of Students.....	23
1.2.2 Data with Correlations of Students for Self-evaluation, RPC, YPT and Non-YPT .....	25
1.2.3 Differences in usefulness of RPC, YPT and other activities for Hard Skills .....	27
1.3 Impact of years to final exam on usefulness of RPC, YPT and other activities.....	29
1.4 Impact of physics classes on usefulness of RPC, YPT and other activities .....	31
1.5 Impact of participation in YPT on usefulness of RPC, YPT and other activities .....	34
1.6 Impact of participation in Non-YPT competitions on usefulness of RPC, YPT and other activities .....	37
1.7 Country differences .....	40
1.7.1 Across-country differences.....	40
1.7.2 Within-country differences.....	41
2. Supplement: Teachers' Assessment of Hard-Skill Development.....	55
2.1 Data characteristics.....	55
2.2 Results of Teachers Survey .....	55
2.2.1 Regular physics classroom: RPC results .....	56
2.2.2. YPT results .....	58
2.2.3 Non-YPT results.....	60
2.2.5 Teachers Paired T-Test on Hard Skill (YPT vs. Non-YPT, without CZ).....	62
2.2.6 Teachers Paired T-Test on Hard Skills (RPC vs. Non-YPT, without CZ) .....	63
2.2.7 Summary of the Results by Teachers in Hard Skills .....	64
2.3 Effect of the Country on Hard Skills.....	65



3. Supplement: Comparison between Students’ and Teachers’ scores..... 69

    3.1 Hard Skills Results of the n = 77 Students of the Comparison with Teachers..... 69

    3.2 Hard Skills in RPC and YPT: Students (n = 77) vs. Teachers (n = 32) (both on 1-10 scale). .... 70

4. Supplement: Teachers’ Assessment of Hard-Skill Development..... 74

    4.1 Research question..... 74

    4.2 Hypotheses ..... 74

    4.3 Methods ..... 74

    4.4 Conclusions ..... 75

    4.5 Limitation and future research..... 76

    4.6. APPENDIX ..... 81



# A kutatásalapú tanulás az IYPT versenyen és a szakmai készségek fejlesztése

IO3 Dibali: 2019-1-SK01-KA201-060798

## BESZÁMOLÓ

### A projekt bemutatása

A világ mintegy 35 országa rendszeresen nevez diákokat az IYPT-re (International Young Physicists' Tournament = Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenye), amely egy több hónapra átívelő, elmélyült kutatómunkán alapuló fizikaverseny. Az IYPT igazán különlegesnek mondható a fizikaversenyek palettáján. Nem a mennyiségi tudást méri, hanem elhivatott, tanulni és fejlődni kész középiskolás – 16. életévüket betöltött – diákokat keres, akik a versenyt megelőző aktív kutatási folyamatuk eredményeként minőségi és alkalmazható tudásra tesznek szert, amelyet a zsűri, valamint a versenytársak előtt prezentálnak, megvédnek, tudományos módon megvitatnak, mindezt pedig angol nyelven, egy csapat tagjaként. A továbbiakban az IYPT módszertanán alapuló versenyekre YPT-jellegű versenyekként hivatkozunk, amelyen elsősorban az egyes országok selejtezőit értjük, valamint így utalunk a nemzetközi fordulóra (IYPT) is. Projektünkben azt vizsgáltuk, hogy a YPT felkészülés és részvétel milyen hatással van a tanulók szakmai készségeire, összehasonlítva a nem-YPT-típusú versenyekkel, valamint a hagyományos fizikaoktatással (melyet továbbiakban RPC-vel rövidítünk, az angol regular physics classes elnevezés után).

A tanulmányunkban bemutatjuk, hogy a kutatáson alapuló tanulás hogyan járul hozzá a középiskolás diákok tudományos készségeinek fejlesztéséhez. A kérdés vizsgálata érdekében két kutatási tevékenységet végeztünk. Először azt vizsgáltuk, hogy a tanulók véleménye szerint milyen szerepet töltött be a YPT részvételük a szakmai készségeik fejlesztésében. Vizsgáltuk továbbá azt, hogy a felkészítő tanárok miként vélekednek a YPT-ről, hogyan látják a versenyen/felkészítésben való részvétel kompetenciafejlődésre gyakorolt hatását. Vizsgálatunkban következtetünk a kutatásalapú oktatási módszerek és a szakmai kompetenciák fejlődése közötti kapcsolatra, valamint arra, hogy bizonyos kompetenciák megléte hogyan befolyásolja a diákok kutatási tevékenységben való teljesítményét. Kutatásunk során 308 tanulói és 33 tanári választ elemeztünk. Elemzésünk részletes eredményeit összegezve 8 megállapítást teszünk, amelyek iránymutató javaslatként értelmezendők. Ezen javaslatok - melyek részletes háttérét a mellékletben közlünk - célja a tanulók készségfejlesztésének támogatása. A kiegészítő anyagok négy részből állnak. Az első rész a diákok körében végzett felmérés eredményeit mutatja be: készségfejlesztés a hagyományos fizikaórákon, a YPT-jellegű problémák kivitelezése során, illetve a nem-YPT-típusú tevékenységek által. A második részben a tanárok körében végzett kutatás eredményeit közöljük: miként vélekednek a felkészítők a fent leírt három különböző tevékenység típus kompetenciafejlesztő szerepéről? A harmadik rész a tanulók és a tanárok válaszainak részletes összehasonlítását mutatja be. A negyedik részben az elemzés két fontos tézise és a levont következtetés olvasható. Beszámolóinkban több helyen hivatkozunk a mellékletben szereplő gondolatokra.

### A vizsgált szakmai kompetenciák

A tudományos (fizikai) ismeretek és kompetenciák tekintetében alapvetően bőséges készlet áll rendelkezésünkre. A listából kiválasztottuk azokat a készségeket, amelyeknek elemzésünkben fontos szerep tulajdonítható. Összehasonlítottuk a YPT-jellegű versenyek (és versenyfelkészítés)



kompetenciafejlesztő hatását az általános fizikaórai módszerek és a nem-YPT-jellegű versenyfelkészülés kompetenciafejlesztésben betöltött szerepével. Az általunk vizsgált szakmai kompetenciák a következők:

- „Középiskolai matematika”
- „Középiskolai fizika”
- „Zárt végű fizika problémák (számolási feladatok) megoldása”
- „Kísérlet megtervezése”
- „Kísérlet kivitelezése (egyértelmű leírás alapján) = Receptkönyv-szerűen” Továbbiakban sok helyen „Kísérlet kivitelezése”-ként hivatkozunk erre a kompetenciára
- „Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés”
- „Saját elméleti modell kidolgozása”
- „Numerikus szimulációk”
- „Szakirodalomkutatás, irodalomfeldolgozás”
- „Mások eredményeinek kritikai értékelése”

## **Segédlet a sikeres kompetenciafejlesztéshez nyílt végű projektfeladatok által**

### **I. A YPT-részvétel szerepe a szakmai kompetenciák fejlesztésében**

Felmérésünkben a diákokat arra kértük, hogy értékeljék fizikai kompetenciáikat, és véleményüket jelöljék 5-fokú Likert-skálán. Emellett a tanulók értékelték az általános fizikaórák (RPC), a YPT-vel kapcsolatos tevékenységek, és a nem-YPT-jellegű feladatok hasznosságát, készségfejlesztő szerepét is. A kitöltők közül volt, aki nem válaszolt minden egyes kérdéscsoportra. A válaszok száma így 140 és 280 között mozog.

A tanulók átlagosan rendkívül pozitívan értékelték szakmai készségeiket (medián = 4). Átlagosan a legalacsonyabb értékelést a következő kompetenciaelem kapta: „Mások eredményeinek kritikai értékelése” (3,31). A tanulók a „Középiskolai matematika” (4,18) és az „Szakirodalomkutatás” (4,18) készségeiket vélték a legfejlettebbnek. A fizikai készségek önértékelése pozitívan korrelálnak egymással minden kategóriában ( $r \sim 0,3-0,6$ ).

A tanulói felmérés alapján a fizikaórák, a YPT-vel kapcsolatos tevékenységek, valamint az egyéb nem-YPT-tevékenységek is többnyire hasznosnak bizonyultak a szakmai kompetenciák fejlesztésében (medián  $\geq 3$ ). Az eredmények szerint azonban a YPT-vel kapcsolatos tevékenységeket és az egyéb, nem-YPT-típusú tevékenységeket hasznosabbnak találták a fizikai készségek növelésében, mint a hagyományos fizikaórákat (lásd az alábbi táblázatokat). Mindhárom tevékenységtípus esetében a szakmai kompetenciák hasznosságai pozitívan korrelálnak egymással. Ezek a korrelációk a YPT-jellegű feladatoknál voltak a legmagasabbak ( $r \sim 0,5-0,8$ ), ami azt jelzi, hogy az YPT-vel kapcsolatos tevékenységek jelentősen befolyásolják a kompetenciafejlődést.



**RPC és YPT kompetenciafejlesztő szerepének összehasonlítása**

Szakmai kompetenciák RPC	Szakmai kompetenciák YPT	t	df	p
Középiskolai matematika	Középiskolai matematika	0,288	136	0,774
Középiskolai fizika	Középiskolai fizika	0,524	184	0,601
<b>Számolási feladatok megoldása</b>	Számolási feladatok megoldása	<b>4,409</b>	<b>178</b>	<b>0,000</b>
Kísérlet megtervezése	<b>Kísérlet megtervezése</b>	<b>-3,157</b>	<b>131</b>	<b>0,002</b>
Kísérlet kivitelezése	Kísérlet kivitelezése	-0,095	176	0,924
Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés	<b>Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés</b>	<b>-3,593</b>	<b>180</b>	<b>0,000</b>
Saját elméleti modell kidolgozása	<b>Saját elméleti modell kidolgozása</b>	<b>-8,185</b>	<b>173</b>	<b>0,000</b>
Numerikus szimulációk	<b>Numerikus szimulációk</b>	<b>-7,447</b>	<b>170</b>	<b>0,000</b>
Szakirodalomkutatás	<b>Szakirodalomkutatás</b>	<b>-1,760</b>	<b>169</b>	<b>0,080</b>
Mások eredményeinek kritikai értékelése	<b>Mások eredményeinek kritikai értékelése</b>	<b>-4,323</b>	<b>173</b>	<b>0,000</b>

Megjegyzés: Student's t-Test,  $p \leq .05$  vastagon szedve, a pozitív t-érték jelentése: erősebb az RPC hatása, a negatív t-érték jelentése: erősebb a YPT hatása.

A leíró statisztikák ellenőrzéséhez (lásd: 1. melléklet 1.2.2. fejezet) t-próbát alkalmaztunk annak érdekében, hogy teszteljük az RPC (hagyományos fizikaórák), az YPT-jellegű tevékenységek és a más, nem-YPT-típusú feladatok észlelt hasznossága között jelentkező különbségeket. Az eredmények eltérő képet adnak. Míg a fizikaórák inkább hozzájárulnak a „Számolási feladatok (jó) megoldásához” ( $p = 0,000$ ), mint az YPT-hez szükséges kompetenciákhoz, addig a YPT-jellegű és egyéb, nem-YPT-típusú feladatok jobban segítik a diákokat a következő tevékenységek elvégzésében: „Kísérlet megtervezése” „Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés”, „Saját elméleti modell kidolgozása”, „Numerikus szimulációk”, „Szakirodalomkutatás” és „Mások eredményeinek kritikai értékelése”.

A tanárok számára hasznos lehet az eredmény a rendelkezésre álló időkeret és az erőforrások optimális elosztásában. A tanulók az YPT-típusú tevékenységeket nem elsősorban szakmai alapismereteik bővítésében tartják hasznosnak. Ezért a fizika iránt nem kimondottan érdeklődő diákok számára továbbra is az alapvető fizikai ismeretek diákok számára megfelelő módszerekkel való átadását hangsúlyozzuk. Ha azonban az alapismeretek átadásán túl további készségek fejlesztése (is) célunk, érdemes a YPT-típusú feladatokat szem előtt tartanunk, hiszen sokkal hatékonyabbnak bizonyultak a hagyományos fizikaoktatási módszereknél.

## II. Kutatásalapú tanulás és egyéb nem-YPT-típusú szakköri tevékenységek

A végzett felmérésben (lásd 1. melléklet 1.2.3. pont) a diákok a nem YPT-szerű tanórán kívüli tevékenységeket (pl. Fizikaolimpia, IJSO, EUSO vagy Project Science Competition) is értékelték a készségfejlesztés, valamint a hasznosság szempontjából. Összességében úgy ítélték meg, hogy ezek az iskolán kívüli tevékenységek legalább olyan mértékben járulnak hozzá a fizikai készségeik fejlődéséhez, mint a YPT-jellegű feladatok. A tanulók önértékelése alapján a nem-YPT-típusú tanórán kívüli tevékenységek szignifikánsan erősebb hatással voltak a következő kompetenciák fejlődésére, mint az RPC: „Kísérlet megtervezése” ( $p=0,000$ ), „Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés” ( $p=0,032$ ), „Saját elméleti modell kidolgozása” ( $p=0,000$ ), „Numerikus szimulációk” ( $p=0,000$ ), „Szakirodalomkutatás” ( $p=0,000$ ), „Mások eredményeinek kritikai értékelése” ( $p=0,000$ ).

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





**RPC és nem-YPT tevékenységek kompetenciafejlesztő szerepe**

Szakmai kompetenciák RPC	Szakmai kompetenciák nem-YPT	t	df	P
Középiskolai matematika	Középiskolai matematika	-1,160	185	0,248
Középiskolai fizika	Középiskolai fizika	0,419	262	0,676
Számolási feladatok megoldása	Számolási feladatok megoldása	1,425	240	0,156
Kísérlet megtervezése	<b>Kísérlet megtervezése</b>	<b>-4,715</b>	<b>240</b>	<b>0,000</b>
Kísérlet kivitelezése	Kísérlet kivitelezése	1,108	232	0,269
Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés	<b>Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés</b>	<b>-2,156</b>	<b>238</b>	<b>0,032</b>
Saját elméleti modell kidolgozása	<b>Saját elméleti modell kidolgozása</b>	<b>-5,971</b>	<b>228</b>	<b>0,000</b>
Numerikus szimulációk	<b>Numerikus szimulációk</b>	<b>-6,490</b>	<b>216</b>	<b>0,000</b>
Szakirodalomkutatás	<b>Szakirodalomkutatás</b>	<b>-8,060</b>	<b>238</b>	<b>0,000</b>
Mások eredményeinek kritikai értékelése	<b>Mások eredményeinek kritikai értékelése</b>	<b>-4,315</b>	<b>233</b>	<b>0,000</b>

Megjegyzés: Student's t-Test,  $p \leq .05$  vastagon szedve, a pozitív t-érték jelentése: erősebb az RPC hatása, a negatív t-érték jelentése: erősebb a nem-YPT tevékenység hatása.

A YPT-vel kapcsolatos tevékenységekkel összehasonlítva azt tapasztaljuk, hogy a nem-YPT-típusú tanórán kívüli feladatok bizonyos bizonyos kompetenciák fejlődésében nagyobb szerepet töltenek be a megítélés szerint, ami talán nem is annyira meglepő.

**YPT- és nem-YPT-jellegű tevékenységek kompetenciafejlesztő szerepe**

Szakmai kompetenciák YPT	Szakmai kompetenciák nem-YPT	t	df	p
Középiskolai matematika	Középiskolai matematika	-1,000	128	0,319
Középiskolai fizika	Középiskolai fizika	-0,495	178	0,621
Számolási feladatok megoldása	<b>Számolási feladatok megoldása</b>	<b>-2,588</b>	<b>169</b>	<b>0,010</b>
Kísérlet megtervezése	Kísérlet megtervezése	-0,076	127	0,939
Kísérlet kivitelezése	Kísérlet kivitelezése	0,648	168	0,518
<b>Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés</b>	Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés	<b>2,970</b>	<b>175</b>	<b>0,003</b>
<b>Saját elméleti modell kidolgozása</b>	Saját elméleti modell kidolgozása	<b>4,345</b>	<b>162</b>	<b>0,000</b>
<b>Numerikus szimulációk</b>	Numerikus szimulációk	<b>3,765</b>	<b>166</b>	<b>0,000</b>
Szakirodalomkutatás	<b>Szakirodalomkutatás</b>	<b>-4,069</b>	<b>171</b>	<b>0,000</b>
<b>Mások eredményeinek kritikai értékelése</b>	Mások eredményeinek kritikai értékelése	<b>2,079</b>	<b>168</b>	<b>0,039</b>

Megjegyzés: Student's t-Test,  $p \leq .05$  vastagon szedve, a pozitív t-érték jelentése: erősebb a YPT hatása, a negatív t-érték jelentése: erősebb a nem-YPT tevékenység hatása.

Megfigyeltük továbbá, hogy a következő kompetenciák esetében a YPT-jellegű tevékenységeket hasznosabbnak tartják a tanulók, mint az egyéb nem-YPT típusú tanórán kívüli tevékenységek: „Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés” ( $p = 0,003$ ), „Saját elméleti modell kidolgozása” ( $p = 0,000$ ), „Numerikus szimulációk” ( $p = 0,000$ ) és „Mások eredményeinek kritikai értékelése” ( $p = 0,039$ ). Ugyanakkor látható, hogy a nem YPT-típusú feladatok megítélésük szerint jobban fejlesztik az alábbi kompetenciákat, mint a YPT-ben való részvétel: „Számolási feladatok megoldása” ( $p = 0,010$ ) és a „Szakirodalomkutatás” ( $p = 0,000$ ).





**RPC és YPT kompetenciafejlesztő szerepének összehasonlítása**

Szakmai kompetenciák RPC	Szakmai kompetenciák YPT	t	df	p
Középiskolai matematika	Középiskolai matematika	0,288	136	0,774
Középiskolai fizika	Középiskolai fizika	0,524	184	0,601
<b>Számolási feladatok megoldása</b>	Számolási feladatok megoldása	<b>4,409</b>	<b>178</b>	<b>0,000</b>
Kísérlet megtervezése	<b>Kísérlet megtervezése</b>	<b>-3,157</b>	<b>131</b>	<b>0,002</b>
Kísérlet kivitelezése	Kísérlet kivitelezése	-0,095	176	0,924
Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés	<b>Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés</b>	<b>-3,593</b>	<b>180</b>	<b>0,000</b>
Saját elméleti modell kidolgozása	<b>Saját elméleti modell kidolgozása</b>	<b>-8,185</b>	<b>173</b>	<b>0,000</b>
Numerikus szimulációk	<b>Numerikus szimulációk</b>	<b>-7,447</b>	<b>170</b>	<b>0,000</b>
Szakirodalomkutatás	Szakirodalomkutatás	-1,760	169	0,080
Mások eredményeinek kritikai értékelése	<b>Mások eredményeinek kritikai értékelése</b>	<b>-4,323</b>	<b>173</b>	<b>0,000</b>

*Megjegyzés: Student's t-Test,  $p \leq .05$  vastagon szedve, a pozitív t-érték jelentése: erősebb az RPC hatása, a negatív t-érték jelentése: erősebb a YPT hatása.*

A fenti táblázatban látható, hogy az RPC tevékenység hasznosabb a “zárt végű fizika problémák megoldása” ( $p = 0,000$ ) fejlesztésében, mint a YPT típusú tevékenységek. A YPT típusú és nem-YPT típusú tanórán kívüli tevékenységek inkább a következő kompetenciák fejlesztésében kiemelkedők: kísérlet megtervezése, kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés, saját elméleti modell kidolgozása, numerikus szimulációk, szakirodalomkutatás, mások eredményeinek kritikai értékelése

A tanárok számára ezek az eredmények azt sugallják, hogy a YPT-jellegű feladatok és más, tanórán kívüli tevékenységek jól kiegészíthetik egymást. Hasznos a különböző módszerek változatos tanórai alkalmazása a szakmai készségek fejlesztése során. A fizikaórákon elsősorban a számolási feladatok, zárt végű problémák megoldása jelenik meg nagyobb hangsúllyal, így a fizikaoktatás ebben hatékonyan fejleszti a diákokat. A nem-YPT-típusú tevékenységek hatással lehetnek a zárt végű problémák megoldási készségének fejlesztésére, valamint a diákok véleménye alapján hasonló feladatok hozzájárultak ahhoz, hogy jártasak legyenek a szakirodalom feldolgozása terén. A kísérlet megtervezése, kivitelezése, kiértékelése, valamint a modellalkotás, szimuláció és a mások eredményeinek kritikai értékelése egyértelműen a YPT-jellegű feladatokkal jár együtt. Az eredmények alapján javasoljuk a kutatásalapú módszerek tanórai alkalmazását, valamint a diákok ösztönzését a YPT-jellegű feladatokban, YPT- versenyen való részvételre.

### III. Az eredményesség megítélése meglévő szakmai kompetenciák függvényében

Hipotézisünk alapján az adott tevékenységek kompetenciafejlesztő szerepének, hasznosságának megítélése függ a diákok meglévő tudásától. Az alábbiakban (részletesen lásd 1. melléklet 1.3 fejezet) az adott tevékenységek (fizikaórai, YPT-jellegű, vagy nem-YPT-típusú egyéb tevékenység) kompetenciák fejlődésében betöltött szerepének érzékelt hasznosságának vizsgáljuk regresszió számításokkal, ahol viszonyítási pontként azon diákok válaszait használtuk, akik az érettségi évében voltak.

Az általános fizikaórák (RPC) „Középiskolai matematikai” készségek fejlesztésében betöltött szerepét viszonylag alacsonynak ( $p = 0,046$ ) ítélték azok a diákok, akik két év múlva tesznek érettségi vizsgát. Azok a diákok, akiknek három vagy több éve van hátra az érettségiig kevésbé érezték hasznosnak a fizikaórai tevékenységeket a „Középiskolai fizika” ( $p = 0,064$ ), valamint a „Számolási feladatok megoldása” ( $p = 0,052$ ) kompetenciák fejlesztésében. Ugyanakkor azok a tanulók, akiknek már csak



egy-két évük van az érettségiig úgy vélték, hogy a fizikaórai tevékenységek hozzájárulnak a következő készségek fejlődéséhez: „Saját elméleti modell kidolgozása”, „Numerikus szimulációk”, „Szakirodalomkutatás” és „Mások eredményeinek kritikai értékelése”.

Néhány kivételtől eltekintve azok a diákok, akik a válaszadás idején három vagy több évre voltak a vizsgájuktól, a YPT-tevékenységeket kevésbé tartották hasznosnak fizikai készségeik fejlesztése szempontjából, mint idősebb társaik. A nem-YPT-jellegű feladatok hasznosságának megítélésében a „Középiskolai matematika”, a „Kísérlet kivitelezése” és a „Mások eredményeinek kritikai értékelése” kompetenciák kivételével nem jelentkezett különbség az érettségi vizsgáig hátralévő évek számának függvényében.

**Fizikaórai tevékenységek hasznosságának megítélése az érettségiig hátralévő évek függvényében**

Szakmai kompetenciák - YPT	1	2	3+	R <sup>2</sup>
Középiskolai matematika	-0,188	<b>-0,851</b>	<b>-0,877</b>	0,152
Std. Error	0,184	<b>0,188</b>	<b>0,206</b>	
p-érték	0,310	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	
Középiskolai fizika	-0,108	<b>-0,386</b>	<b>-0,690</b>	0,069
Std. Error	0,187	<b>0,190</b>	<b>0,210</b>	
p-érték	0,566	<b>0,044</b>	<b>0,001</b>	
Számolási feladatok megoldása	0,094	-0,223	-0,230	0,021
Std. Error	0,194	0,200	0,216	
p-érték	0,628	0,266	0,288	
Kísérlet megtervezése	-0,100	-0,394	-0,311	0,025
Std. Error	0,221	0,233	0,268	
p-érték	0,653	0,094	0,249	
Kísérlet kivitelezése	-0,157	<b>-0,645</b>	<b>-0,775</b>	0,094
Std. Error	0,193	<b>0,198</b>	<b>0,220</b>	
p-érték	0,417	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	
Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés	-0,222	<b>-0,580</b>	<b>-0,862</b>	0,095
Std. Error	0,188	<b>0,193</b>	<b>0,216</b>	
p-érték	0,240	<b>0,003</b>	<b>0,000</b>	
Saját elméleti modell kidolgozása	-0,159	<b>-0,536</b>	<b>-0,659</b>	0,071
Std. Error	0,188	<b>0,193</b>	<b>0,216</b>	
p-érték	0,400	<b>0,006</b>	<b>0,003</b>	
Numerikus szimulációk	-0,133	<b>-0,673</b>	<b>-0,790</b>	0,087
Std. Error	0,216	<b>0,222</b>	<b>0,243</b>	
p-érték	0,537	<b>0,003</b>	<b>0,001</b>	
Szakirodalomkutatás	-0,160	-0,290	-0,395	0,016
Std. Error	0,228	0,229	0,254	
p-érték	0,484	0,207	0,121	
Mások eredményeinek kritikai értékelése	-0,163	<b>-0,432</b>	<b>-0,769</b>	0,072
Std. Error	0,199	<b>0,200</b>	<b>0,225</b>	
p-érték	0,413	<b>0,032</b>	<b>0,001</b>	

Megjegyzés: Lineáris regresszió, Viszonyítási pont a végzős diákok eredményei,  $p \leq .05$  értékű adatok vastagon szedve.



A YPT-vel kapcsolatos tevékenységekben való részvétel megalapozza az egyetemi tanulmányokat. Annak érdekében, hogy a résztvevő diákokból a legtöbbet és a legjobbkat hozzuk ki, érdemes építenünk a már meglévő ismereteikre és szakmai készségeikre. A fiatalabb diákok esetében különösen fontos a megfelelő szint megtalálása, esetükben továbbá a több tanári útmutatás, a folyamatos támogatás is szükséges.

#### IV. A YPT részvétel a fizikaórától függetlenül is előnyös

Teszteltük azon hipotézisünket, miszerint az RPC (hagyományos fizikaóra), a YPT-vel kapcsolatos tevékenységek és más nem-YPT tevékenységek diákok által megítélt hasznossága - kompetenciafejlesztő szerepe - a tanulók heti fizikaóráitól függ. Az alábbiakban (részletesen lásd: 1. melléklet 1.4. pont) a hasznosság regressziós eredményeit mutatjuk be a tanulók heti fizikaóraszámának függvényében.

Elvárásainkkal ellentétben azt tapasztaltuk, hogy a tanulók a hagyományos fizikaórákat hasznosabbnak tartják a „numerikus szimulációk” készség fejlesztésében abban az esetben, ha csak heti néhány ( $\leq 3$  óra) fizikaórán vesznek részt. A YPT-vel kapcsolatos tevékenységekben való részvétel készségfejlesztő hatása nem függ az óraszámoktól, eltérést egyedül a „középiskolai matematika” kompetencia esetében figyeltünk meg. Tapasztaltuk továbbá, hogy a YPT-tevékenységekben és az egyéb nem-YPT iskolán kívüli tevékenységekben való részvétel kompetenciafejlesztő szerepe kevésbé jelenik meg azon tanulók esetében, akiknek csak heti 1 fizikaórájuk van.

#### A YPT-tevékenységek hasznosságának megítélésében jelentkező különbségek a heti fizikaórák számának függvényében

Szakmai kompetenciák – YPT	1	2	3	4	5+	R <sup>2</sup>
Középiskolai matematika	0,917	0,545	0,652	<b>1,105</b>	0,883	0,055
Std. hiba	0,630	0,499	0,511	<b>0,518</b>	0,549	
p-érték	0,147	0,276	0,203	<b>0,034</b>	0,109	
Középiskolai fizika	0,143	-0,230	0,023	0,167	0,400	0,046
Std. hiba	0,589	0,481	0,491	0,500	0,529	
p-érték	0,809	0,633	0,962	0,739	0,450	
Számolási feladatok megoldása	0,433	0,072	0,325	0,406	0,529	0,030
Std. hiba	0,590	0,448	0,462	0,470	0,508	
p-érték	0,464	0,873	0,483	0,388	0,299	
Kísérlet megtervezése	0,500	-0,323	0,161	0,290	0,067	0,077
Std. hiba	0,691	0,577	0,593	0,600	0,618	
p-érték	0,471	0,577	0,786	0,630	0,914	
Kísérlet kivitelezése	0,393	-0,098	0,250	0,485	0,450	0,059
Std. hiba	0,629	0,513	0,525	0,530	0,565	
p-érték	0,533	0,848	0,635	0,361	0,427	
Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés	0,250	0,008	0,440	0,656	0,500	0,070
Std. hiba	0,611	0,498	0,510	0,517	0,545	
p-érték	0,683	0,987	0,389	0,206	0,360	
Saját elméleti modell kidolgozása	0,200	-0,092	0,122	0,323	0,000	0,026
Std. hiba	0,613	0,446	0,459	0,467	0,501	



p-érték	0,745	0,837	0,791	0,491	1,000	
Numerikus szimulációk	0,417	-0,272	0,250	0,350	0,250	0,064
Std. hiba	0,708	0,561	0,575	0,584	0,617	
p-érték	0,557	0,628	0,664	0,550	0,686	
Szakirodalomkutatás	1,083	0,506	0,957	0,650	1,036	0,046
Std. hiba	0,717	0,568	0,582	0,591	0,630	
p-érték	0,133	0,375	0,102	0,273	0,102	
Mások eredményeinek kritikai értékelése	0,417	0,394	0,869	0,853	0,821	0,060
Std. hiba	0,635	0,503	0,514	0,524	0,557	
p-értékelése	0,512	0,435	0,093	0,105	0,142	

Megjegyzés: Lineáris regresszió, viszonyítási alap a heti rendszeres fizikaórán nem részt vevő diákok eredményei.  $p \leq .05$  értékek vastagon szedve.

Az eredmények azt jelzik, hogy a YPT tevékenységeket óraszámától függetlenül bármely tanulócsoporthoz kipróbálhatjuk. Ezek alapján arra ösztönözzük a tanárokat, hogy a hagyományos módszereiket kiegészítve, a célok és kimeneti követelmények figyelembevételével bátran támaszkodjanak a YPT-jellegű módszerekre is.

## V. A YPT-ben való korábbi részvétel a YPT pozitív megítéléséhez vezet

Teszteltük azon hipotézisünket, miszerint az RPC (hagyományos fizikaóra), a YPT-vel kapcsolatos tevékenységek és más nem-YPT tevékenységek diákok által megítélt hasznossága – kompetenciafejlesztő szerepe – függ attól, hogy a diákok részt vettek-e már YPT-jellegű munkában. A következőkben (lásd részletesen 1. melléklet 1.5. fejezet) regressziós eredményeket mutatunk be a vélt hasznosságra (fejlesztő szerepre) vonatkozóan azon tanulók válaszaival összehasonlítva, akik soha nem vettek részt YPT-vel kapcsolatos tevékenységekben. Fontos megjegyeznünk, hogy az „idén” részt vevő diákok többsége októberben vagy novemberben válaszolt a felmérésre, tehát többnyire az első részvétel első szakaszában. Ez azt jelentheti, hogy még mindig nincs annyi tapasztalatuk, mint azoknak a tanulóknak, akik korábban már részt vettek a hasonló tevékenységben. Ők azok, akik feltehetően korábbi sikereik miatt jelenleg is résztvevők. A felmérés évétől függően a referenciaév – „idén” – 2021 vagy 2020.

### A hagyományos fizikaórák hasznosságának megítélésében jelentkező különbségek a korábbi részvétel alapján

Szakmai kompetenciák - RPC	Korábban	Idén	R <sup>2</sup>
Középiskolai matematika	<b>-0,900</b>	0,481	0,135
Std. hiba	<b>0,264</b>	0,531	
p-érték	<b>0,001</b>	0,368	
Középiskolai fizika	<b>-0,747</b>	0,279	0,070
Std. hiba	<b>0,217</b>	0,451	
p-érték	<b>0,001</b>	0,537	
Számolási feladatok megoldása	<b>-0,979</b>	0,493	0,119
Std. hiba	<b>0,218</b>	0,442	
p-érték	<b>0,000</b>	0,266	

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Kísérlet megtervezése	<b>-1,310</b>	-0,250	0,130
Std. hiba	<b>0,266</b>	0,576	
p-érték	<b>0,000</b>	0,665	
Kísérlet elvégzése	<b>-1,219</b>	-0,528	0,125
Std. hiba	<b>0,255</b>	0,553	
p-érték	<b>0,000</b>	0,341	
Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés	<b>-1,621</b>	-0,771	0,206
Std. hiba	<b>0,254</b>	0,621	
p-érték	<b>0,000</b>	0,216	
Saját elméleti modell kidolgozása	<b>-1,191</b>	-0,341	0,123
Std. hiba	<b>0,256</b>	0,624	
p-érték	<b>0,000</b>	0,586	
Numerikus szimulációk	<b>-1,262</b>	-1,962	0,134
Std. hiba	<b>0,279</b>	1,164	
p-érték	<b>0,000</b>	0,094	
Szakirodalomkutatás	<b>-1,405</b>	-0,355	0,144
Std. hiba	<b>0,271</b>	0,806	
p-érték	<b>0,000</b>	0,661	
Mások eredményeinek kritikai értékelése	<b>-1,349</b>	0,051	0,116
Std. hiba	<b>0,297</b>	0,630	
p-érték	<b>0,000</b>	0,936	

Megjegyzés: Lineáris regresszió, Viszonyítási pont az YPT versenyen korábban nem részt vett diákok,  $p \leq .05$  értékek vastagon szedve

A táblázat alapján elmondható, hogy azok a diákok, akik már régebb óta résztvevői a YPT-nek, kevésbé tartják hasznosnak az RPC-t – és más nem-YPT-típusú tevékenységeket is – a szakmai kompetenciák fejlesztésében. Az „új” (idén kezdő) tanulóktól nem érkezett hasonló vélemény. Ez arra utalhat, hogy az YPT-vel kapcsolatos tevékenységek és az RPC, valamint más nem-YPT-jellegű tevékenységek közötti szinergiák korlátozottak. Nem tapasztaltunk különbséget az YPT-vel kapcsolatos tevékenységek vélt hasznosságában a versenyen való részvétel alapján.

Kijelenthetjük tehát, hogy a YPT-ben való részvétel hosszú távon erős pozitív elfogultságot eredményezhet a kutatásalapú fizikatanulási tevékenységekkel szemben, amelyek jelentősen hozzájárulnak a későbbi sikeres egyetemi tanulmányokhoz. Javasoljuk a YPT-t azon tanulók számára, akik érdeklődnek a fizika iránt, ugyanakkor őket a fizika nem a hagyományos módon (pl. számolási feladatokon keresztül) fogott meg.

## VI. Számítanak az országok közötti különbségek

Mivel a kutatásunkban résztvevők különböző országok tanárai és diákjai, így fontosnak tartottuk vizsgálni, hogy a nemzetek közötti különbségek vajon befolyásolják-e a felmérés eredményeit (lásd 1.7. és 2.3. melléklet). Országonként eltérő válaszok érkeztek tanárok és tanulók esetében is. Elmondhatjuk tehát, hogy nemzeti sajátosságok (pl. oktatási rendszer, tanterv, tanítási stílus) hatással vannak a különböző tevékenységek fontosságának megítélésére.

Az országok között fellelhető különbségek eredményeinkre – az RPC, az YPT-vel kapcsolatos tevékenységek és más nem - YPT- típusú tevékenységek önértékelésében és a kompetenciafejlesztésben

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



betöltött szerepe – gyakorolt hatását ANOVA-val teszteltük. A teszt jelez, ha adott esetben a vizsgált faktor (jelen esetben az ország) befolyásolta az eredményt (a részletes elemzést lásd: 1. mellékletben 1.7.2. pont) Az önértékelés eredményei között öt szakmai kompetencia megítélésében volt jelentős hatása a nemzeti sajátosságoknak. Különbözőképpen ítélik meg az egyes országok az adott tevékenységek kompetenciafejlesztő szerepét. A fizikaórai (RPC) tevékenységek esetében 7, a YPT-jellegű feladatok közül 10 (azaz az összes) esetben, míg a nem-YPT-típusú tevékenységek esetében csupán 2 szakmai kompetencia (itt gyenge különbség:  $p < .10$ ) megítélésében rajzolódott ki különbség az országok sajátosságainak figyelembe vétele mellett (lásd 1. 1.7.1. melléklet).

<b>Az önértékelésben jelentkező különbségek - országok szerint</b>			
<b>Szakmai kompetenciák – önértékelés</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Középiskolai matematika</b>	<b>12,899</b>	<b>2,231</b>	<b>0,026</b>
Középiskolai fizika	2,230	0,322	0,957
Számolási feladatok megoldása	5,077	1,031	0,410
<b>Kísérlet megtervezése</b>	<b>12,170</b>	<b>4,770</b>	<b>0,001</b>
<b>Kísérlet kivitelezése</b>	<b>13,233</b>	<b>4,432</b>	<b>0,002</b>
<b>Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés</b>	<b>13,632</b>	<b>3,829</b>	<b>0,005</b>
Saját elméleti modell kidolgozása	1,349	0,453	0,770
<b>Numerikus szimulációk</b>	<b>23,109</b>	<b>5,440</b>	<b>0,000</b>
Szakirodalomkutatás	6,652	1,267	0,284
Mások eredményeinek kritikai értékelése	2,050	0,592	0,669

*Megjegyzés: ANOVA (Faktor ~ Ország),  $p \leq .05$  értékek vastagon szedve.*

#### **A hagyományos fizikaórák hasznosságának megítélésében jelentkező különbségek – országok szerint**

<b>Szakmai kompetenciák – RPC</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Középiskolai matematika</b>	<b>8,264</b>	<b>2,742</b>	<b>0,030</b>
Középiskolai fizika	1,226	0,365	0,833
Számolási feladatok megoldása	2,683	0,785	0,536
<b>Kísérlet megtervezése</b>	<b>13,066</b>	<b>2,579</b>	<b>0,038</b>
<b>Kísérlet kivitelezése</b>	<b>38,296</b>	<b>9,334</b>	<b>0,000</b>
<b>Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés</b>	<b>21,258</b>	<b>4,719</b>	<b>0,001</b>
Saját elméleti modell kidolgozása	5,550	1,154	0,332
<b>Numerikus szimulációk</b>	<b>48,752</b>	<b>9,621</b>	<b>0,000</b>
<b>Szakirodalomkutatás</b>	<b>27,770</b>	<b>5,158</b>	<b>0,001</b>
<b>Mások eredményeinek kritikai értékelése</b>	<b>56,740</b>	<b>11,722</b>	<b>0,000</b>

*Megjegyzés: ANOVA (Faktor ~ Ország),  $p \leq .05$  értékek vastagon szedve.*

#### **A YPT-tevékenységek hasznosságának megítélésében jelentkező különbségek – országok szerint**

<b>Szakmai kompetenciák – YPT</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Középiskolai matematika</b>	<b>52,205</b>	<b>7,542</b>	<b>0,000</b>
<b>Középiskolai fizika</b>	<b>53,342</b>	<b>7,649</b>	<b>0,000</b>
<b>Számolási feladatok megoldása</b>	<b>17,245</b>	<b>2,685</b>	<b>0,011</b>
<b>Kísérlet megtervezése</b>	<b>18,976</b>	<b>5,350</b>	<b>0,000</b>
<b>Kísérlet kivitelezése</b>	<b>24,766</b>	<b>6,651</b>	<b>0,000</b>
<b>Kísérlet adatainak értelmezése, adatelemzés</b>	<b>24,654</b>	<b>6,972</b>	<b>0,000</b>

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





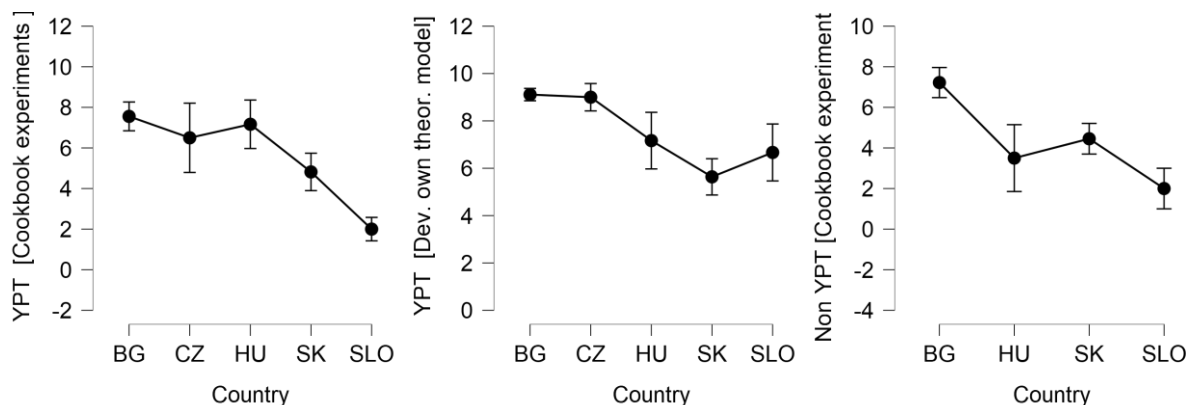
Saját elméleti modell kidolgozása	11,134	3,104	0,017
Numerikus szimulációk	35,661	8,236	0,000
Szakirodalomkutatása	14,385	2,985	0,020
Mások eredményeinek kritikai értékelése	13,743	3,636	0,007

Megjegyzés: ANOVA (Faktor ~ Ország),  $p \leq .05$  értékek vastagon szedve.

A Nem-YPT-típusú tevékenységek hasznosságának megítélésében jelentkező különbségek – országok szerint

Szakmai kompetenciák – Nem-YPT	df	F	p
<b>Középiskolai matematika</b>	<b>8,691</b>	<b>2,221</b>	<b>0,068</b>
Középiskolai fizika	4,938	1,378	0,242
Számolási feladatok megoldása	3,788	0,976	0,422
Kísérlet megtervezése	1,866	0,450	0,772
<b>Kísérlet kivitelezése</b>	<b>8,101</b>	<b>2,039</b>	<b>0,090</b>
Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés	6,305	1,770	0,135
Saját elméleti modell kidolgozása	4,499	1,068	0,373
Numerikus szimulációk	0,763	0,144	0,965
Szakirodalomkutatás	2,472	0,655	0,624
Mások eredményeinek kritikai értékelése	6,371	1,488	0,207

Megjegyzés: ANOVA (Faktor ~ Ország),  $p \leq .10$  vastagon szedve.



1. ábra. A „receptskönyv-szerű kísérletek” és a „saját elméleti modell kidolgozása” kompetencia fejlesztésében az YPT tevékenységek hasznossága, valamint a „receptskönyv-szerű kísérletek” kompetencia fejlesztésében az nem-YPT típusú tevékenységek hasznossága az egyes országokban, a tanári válaszok alapján.

Elemzésünk során rávilágítottunk a tanárok és diákok megítélése közötti különbségekre is. Míg a YPT-vel kapcsolatos tevékenységek hasznosságának tanulók általi megítélése minden egyes szakmai kompetenciára mutat országos különbséget, addig a tanári válaszok esetében csak két kompetencia esetében figyelhető meg a nemzet hatása: „Receptskönyv-szerű kísérletek” és „Saját elméleti modell kidolgozása”.

A nem-YPT tevékenységek hasznosságában is csak egy eltérést mutat a tanárok körében végzett felmérés eredménye, ebben a kérdéskörben a diákok válaszai között országos hatás nem jelentkezett.





Az eredmények arról számolnak be, hogy a különböző országokból válaszoló tanulók a YPT hasznosságát, azaz fizikai kompetenciáik fejlesztésében betöltött szerepét eltérőnek észlelték, miközben a tanárok válaszai nem mutatnak lényeges különbségeket. Ezek alapján fontos lehet a külföldön már bevált, jógyakorlatok átgondolt átvétele és tanmenetbe való beépítése.

## VII. A tanárok pozitívan viszonyulnak a YPT részvételéhez

Elemeztük az egyes tevékenységek kompetenciafejlesztő – szakmai és szociális egyaránt – szerepének tanárok általi megítélését. A tanárok általában rendkívül előnyösnek vélték a YPT-jellegű feladatokat (10-ből 6 szakmai kompetencia esetében jelezték a YPT hatását, lásd 2. melléklet 2.2.2. pont). Ez az eredmény ugyan nem tűnik túl erősnek a hagyományos fizikaóráknak (RPC) tulajdonított hasznosságához képest (10-ből 5 szakmai kompetencia esetében jelezték az RPC hatását, lásd 2. melléklet 2.2.1. pont), de a pozitív tanári attitűd a YPT irányába egyértelmű. A páros t-próbák/Wilcoxon tesztek eredményei ugyanakkor bemutatják, hogy pozitív szignifikáns különbség jelentkezik minden egyes fizikai kompetencia esetében a YPT javára. Kijelenthetjük tehát, hogy a YPT-vel kapcsolatos tevékenységek hasznosabbak a kompetenciafejlesztés szempontjából, mint az általános fizikaórák.

A következő táblázat a fizikaórai és a YPT-tevékenységek kompetenciafejlesztésben betöltött szerepét mutatja be a tanári megítélése alapján

**Összehasonlítás: Tanárok - RPC vs. YPT**

RPC	YPT	Teszt	Statistic	df	p
RPC [Középiskolai matematika]	- YPT [Középiskolai matematika]	Wilcoxon	93.500		0.037
RPC [Számolási feladatok megoldása]	- YPT [Számolási feladatok megoldása]	Student	5.010	32	< .001
RPC [Kísérlet kivitelezése]	- YPT [Kísérlet kivitelezése]	Student	0.291	32	0.773
RPC [Saját elméleti modell kidolgozása]	- YPT [Saját elméleti modell kidolgozása]	Student	-9.332	32	< .001
RPC [Szakirodalomkutatás]	- YPT [Szakirodalomkutatás]	Student	-9.891	32	< .001
RPC [Középiskolai fizika]	- YPT [Középiskolai fizika]	Wilcoxon	116.000		1.000
RPC [Kísérlet megtervezése]	- YPT [Kísérlet megtervezése]	Student	-8.269	32	< .001
RPC [Kís. adatok ért., adatel.]	- YPT [Kís. adatok ért., adatel.]	Student	-7.187	32	< .001
RPC [Numerikus szimulációk]	- YPT [Numerikus szimulációk]	Student	-8.505	32	< .001
RPC [Mások eredményeinek krit. ért.]	- YPT [Mások eredményeinek krit. ért.]	Student	-9.336	32	< .001

Megjegyzés:  $p \leq .05$  vastagon szedve.

A „Középiskolai fizika” és az „Kísérlet kivitelezése” (irányított kísérletezés) készségek esetében nem mutatkozik különbség a YPT és az RPC között, ugyanakkor a YPT a „Középiskolai matematika”, valamint a „Számolási feladatok megoldása” kompetenciák fejlesztésében betöltött szerepére negatív szignifikáns eltérés jelentkezik az RPC-hez képest. Szignifikánsan pozitív különbségek mutatkoznak meg azonban a „Kísérlet megtervezése”, „Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés”, „Saját elméleti modell kidolgozása”, „Numerikus szimulációk”, „Szakirodalomkutatás”, illetve a „Mások eredményeinek kritikai értékelése” kompetenciaelemek esetében a YPT javára.

Mivel az RPC egy minden középiskolás számára kifejlesztett oktatási forma, így a YPT és a nem-YPT típusú tevékenységekhez képest sokkal nagyobb mennyiségű információt közöl a diákokkal. Azonban nemcsak a tehetséggondozásban, hanem akár a fizikaórán is hasznos lehet a YPT módszereire támaszkodni, hiszen a YPT nagyon színes, számos készség meglétét igényli, épít a diákok egyéni sajátosságaira, mindenki megtalálhatja benne a számára testhezálló feladatot. Láthatjuk továbbá, hogy készségfejlesztő hatással bír, olyan területeket aktivál, amelyekre a hagyományos fizikaoktatás nem fektet hangsúlyt, ezáltal kimondottan előnyös lehetőség minden tanuló (és tanár) számára.

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Összehasonlítás: Szakmai kompetenciák (YPT vs. Nem-YPT)**

YPT	Nem-YPT	Teszt	Statistic	df	p
YPT [Középiskolai matematika]	- Nem YPT [Középiskolai matematika]	Wilcoxon	81.500		0.828
YPT [Számolási feladatok megold.]	- Nem YPT [Számolási feladatok megold.]	Student	-3.841	28	< .001
YPT [Kísérlet kivitelezése]	- Nem YPT [Kísérlet kivitelezése]	Student	1.629	28	0.115
YPT [Saját elm. modell kidolg.]	- Nem YPT [Saját elm. modell kidolg.]	Student	5.554	28	< .001
YPT [Szakirodalomkutatás]	- Nem YPT [Szakirodalomkutatás]	Student	4.400	27	< .001
		Wilcoxon	259.500		< .001
YPT [Középiskolai fizika]	- Nem YPT [Középiskolai fizika]	Wilcoxon	35.500		0.855
YPT [Kísérlet megtervezése]	- Nem YPT [Kísérlet megtervezése]	Student	8.267	28	< .001
YPT [Kís. adatok ért., adatel.]	- Nem YPT [Kís. adatok ért., adatel.]	Student	5.953	27	< .001
		Wilcoxon	325.000		< .001
YPT [Numerikus szimulációk]	- Nem YPT [Numerikus szimulációk]	Student	6.841	28	< .001
YPT [Mások eredm. krit. ért.]	- Nem YPT [Mások eredm. krit. ért.]	Student	9.374	28	< .001

Megjegyzés:  $p \leq .05$  vastagon szedve.

Vizsgáltuk, hogy a felmérésben részt vevő tanárok hogyan ítélik meg a YPT- és nem-YPT-jellegű tevékenységek kompetenciafejlesztő hatását. Nem tapasztaltunk különbséget a „Középiskolai matematika”, a „Középiskolai fizika”, illetve a „Kísérlet kivitelezése” (irányított módon, útmutató alapján) készségek esetében. A megkérdezettek azonban szignifikánsan pozitívabb hatást tulajdonítanak a nem-YPT-típusú tevékenységeknek a „Számolási feladatok megoldása” kompetencia fejlődésében. Minden egyéb szakmai kompetencia fejlődése szempontjából pedig a YPT-jellegű folyamatokban való részvétel bizonyul igazán előnyösnek a kitöltők megítélése szerint.

Bár ez a megállapítás igazolja, hogy a YPT-vel kapcsolatos tevékenységek hozzájárulnak a tanulók fizikai kompetenciáinak fejlődéséhez, fontos hangsúlyoznunk, hogy csak azok a tanárok vettek részt az IO3 felmérésében, akik rendelkeznek némi tapasztalattal a YPT terén. Figyelmeztetjük tehát az olvasót annak lehetőségére, hogy a válaszadó tanárok szubjektív, elfogult véleménnyel lehetnek a YPT felé. Mindez megmagyarázhatja a YPT-vel kapcsolatos tevékenységek hasznosságának tanári és tanulói megítélésében jelentkező különbségeket (lásd 3. melléklet).

A YPT-felkészítésben aktívan részt vevő kollégák tehát pozitívan viszonyulnak a módszer és a tevékenység irányába, kiemelkedőnek tartják a YPT szakmai kompetenciafejlesztésre gyakorolt hatását. Fontos kiemelni, hogy a diákok motivációja erősen függ a tanárok hozzáállásától. Az eredmények azt mutatják, hogy azok a kollégák, akik megismerkednek a módszerrel, előnyösnek tartják azt, így igazán jó lenne, ha minél több kollégát sikerülne részvételre ösztönöznünk, az ő lelkesedésük pedig nagy valószínűséggel újabb diákok érdeklődését keltene fel.

### VIII. Diákok és tanárok a YPT hatását máshogy látják, de a trendek megegyeznek.

További elemzésünkben (részleteket lásd a 3. mellékletben) vizsgáltuk a tanár-diák megítélések közötti különbségeket. Az adott válaszokat minden egyes kompetencia esetében összehasonlítottuk egymással. Mindössze 77 tanuló válaszolt minden olyan kérdésre, amely a különbségek vizsgálatához szükséges. A tanulói válaszok nem követik a normál eloszlást, így az adatok elemzéséhez Mann-Whitney tesztet alkalmazunk. A tanulók (1-5) és a tanárok (1-10) válaszainak eredetileg eltérő skálája miatt az összehasonlítás érdekében át kellett skáláznunk a tanulók pontszámait 10-fokú skálára. Az összehasonlítást nem országspecifikusan végeztük (hiszen ország szerinti bontásban kevés tanári válasz áll rendelkezésünkre).



Megfigyeltük, hogy a tanárok 6 szakmai kompetencia esetében tartják a YPT-vel kapcsolatos tevékenységeket szignifikánsan hasznosabbnak, mint a tanulók. 4 kompetencia mellett jelentkezett szignifikánsan pozitívabb megítélés a diákoktól a YPT javára, azaz négy esetben a tanulók hasznosabbnak tartják a YPT kompetenciafejlesztő szerepét, mint a tanáraik. A fizikaórai tevékenységek hasznossága esetében is jelentkezett szignifikáns eltérés az adott kompetenciára gyakorolt hatás megítélésében tanárok és diákok között. A diákok 3 esetben hasznosabbnak vélték az RCP szerepét, mint a válaszadó tanárok.

**Összehasonlítás: Tanárok - RPC vs. YPT**

RPC	YPT	Teszt	Statistic	df	p
RPC [Középiskolai matematika]	- YPT [Középiskolai matematika]	Wilcoxon	93.500		0.037
RPC [Számolási feladatok megold.]	- YPT [Számolási feladatok megold.]	Student	5.010	32	< .001
RPC [Kísérlet kivitelezése]	- YPT [Kísérlet kivitelezése]	Student	0.291	32	0.773
RPC [Saját elm. modell kidolg.]	- YPT [Saját elm. modell kidolg.]	Student	-9.332	32	< .001
RPC [Szakirodalomkutatás]	- YPT [Szakirodalomkutatás]	Student	-9.891	32	< .001
RPC [Középiskolai fizika]	- YPT [Középiskolai fizika]	Wilcoxon	116.000		1.000
RPC [Kísérlet megtervezése]	- YPT [Kísérlet megtervezése]	Student	-8.269	32	< .001
RPC [Kís. adatok ért., adatel.]	- YPT [Kís. adatok ért., adatel.]	Student	-7.187	32	< .001
RPC [Numerikus szimuláció]	- YPT [Numerikus szimuláció]	Student	-8.505	32	< .001
RPC [Mások eredm. krit. ért.]	- YPT [Mások eredm. krit. ért.]	Student	-9.336	32	< .001

Megjegyzés:  $p \leq .05$  értékek vastagon szedve.

**Összehasonlítás (Wilcoxon): 77 Diák - RPC vs. YPT**

RPC	YPT	W	p
Középisk. mat. - RPC	- Középisk. mat. -YPT	355.000	0.002
Középisk. fiz. - RPC	- Középisk. fiz. - YPT	619.000	0.003
Szám. fel. megold. - RPC	- Szám. fel. megold. -YPT	570.500	< .001
Kís. megtervezése - RPC	- Kís. megtervezése -YPT	270.000	0.012
Kís. kivitelezése - RPC	- Kís. kivitelezése -YPT	376.000	0.163
Kís. adat. ért., adatel. - RPC	- Kís. adat. ért., adatel. -YPT	406.500	0.410
Saj. elm. modell kidolg. - RPC	- Saj. elm. Modell kidolg. -YPT	296.000	0.029
Numerikus szim. - RPC	- Numerikus szim. -YPT	175.500	0.019
Szakirodalomkut. - RPC	- Szakirodalomkut. -YPT	169.500	0.002
Más eredm. krit. ért. - RPC	- Más eredm. krit. ért. -YPT	321.500	0.222

Megjegyzés. Wilcoxon-próba.  $p \leq .05$  értékek vastagon szedve.

**Összehasonlítás: Szakmai kompetenciák az RPC-ben és a YPT-ben –  
Diákok és Tanárok**

	W	p
<b>Középisk. mat. - RPC (Diákok)</b>	<b>734.500</b>	<b>0.005</b>
Középisk. mat. -YPT	437.000	0.159
Középisk. fiz. - RPC	1169.000	0.660
Középisk. fiz. -YPT	998.000	0.108
Szám. fel. megold. - RPC	1415.500	0.200
<b>Szám. fel. megold. -YPT (Diákok)</b>	<b>1894.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Kís. megtervezése - RPC (Diákok)</b>	<b>1833.500</b>	<b>&lt; .001</b>
Kís. megtervezése -YPT	973.000	0.073
<b>Kís. kivitelezése - RPC (Diákok)</b>	<b>1925.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Kís. kivitelezése -YPT (Diákok)</b>	<b>1697.500</b>	<b>0.001</b>
<b>Kís. adat. ért., adatel. - RPC (Diákok)</b>	<b>1581.500</b>	<b>0.017</b>
<b>Kís. adat. ért., adatel. -YPT (Tanárok)</b>	<b>801.500</b>	<b>0.004</b>
<b>Saj. elm. modell kidolg. - RPC (Diákok)</b>	<b>2078.500</b>	<b>&lt; .001</b>

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Összehasonlítás: Szakmai kompetenciák az RPC-ben és a YPT-ben –  
Diákok és Tanárok**

	W	p
Saj elm. Modell kidolg. -YPT	1155.500	0.679
<b>Numerikus szim. - RPC (Diákok)</b>	<b>2042.000</b>	<b>&lt; .001</b>
Numerikus szim. -YPT	1061.000	0.241
<b>Szakirodalomkut. - RPC (Diákok)</b>	<b>2006.000</b>	<b>&lt; .001</b>
Szakirodalomkut. -YPT	1128.500	0.477
<b>Más eredm. krit. ért. - RPC (Diákok)</b>	<b>2007.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Más eredm. krit. ért. -YPT (Diákok)</b>	<b>816.000</b>	<b>0.004</b>

*Megjegyzés:* Mann-Whitney U teszt.  $p \leq .05$  értékek vastagon szedve. Zárójelben a szignifikánsan pozitívabb megítéléssel bíró csoport.

A YPT „Számolási feladatok megoldása” kompetenciára gyakorolt hatását a diákok szignifikánsan pozitívabbnak ítélték, mint a tanáraik. Megfigyelhető az is, hogy a tanulók általában szignifikánsan pozitívabbnak értékelték a hagyományos fizikaórák fejlesztő hatását, mint a tanáraik. Az eltérések lehetséges okai lehetnek:

1. A diákok válaszadáskor nem csak a fizikaórákat vették figyelembe, hanem a többi iskolai tantárgy hatását.
2. A tanulók és a tanárok a vizsgált kifejezések alatt kicsit mást értenek – pl. A „Numerikus szimuláció” iskolai végzettségtől függően társulhat különböző értelmezésekkel.
3. A felmérésben részt vevő tanulók nem átlagosak – pl. jobban érdeklődnek a fizika iránt, nagyobb a fizikatudásuk, bővebb a meglévő eszköztárak – ezért válaszaik eltérhetnek a tanárokéétól, akik válaszaikat feltehetően az átlagos (hagyományos) fizikaórák/ fizikaoktatási módszerek alapján fogalmazták meg.

Ha megfigyeljük az RPC és a YPT tanár-diák összehasonlítását, jól látható, hogy még ha az egyes kompetenciák esetében adott pontszámaik (véleményeik) eltérőek is, többnyire azonos trendet mutatnak. A részletesebb leírás a 3. mellékletben látható. Annak érdekében, hogy pontosabb képet kapjunk az RPC és az YPT hasznosság-megítéléséről, összehasonlítottuk az RPC és a YPT értékelés közötti eltéréseket (vettük az adatok különbségét minden egyes kompetencia esetén) mind a diákok, mind a tanárok válaszaiban. A következő táblázat és a 2. ábra ennek eredményét mutatja be.

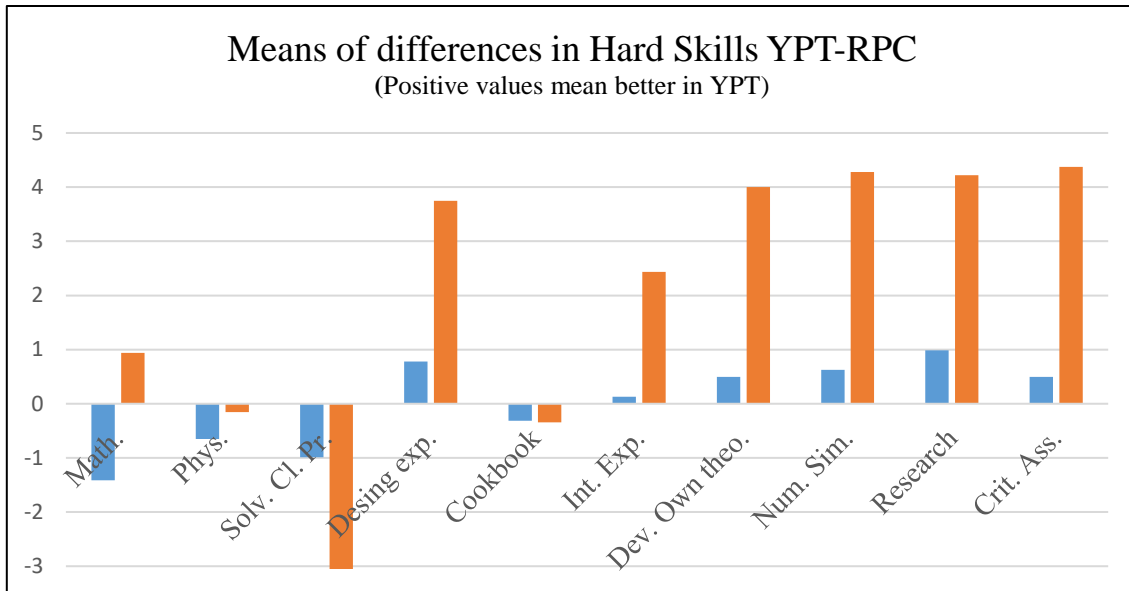
**Eltérések (Diff.) az RPC és a YPT között (pozitív értékek: az YPT hasznosabbnak bizonyult)**

	Csoport	N	Mean	SD	SE
Diff. Mat.	Diák	34	-1.412	2.388	0.410
	Tanár	32	0.938	2.711	0.479
Diff. Fiz.	Diák	77	-0.649	1.790	0.204
	Tanár	32	-0.156	2.112	0.373
Diff. Szám. fel. megold.	Diák	77	-0.987	1.990	0.227
	Tanár	32	-3.094	3.383	0.598
Diff. Kís. megtervezése	Diák	77	0.779	2.516	0.287
	Tanár	32	3.750	2.627	0.464
Diff. Kís. kivitelezése	Diák	77	-0.312	1.948	0.222
	Tanár	32	-0.344	3.525	0.623
Diff. Kís. adat. ért., adatel.	Diák	77	0.130	2.582	0.294
	Tanár	32	2.438	1.999	0.353
Diff. Saj. elm. modell. kidolg.	Diák	77	0.494	2.537	0.289
	Tanár	32	4.000	2.502	0.442
Diff. Numerikus szim.	Diák	77	0.623	2.254	0.257
	Tanár	32	4.281	2.932	0.518
Diff. Szakirodalomkut.	Diák	77	0.987	2.526	0.288



**Eltérések (Diff.) az RPC és a YPT között (pozitív értékek: az YPT hasznosabbnak bizonyult)**

	Csoport	N	Mean	SD	SE
Diff. Más eredm. krit. ért.	Tanár	32	4.219	2.485	0.439
	Diák	77	0.494	2.718	0.310
	Tanár	32	4.375	2.537	0.448



2. ábra.: *Eltérések a YPT-RPC szakmai készségfejlesztő szerepében. (pozitív szám azt jelenti, hogy jobb a YPT tevékenység) Kék: diák, Narancssárga: tanár*

Az eltérő pontozás ellenére sem jelentkezett szignifikáns különbség a „Középiskolai fizika” és a „Kísérlet megtervezése” kompetencia között. A következőkben a RPC és YPT szakmai kompetenciái közötti különbségeinek eredményeit és összehasonlítását mutatjuk be.

Azonos irányú eltérések (a diákok és tanárok válaszainak összehasonlításában):

- „Középiskolai fizika”
- „Számolási feladatok megoldása”
- „Kísérlet kivitelezése” (útmutató alapján)
- „Kísérleti adatok értelmezése, adatelemzés”

**Összehasonlítás: Szakmai kompetenciákban jelentkező eltérések (Diff.) a YPT és az RPC között**

	Teszt	Statistic	p
<b>Diff. Mat.</b>	<b>Mann-Whitney</b>	<b>278.000</b>	<b>&lt; .001</b>
Diff. Fiz.	Mann-Whitney	983.500	0.081
<b>Diff. Szám. fel. megold.</b>	<b>Mann-Whitney</b>	<b>1741.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Diff. Kís. megtervezése</b>	<b>Mann-Whitney</b>	<b>515.500</b>	<b>&lt; .001</b>
Diff. Kís. kivitelezése	Mann-Whitney	1210.500	0.885
<b>Diff. Kís. adat. ért., adatel.</b>	<b>Mann-Whitney</b>	<b>551.000</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Diff. Numerikus szim.</b>	<b>Mann-Whitney</b>	<b>374.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Diff. Szakirodalomkut.</b>	<b>Mann-Whitney</b>	<b>407.000</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Diff. Más. eredm. krit. ért.</b>	<b>Mann-Whitney</b>	<b>355.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Diff. Saj. elm. modell kidolg.</b>	<b>Mann-Whitney</b>	<b>401.500</b>	<b>&lt; .001</b>

Megjegyzés:  $p \leq .05$  vastagon szedve.

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





- „Saját elméleti modell kidolgozása”
- „Numerikus szimulációk”
- „Szakirodalomkutatás”
- „Mások eredményeinek kritikai értékelése”

Ellentétes irányú eltérések:

- „Gimnáziumi matematika”

A nagyszámú azonos előjelű eltérés miatt kijelenthetjük, hogy a tanárok és a diákok meglehetősen hasonló hatásokat éreznek, ugyanakkor a „Középiskolai matematika” esetében úgy tűnik, hogy a tanárok hajlamosak túlbecsülni az YPT hatását – vagy alábecsülni az RPC hatását.

Összességében az eredmények arra engednek következtetni, hogy a tanárok és a diákok hasonlóképpen vélekednek a YPT és az RPC hasznosságáról, egyedüli eltérés a „Középiskolai matematika” kompetencia esetében jelentkezik. Azonban a viszonylag nagy eltérések nem elhanyagolhatóak, amelyek lehetséges oka az, hogy a tanárok hajlamosak azt gondolni, hogy a YPT-ben részt vevő tanuló gyorsabban vagy legalábbis ugyanolyan sebességgel tanulnak, mint egy hagyományos fizikaórai helyzetben. Nem szabad viszont megfélekedni arról, hogy az YPT tevékenységek sokszor találkozik a diák új helyzetekkel és kihívásokkal, amelyek színesítik a munkát, több területen megmozgatják a diákokat, így hozzájárulva számos kompetencia fejlődéséhez, ugyanakkor a munka több időt, nagyobb türelmet és figyelmet igényel, mint az átlagos fizikatanulási folyamat.

Javasoljuk a tanároknak, hogy a felkészítés során, a YPT problémák érdeklődésfelkeltő és motiváló hatása mellett mindig vegyék figyelembe a problémák újszerűségét és összetettségét, annak érdekében, hogy diákjaik számára elősegítsék az optimális tanulási folyamatok megvalósulását.



# The relationship between inquiry-based learning in YPT and the development of hard skills

*IO3 Dibali: 2019-1-SK01-KA201-060798*

## SUPPLEMENTARY MATERIALS

In this document, we provide supplementary materials that offer further details on the condensed guidelines presented in our report. These supplementary materials consist of three sections. The first section shows survey results on students' assessment of hard-skill development through regular physics classes, YPT-related activities, and other extracurricular activities. The second section present results from a survey of teachers' assessment of hard-skill development through these three types of activities. In section three, we present the comparison between students' and teachers' results in RPC and YPT. In the fourth section we present the research question and hypotheses.

### 1. Supplement: Students' Assessment of Hard-Skill Development

#### 1.1 Participants

In total, 308 students from nine countries participated in the survey. The largest share of students was from Slovakia (54%), followed by Hungary (23%), the Czech Republic (7%), and Bulgaria (7%). While gender was not included in some in surveys, for the remainder the female-male split was about one third to two thirds. In some countries the share of male participants in the survey was even 70% and beyond (Czech Republic, Hungary). In only one country (Slovenia), the share of females exceeded that of male participants.

Students were classified based on the school years until they would write their final exams. Overall, for this categorization the split was even: 19% of students were in their final school year, 26% had one and 28% had two years until completion. About one fifth of the participants still had to complete three or more years until their final exams. Slovenia constitutes somewhat of an outlier with 22% of participants in their final year and 78% of participants in their second to last school year. As part of the survey, students were asked about their regular weekly physics classes. About half of participants took four hours of weekly physics classes. In the case of students from Slovakia and Slovenia, this share is even higher at 65% and 78%, respectively. 25% of participants from Bulgaria and 19% of participants from Hungary took 5 hours or more of weekly physics classes. Students also reported the time they spent on physics-related extracurricular activities. 28% of participants reported that they spent more than 20 hours per month on physics-related extracurricular activities, another 22% answered that they spent between 10 and 20 hours per month on these activities. Again, country differences seem to persist. 43% and 44% of students from Czech Republic and Slovenia, respectively, reported that they spend more than 20 hours per month on extra-curricular activities.





Participants indicated their most recent participation in YPT-related activities. Only in the case of “Work on problems” events, more than half (53%) of the students participated in YPT-related activities at least once. In the other events the majority of students had never participated. When asked about their participation in other physics competitions and events, students gave similar responses as for YPT-related events. With the exception of Ad hoc competitions (42%) and Other Science Olympiads (50%), more than half of the students had never participated in any events. Yet 46% of students had participated in a Physics Olympiad at least once. Only a part of the participants evaluated their overall experience with YPT. Yet for these 77 participants, the overall evaluation was very positive (median of 4). Although the results also show some outliers, the evaluation seems equally positive across all countries.

## 1.2. Detailed Data Analysis and Comparison of Hard Skills between RPC, YPT and Non-YPT

### 1.2.1 Basic Statistics of Students

#### Gender of the Students

Country	Unknown		Female		Male		Total	
	#	%	#	%	#	%	#	%
Austria	13	100	0	0	0	0	13	4
Bulgaria	0	0	7	33	14	67	21	7
Czech Rep.	0	0	7	30	16	70	23	7
Germany	3	100	0	0	0	0	3	1
Hungary	1	1	19	26	52	72	72	23
Iran	1	100	0	0	0	0	1	0
Russia	1	100	0	0	0	0	1	0
Slovakia	0	0	63	38	102	62	165	54
Slovenia	0	0	5	56	4	44	9	3
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>101</b>	<b>33</b>	<b>188</b>	<b>61</b>	<b>308</b>	<b>100</b>

#### Years to final exam

Country	Unknown		0		1		2		3+		Total	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
Austria	13	100	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4
Bulgaria	0	0	7	33	6	29	4	19	4	19	21	7
Czech Rep.	0	0	9	39	5	22	6	26	3	13	23	7
Germany	3	100	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1
Hungary	1	1	22	31	22	31	22	31	5	7	72	23
Iran	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Russia	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Slovakia	0	0	20	12	40	24	53	32	52	32	165	54
Slovenia	0	0	2	22	7	78	0	0	0	0	9	3
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>60</b>	<b>19</b>	<b>80</b>	<b>26</b>	<b>85</b>	<b>28</b>	<b>64</b>	<b>21</b>	<b>308</b>	<b>100</b>

#### Regular physics classes per week

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Country	Unknown		0		1		2		3		4		5+		Total	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
Austria	13	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4
Bulgaria	0	0	2	7	1	4	7	25	0	0	11	39	7	25	28	10
Czech Rep.	0	0	2	9	1	4	0	0	9	39	11	48	0	0	23	8
Germany	3	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1
Hungary	1	1	1	1	2	3	14	19	21	29	20	27	14	19	73	25
Iran	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Russia	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Slovakia	0	0	3	2	5	4	2	1	37	27	90	65	2	1	139	48
Slovenia	0	0	0	0	0	0	0	0	2	22	7	78	0	0	9	3
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>69</b>	<b>24</b>	<b>139</b>	<b>48</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>290</b>	<b>100</b>

### Average hours spent on physics-related extracurricular activities per month

Country	Unknown		≤5		≤10		≤20		>20		Total	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
Austria	0	0	13	100	0	0	0	0	0	0	13	4
Bulgaria	4	19	2	10	3	14	5	24	7	33	21	7
Czech Rep.	3	13	1	4	1	4	8	35	10	43	23	7
Germany	0	0	3	100	0	0	0	0	0	0	3	1
Hungary	12	17	4	6	11	15	24	33	21	29	72	23
Iran	0	0	1	100	0	0	0	0	0	0	1	0
Russia	0	0	1	100	0	0	0	0	0	0	1	0
Slovakia	56	34	1	1	38	23	27	16	43	26	165	54
Slovenia	1	11	1	11	0	0	3	33	4	44	9	3
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>53</b>	<b>17</b>	<b>67</b>	<b>22</b>	<b>85</b>	<b>28</b>	<b>308</b>	<b>100</b>

### Most recent participation in YPT-related activities

Event	This year		Last year		Earlier		Never		Total
	#	%	#	%	#	%	#	%	#
Preparatory seminar	42	19	27	12	12	5	139	63	220
Work on problems	84	35	29	12	13	5	112	47	238
Regional YPT event	47	22	21	10	16	8	125	60	209
National YPT event	50	25	9	4	15	7	129	64	203
AYPT or similar international event	9	5	5	3	13	7	161	86	188
IYPT	21	11	6	3	14	7	151	79	192

### Participation in other physics competitions or preparation for them

Event	This year		Last year		Earlier		Never		Total
	#	%	#	%	#	%	#	%	#
Physics Olympiad	46	19	29	12	36	15	128	54	239

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



IJSO or EUSO	2	1	9	5	3	2	173	93	187
IYNT	2	1	2	1	5	3	176	95	185
Other Science Olympiad	60	26	24	10	32	14	117	50	233
Project Science Competition	18	15	9	8	8	7	83	70	118
Seminar or correspondence	42	20	16	7	28	13	129	60	215
Ad hoc competitions	73	32	38	17	29	13	87	38	227
Debate club or similar	18	9	14	7	17	8	156	76	205

#### Overall experience with YPT

Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
73	235	3,82	4	0,96	1	5

## 1.2.2 Data with Correlations of Students for Self-evaluation, RPC, YPT and Non-YPT

#### Self-evaluation by student

Hard Skills	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
High school mathematics	195	113	4,18	4	0,83	1	5
High school physics	266	42	3,70	4	0,96	1	5
Solve close-ended pro	274	34	4,05	4	0,84	1	5
Designing experiments	278	30	3,95	4	0,87	1	5
Conducting experiment	264	44	4,12	4	0,86	1	5
Interpreting experimental data, data analysis	265	43	3,72	4	0,93	1	5
Developing own theoretical model	266	42	3,70	4	0,96	1	5
Numerical simulations	278	30	3,95	4	0,87	1	5
Independent research in scientific literature	195	113	4,18	4	0,83	1	5
Critical assessment of others' results	244	64	3,31	3	1,15	1	5

#### Usefulness of RPC (regular physics classes)

Hard Skills	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
High school mathematics	198	110	4,04	4	0,88	1	5
High school physics	263	45	3,35	3	1,14	1	5
Solve close-ended pro	267	41	4,07	4	0,92	1	5
Designing experiments	259	49	3,64	4	1,09	1	5
Conducting experiment	262	46	3,94	4	1,08	1	5
Interpreting experimental data, data analysis	258	50	3,35	3	1,19	1	5
Developing own theoretical model	263	45	3,35	3	1,14	1	5
Numerical simulations	259	49	3,64	4	1,09	1	5
Independent research in scientific literature	198	110	4,04	4	0,88	1	5
Critical assessment of others' results	239	69	2,89	3	1,20	1	5



**Usefulness of YPT activities**

Hard Skills	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
High school mathematics	140	168	3,63	4	1,00	1	5
High school physics	192	116	4,01	4	1,00	1	5
Solve close-ended pro	193	115	3,58	4	0,99	1	5
Designing experiments	204	104	3,81	4	1,04	1	5
Conducting experiment	184	124	4,04	4	0,97	1	5
Interpreting experimental data, data analysis	182	126	3,85	4	1,00	1	5
Developing own theoretical model	192	116	4,01	4	1,00	1	5
Numerical simulations	204	104	3,81	4	1,04	1	5
Independent research in scientific literature	140	168	3,63	4	1,00	1	5
Critical assessment of others' results	181	127	3,43	3	1,12	1	5

**Usefulness of Non-YPT activities**

Hard Skills	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
High school mathematics	189	119	4,11	4	1,00	1	5
High school physics	246	62	3,72	4	1,01	1	5
Solve close-ended pro	246	62	3,97	4	0,99	1	5
Designing experiments	245	63	3,81	4	0,95	1	5
Conducting experiment	239	69	3,85	4	1,01	1	5
Interpreting experimental data, data analysis	240	68	3,70	4	1,04	1	5
Developing own theoretical model	246	62	3,72	4	1,01	1	5
Numerical simulations	245	63	3,81	4	0,95	1	5
Independent research in scientific literature	189	119	4,11	4	1,00	1	5
Critical assessment of others' results	225	83	3,45	3	1,14	1	5

**Correlations in Self Evaluations of Hard Skills**

	Hard Skills	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	High school mathematics	1,00									
2	High school physics	0,43	1,00								
3	Solve close-ended pro	0,47	0,41	1,00							
4	Designing experiments	0,37	0,29	0,51	1,00						
5	Conducting experiment	0,56	0,39	0,66	0,63	1,00					
6	Interpreting experimental data, data analysis	0,61	0,33	0,39	0,24	0,45	1,00				
7	Developing own theoretical model	0,55	0,34	0,25	0,28	0,25	0,59	1,00			
8	Numerical simulations	0,52	0,42	0,52	0,38	0,46	0,43	0,18	1,00		
9	Independent research in scientific literature	0,47	0,35	0,31	0,29	0,33	0,38	0,19	0,56	1,00	
10	Critical assessment of others' results	0,47	0,47	0,23	0,27	0,30	0,41	0,41	0,41	0,40	1,00

Note: Pearson correlation coefficients.

**Correlation in Usefulness of RPC**

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



	Hard Skills	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	High school mathematics	1,00									
2	High school physics	0,54	1,00								
3	Solve close-ended pro	0,44	0,75	1,00							
4	Designing experiments	0,38	0,44	0,50	1,00						
5	Conducting experiment	0,48	0,39	0,44	0,67	1,00					
6	Interpreting experimental data, data analysis	0,43	0,41	0,50	0,67	0,69	1,00				
7	Developing own theoretical model	0,37	0,45	0,48	0,59	0,46	0,61	1,00			
8	Numerical simulations	0,25	0,20	0,23	0,54	0,47	0,54	0,58	1,00		
9	Independent research in scientific literature	0,31	0,37	0,31	0,59	0,50	0,53	0,60	0,59	1,00	
10	Critical assessment of others' results	0,32	0,29	0,29	0,55	0,48	0,54	0,55	0,56	0,75	1,00

Note: Pearson correlation coefficients.

### Correlations in Usefulness of YPT activities

	Hard Skills	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	High school mathematics	1,00									
2	High school physics	0,65	1,00								
3	Solve close-ended pro	0,53	0,43	1,00							
4	Designing experiments	0,65	0,50	0,61	1,00						
5	Conducting experiment	0,78	0,62	0,71	0,74	1,00					
6	Interpreting experimental data, data analysis	0,86	0,63	0,57	0,66	0,79	1,00				
7	Developing own theoretical model	0,74	0,56	0,63	0,67	0,69	0,75	1,00			
8	Numerical simulations	0,80	0,57	0,52	0,67	0,77	0,74	0,63	1,00		
9	Independent research in scientific literature	0,54	0,45	0,43	0,50	0,53	0,53	0,39	0,60	1,00	
10	Critical assessment of others' results	0,71	0,60	0,41	0,51	0,60	0,66	0,59	0,65	0,57	1,00

Note: Pearson correlation coefficients.

### 1.2.3 Differences in usefulness of RPC, YPT and other activities for Hard Skills

To verify the descriptive statistics from above, we use t-tests to test differences between the perceived usefulness of regular physics classes, YPT-related activities, and other activities. The results give a highly differentiated picture. While regular physics classes seem to be more useful to “Solve close-ended problems” ( $p = 0,000$ ) than YPT-related activities, we find that YPT-related activities and other activities are more useful than regular physics classes for “Designing experiments”, “Interpreting experimental data, data analysis”, “Developing own theoretical model”, “Numerical simulations”, “Independent research in scientific literature”, and “Critical assessment of others’ results”. We also observe that YPT-related activities are perceived as more useful than other activities to develop skills for “Interpreting experimental data, data analysis” ( $p = 0,003$ ), “Developing own theoretical model” ( $p = 0,000$ ), “Numerical simulations” ( $p = 0,000$ ), and “Critical assessment of others’ results” ( $p = 0,039$ ). On the other hand, other activities appear more useful than YPT-related activities to develop abilities to “Solve close-ended problems” ( $p = 0,010$ ) and to conduct “Independent research in scientific literature” ( $p = 0,000$ ).

#### Usefulness of RPC vs. YPT activities

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Hard Skills	t	df	p
High school mathematics	0,288	136	0,774
High school physics	0,524	184	0,601
Solve close-ended problems	<b>4,409</b>	<b>178</b>	<b>0,000</b>
Designing experiments	<b>-3,157</b>	<b>131</b>	<b>0,002</b>
Conducting experiment	-0,095	176	0,924
Interpreting experimental data, data analysis	<b>-3,593</b>	<b>180</b>	<b>0,000</b>
Developing own theoretical model	<b>-8,185</b>	<b>173</b>	<b>0,000</b>
Numerical simulations	<b>-7,447</b>	<b>170</b>	<b>0,000</b>
Independent research in scientific literature	<b>-1,760</b>	<b>169</b>	<b>0,080</b>
Critical assessment of others' results	<b>-4,323</b>	<b>173</b>	<b>0,000</b>

Note: Student's t-Test, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

### Usefulness of RPC vs. Non-YPT activities

Hard Skills	t	df	p
High school mathematics	-1,160	185	0,248
High school physics	0,419	262	0,676
Solve close-ended problems	1,425	240	0,156
Designing experiments	<b>-4,715</b>	<b>240</b>	<b>0,000</b>
Conducting experiment	1,108	232	0,269
Interpreting experimental data, data analysis	<b>-2,156</b>	<b>238</b>	<b>0,032</b>
Developing own theoretical model	<b>-5,971</b>	<b>228</b>	<b>0,000</b>
Numerical simulations	<b>-6,490</b>	<b>216</b>	<b>0,000</b>
Independent research in scientific literature	<b>-8,060</b>	<b>238</b>	<b>0,000</b>
Critical assessment of others' results	<b>-4,315</b>	<b>233</b>	<b>0,000</b>

Note: Student's t-Test, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

### Usefulness of YPT activities vs. other activities

Hard Skills	t	df	p
High school mathematics	-1,000	128	0,319
High school physics	-0,495	178	0,621
Solve close-ended problems	<b>-2,588</b>	<b>169</b>	<b>0,010</b>
Designing experiments	-0,076	127	0,939
Conducting experiment	0,648	168	0,518
Interpreting experimental data, data analysis	<b>2,970</b>	<b>175</b>	<b>0,003</b>
Developing own theoretical model	<b>4,345</b>	<b>162</b>	<b>0,000</b>
Numerical simulations	<b>3,765</b>	<b>166</b>	<b>0,000</b>
Independent research in scientific literature	<b>-4,069</b>	<b>171</b>	<b>0,000</b>
Critical assessment of others' results	<b>2,079</b>	<b>168</b>	<b>0,039</b>

Note: Student's t-Test, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.



### 1.3 Impact of years to final exam on usefulness of RPC, YPT and other activities

For regular physics classes, we find lower perceived usefulness for “High school mathematics” ( $p = 0,046$ ) for students who still had two years until their final exam. Students that were three or more years away from their final exam indicated lower usefulness to develop skills for “High school physics” ( $p = 0,064$ ) and to “Solve close-ended problems” ( $p = 0,052$ ). At the same time, students who had only one or two years left until the final exam considered regular physics classes more useful for “Developing own theoretical model”, “Numerical simulations”, “Independent research in scientific literature”, and “Critical assessment of others’ results”. With few exceptions, students that were three or more years away from their final exam considered YPT-related activities as less useful to develop their hard skills than students who were closer to their final exams. With the exception of “High school mathematics”, “Conducting experiment”, and “Critical assessment of others' results”, we found no differences in the perceived usefulness of participation in other activities based on time to final exam.

**Differences in usefulness of regular classes based on years to final exam**

Hard Skills – RPC	1	2	3+	R <sup>2</sup>
High school mathematics	-0,205	<b>-0,357</b>	-0,155	0,021
Std. Error	0,177	<b>0,178</b>	0,200	
p-value	0,246	<b>0,046</b>	0,440	
High school physics	-0,087	-0,164	<b>-0,315</b>	0,014
Std. Error	0,159	0,158	<b>0,169</b>	
p-value	0,584	0,301	<b>0,064</b>	
Solve close-ended problems	-0,042	-0,136	<b>-0,338</b>	0,018
Std. Error	0,163	0,162	<b>0,173</b>	
p-value	0,796	0,402	<b>0,052</b>	
Designing experiments	0,069	0,319	0,018	0,014
Std. Error	0,202	0,199	0,215	
p-value	0,732	0,110	0,934	
Conducting experiment	0,120	0,311	0,310	0,014
Std. Error	0,193	0,191	0,202	
p-value	0,534	0,104	0,126	
Interpreting experimental data, data analysis	0,209	0,316	<b>0,396</b>	0,016
Std. Error	0,195	0,194	<b>0,208</b>	
p-value	0,286	0,104	<b>0,058</b>	
Developing own theoretical model	<b>0,356</b>	<b>0,561</b>	0,187	0,036
Std. Error	<b>0,196</b>	<b>0,194</b>	0,210	
p-value	<b>0,071</b>	<b>0,004</b>	0,373	
Numerical simulations	0,185	<b>0,831</b>	<b>0,667</b>	0,080
Std. Error	0,217	<b>0,213</b>	<b>0,230</b>	
p-value	0,393	<b>0,000</b>	<b>0,004</b>	
Independent research in scientific literature	<b>0,428</b>	<b>0,715</b>	<b>0,428</b>	0,043
Std. Error	<b>0,217</b>	<b>0,213</b>	<b>0,225</b>	
p-value	<b>0,049</b>	<b>0,001</b>	<b>0,059</b>	

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





Critical assessment of others' results	<b>0,434</b>	<b>0,606</b>	<b>0,591</b>	0,038
Std. Error	<b>0,210</b>	<b>0,208</b>	<b>0,223</b>	
p-value	<b>0,040</b>	<b>0,004</b>	<b>0,008</b>	

Note: Linear regression, baseline: year of final exam, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

### Differences in usefulness of YPT activities based on years to final exam

Hard Skills – YPT	1	2	3+	R <sup>2</sup>
High school mathematics	-0,188	<b>-0,851</b>	<b>-0,877</b>	0,152
Std. Error	0,184	<b>0,188</b>	<b>0,206</b>	
p-value	0,310	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	
High school physics	-0,108	<b>-0,386</b>	<b>-0,690</b>	0,069
Std. Error	0,187	<b>0,190</b>	<b>0,210</b>	
p-value	0,566	<b>0,044</b>	<b>0,001</b>	
Solve close-ended problems	0,094	-0,223	-0,230	0,021
Std. Error	0,194	0,200	0,216	
p-value	0,628	0,266	0,288	
Designing experiments	-0,100	<b>-0,394</b>	-0,311	0,025
Std. Error	0,221	<b>0,233</b>	0,268	
p-value	0,653	<b>0,094</b>	0,249	
Conducting experiment	-0,157	<b>-0,645</b>	<b>-0,775</b>	0,094
Std. Error	0,193	<b>0,198</b>	<b>0,220</b>	
p-value	0,417	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	
Interpreting experimental data, data analysis	-0,222	<b>-0,580</b>	<b>-0,862</b>	0,095
Std. Error	0,188	<b>0,193</b>	<b>0,216</b>	
p-value	0,240	<b>0,003</b>	<b>0,000</b>	
Developing own theoretical model	-0,159	<b>-0,536</b>	<b>-0,659</b>	0,071
Std. Error	0,188	<b>0,193</b>	<b>0,216</b>	
p-value	0,400	<b>0,006</b>	<b>0,003</b>	
Numerical simulations	-0,133	<b>-0,673</b>	<b>-0,790</b>	0,087
Std. Error	0,216	<b>0,222</b>	<b>0,243</b>	
p-value	0,537	<b>0,003</b>	<b>0,001</b>	
Independent research in scientific literature	-0,160	-0,290	-0,395	0,016
Std. Error	0,228	0,229	0,254	
p-value	0,484	0,207	0,121	
Critical assessment of others' results	-0,163	<b>-0,432</b>	<b>-0,769</b>	0,072
Std. Error	0,199	<b>0,200</b>	<b>0,225</b>	
p-value	0,413	<b>0,032</b>	<b>0,001</b>	

Note: Linear regression, baseline: year of final exam, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

### Differences in usefulness of other Non-YPT activities based on years to final exam

Hard Skills – Non-YPT	1	2	3+	R <sup>2</sup>
High school mathematics	0,165	<b>0,348</b>	0,047	0,018



Std. Error	0,201	<b>0,205</b>	0,230	
p-value	0,411	<b>0,091</b>	0,840	
High school physics	0,047	-0,018	0,000	0,001
Std. Error	0,166	0,168	0,180	
p-value	0,780	0,917	0,999	
Solve close-ended problems	0,185	0,130	-0,033	0,008
Std. Error	0,180	0,182	0,192	
p-value	0,305	0,475	0,864	
Designing experiments	0,072	0,101	0,019	0,002
Std. Error	0,185	0,185	0,196	
p-value	0,696	0,584	0,925	
Conducting experiment	<b>0,335</b>	<b>0,337</b>	0,176	0,018
Std. Error	<b>0,188</b>	<b>0,186</b>	0,197	
p-value	<b>0,076</b>	<b>0,072</b>	0,371	
Interpreting experimental data, data analysis	0,225	0,086	-0,046	0,012
Std. Error	0,175	0,173	0,185	
p-value	0,199	0,620	0,805	
Developing own theoretical model	0,159	0,257	0,020	0,011
Std. Error	0,192	0,191	0,204	
p-value	0,410	0,180	0,923	
Numerical simulations	0,214	0,199	0,236	0,006
Std. Error	0,217	0,216	0,235	
p-value	0,325	0,358	0,317	
Independent research in scientific literature	0,212	-0,060	0,082	0,013
Std. Error	0,176	0,177	0,187	
p-value	0,229	0,733	0,662	
Critical assessment of others' results	<b>0,357</b>	<b>0,357</b>	0,224	0,018
Std. Error	<b>0,192</b>	<b>0,195</b>	0,206	
p-value	<b>0,064</b>	<b>0,068</b>	0,278	

Note: Linear regression, baseline: year of final exam, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

## 1.4 Impact of physics classes on usefulness of RPC, YPT and other activities

We test the hypothesis that the perceived usefulness of regular physics classes, YPT-related activities, and other activities depends on the students' weekly physics classes. Below, we show regression results for the perceived usefulness with the responses of students without weekly physics classes as baseline.

Contrary to our expectations, we observe that students perceive their regular physics classes as more useful to develop skills for "Numerical simulations" when they attend only few ( $\leq 3$  hours) weekly physics classes. At the same time, except for "Critical assessment of others' results", we find no differences in the perceived usefulness of YPT-related activities contingent on the number of weekly physics classes. However, we observe lower perceived usefulness of participation in other activities for students who take only little (1 hour) weekly physics classes.



**Differences in usefulness of regular classes based on regular physics classes per week**

<b>Hard Skills – RPC</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5+</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
High school mathematics	-0,310	-0,210	-0,143	0,012	0,106	0,018
Std. Error	0,493	0,373	0,387	0,399	0,408	
p-value	0,531	0,575	0,712	0,976	0,795	
High school physics	0,268	0,106	0,219	0,443	0,325	0,018
Std. Error	0,472	0,353	0,362	0,373	0,396	
p-value	0,571	0,764	0,547	0,237	0,412	
Solve close-ended problems	0,643	0,089	0,299	0,327	0,506	0,028
Std. Error	0,511	0,356	0,366	0,378	0,399	
p-value	0,210	0,803	0,414	0,387	0,205	
Designing experiments	0,667	0,508	0,548	0,693	0,258	0,013
Std. Error	0,617	0,477	0,488	0,502	0,526	
p-value	0,281	0,288	0,263	0,168	0,625	
Conducting experiment	0,738	0,547	0,587	0,436	0,253	0,014
Std. Error	0,600	0,419	0,429	0,444	0,468	
p-value	0,220	0,192	0,172	0,327	0,589	
Interpreting experimental data, data analysis	0,625	0,303	0,140	0,403	0,244	0,011
Std. Error	0,567	0,400	0,410	0,428	0,455	
p-value	0,272	0,450	0,733	0,348	0,593	
Developing own theoretical model	0,881	0,332	0,527	0,444	0,262	0,015
Std. Error	0,612	0,460	0,471	0,485	0,510	
p-value	0,152	0,472	0,264	0,361	0,608	
Numerical simulations	<b>1,381</b>	0,580	<b>0,856</b>	0,273	-0,083	0,066
Std. Error	<b>0,654</b>	0,493	<b>0,504</b>	0,522	0,548	
p-value	<b>0,036</b>	0,240	<b>0,091</b>	0,602	0,879	
Independent research in scientific literature	-0,167	-0,154	-0,214	-0,375	-0,600	0,012
Std. Error	0,633	0,502	0,513	0,535	0,559	
p-value	0,793	0,760	0,677	0,484	0,284	
Critical assessment of others' results	-0,107	0,160	0,125	0,128	-0,250	0,009
Std. Error	0,618	0,436	0,448	0,466	0,500	
p-value	0,863	0,714	0,780	0,783	0,617	

Note: Linear regression, baseline: no weekly physics classes, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

**Differences in usefulness of YPT activities based on regular physics classes per week**

<b>Hard Skills - RPC</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5+</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
High school mathematics	0,917	0,545	0,652	<b>1,105</b>	0,883	0,055
Std. Error	0,630	0,499	0,511	<b>0,518</b>	0,549	
p-value	0,147	0,276	0,203	<b>0,034</b>	0,109	
High school physics	0,143	-0,230	0,023	0,167	0,400	0,046
Std. Error	0,589	0,481	0,491	0,500	0,529	
p-value	0,809	0,633	0,962	0,739	0,450	
Solve close-ended problems	0,433	0,072	0,325	0,406	0,529	0,030

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Std. Error	0,590	0,448	0,462	0,470	0,508	
p-value	0,464	0,873	0,483	0,388	0,299	
Designing experiments	0,500	-0,323	0,161	0,290	0,067	0,077
Std. Error	0,691	0,577	0,593	0,600	0,618	
p-value	0,471	0,577	0,786	0,630	0,914	
Conducting experiment	0,393	-0,098	0,250	0,485	0,450	0,059
Std. Error	0,629	0,513	0,525	0,530	0,565	
p-value	0,533	0,848	0,635	0,361	0,427	
Interpreting experimental data, data analysis	0,250	0,008	0,440	0,656	0,500	0,070
Std. Error	0,611	0,498	0,510	0,517	0,545	
p-value	0,683	0,987	0,389	0,206	0,360	
Developing own theoretical model	0,200	-0,092	0,122	0,323	0,000	0,026
Std. Error	0,613	0,446	0,459	0,467	0,501	
p-value	0,745	0,837	0,791	0,491	1,000	
Numerical simulations	0,417	-0,272	0,250	0,350	0,250	0,064
Std. Error	0,708	0,561	0,575	0,584	0,617	
p-value	0,557	0,628	0,664	0,550	0,686	
Independent research in scientific literature	1,083	0,506	0,957	0,650	1,036	0,046
Std. Error	0,717	0,568	0,582	0,591	0,630	
p-value	0,133	0,375	0,102	0,273	0,102	
Critical assessment of others' results	0,417	0,394	<b>0,869</b>	0,853	0,821	0,060
Std. Error	0,635	0,503	<b>0,514</b>	0,524	0,557	
p-value	0,512	0,435	<b>0,093</b>	0,105	0,142	

Note: Linear regression, baseline: no weekly physics classes, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

#### Differences in usefulness of other Non-YPT activities based on RPC per week

Hard Skills – Non-YPT	1	2	3	4	5+	R <sup>2</sup>
High school mathematics	-1,429	-0,247	-0,403	-0,021	-0,571	0,073
Std. Error	0,523	0,384	0,401	0,415	0,427	
p-value	0,007	0,521	0,317	0,959	0,182	
High school physics	<b>-0,875</b>	-0,328	-0,153	0,039	-0,114	0,035
Std. Error	<b>0,471</b>	0,343	0,354	0,366	0,389	
p-value	<b>0,064</b>	0,340	0,665	0,914	0,770	
Solve close-ended problems	<b>-0,917</b>	-0,326	-0,302	-0,132	-0,159	0,019
Std. Error	<b>0,533</b>	0,360	0,372	0,387	0,407	
p-value	<b>0,086</b>	0,366	0,418	0,733	0,696	
Designing experiments	-0,196	0,044	0,276	0,343	0,229	0,019
Std. Error	0,525	0,395	0,405	0,420	0,445	
p-value	0,709	0,911	0,497	0,415	0,608	
Conducting experiment	-0,250	0,052	0,232	0,187	0,000	0,011
Std. Error	0,546	0,369	0,382	0,400	0,423	
p-value	0,647	0,889	0,543	0,639	1,000	
Interpreting experimental data, data analysis	-0,321	-0,006	0,017	0,393	0,139	0,026

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Std. Error	0,490	0,346	0,356	0,371	0,402	
p-value	0,513	0,985	0,963	0,291	0,730	
Developing own theoretical model	<b>-0,571</b>	<b>-0,620</b>	<b>-0,357</b>	<b>-0,371</b>	<b>-0,254</b>	<b>0,025</b>
Std. Error	0,548	0,400	0,411	0,424	0,457	
p-value	0,298	0,122	0,386	0,382	0,579	
Numerical simulations	0,429	0,272	0,660	0,667	0,600	0,031
Std. Error	0,632	0,477	0,489	0,501	0,529	
p-value	0,499	0,570	0,179	0,185	0,258	
Independent research in scientific literature	<b>-0,619</b>	<b>-0,401</b>	<b>-0,253</b>	<b>-0,369</b>	<b>-0,186</b>	<b>0,012</b>
Std. Error	0,490	0,378	0,388	0,402	0,427	
p-value	0,207	0,289	0,515	0,359	0,664	
Critical assessment of others' results	<b>-0,857</b>	<b>-0,105</b>	<b>-0,047</b>	<b>-0,218</b>	<b>-0,457</b>	<b>0,023</b>
Std. Error	0,577	0,404	0,415	0,429	0,456	
p-value	0,139	0,795	0,910	0,611	0,317	

Note: Linear regression, baseline: no weekly physics classes, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

### 1.5 Impact of participation in YPT on usefulness of RPC, YPT and other activities

For some types of hard skills, we observe that students that participated in YPT-related activities consider RPC and other Non-YPT activities as less useful to develop these hard skills. What is interesting is that we observe these effects only for students that participated in YPT-related activities some time ago but not for students that recently participated in these activities. This may suggest that synergies between the YPT-related activities and regular physics classes as well as other activities are limited. We observe no differences in the perceived usefulness of YPT-related activities based on the most recent participation.

#### Differences in usefulness of RPC based on most recent participation in YPT activities

Hard Skills - RPC	Earlier	This year	R <sup>2</sup>
High school mathematics	<b>-0,900</b>	0,481	0,135
Std. Error	<b>0,264</b>	0,531	
p-value	<b>0,001</b>	0,368	
High school physics	<b>-0,747</b>	0,279	0,070
Std. Error	<b>0,217</b>	0,451	
p-value	<b>0,001</b>	0,537	
Solve close-ended problems	<b>-0,979</b>	0,493	0,119
Std. Error	<b>0,218</b>	0,442	
p-value	<b>0,000</b>	0,266	
Designing experiments	<b>-1,310</b>	-0,250	0,130
Std. Error	<b>0,266</b>	0,576	
p-value	<b>0,000</b>	0,665	
Conducting experiment	<b>-1,219</b>	-0,528	0,125
Std. Error	<b>0,255</b>	0,553	
p-value	<b>0,000</b>	0,341	
Interpreting experimental data, data analysis	<b>-1,621</b>	-0,771	0,206

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Std. Error	<b>0,254</b>	0,621	
p-value	<b>0,000</b>	0,216	
Developing own theoretical model	<b>-1,191</b>	-0,341	0,123
Std. Error	<b>0,256</b>	0,624	
p-value	<b>0,000</b>	0,586	
Numerical simulations	<b>-1,262</b>	-1,962	0,134
Std. Error	<b>0,279</b>	1,164	
p-value	<b>0,000</b>	0,094	
Independent research in scientific literature	<b>-1,405</b>	-0,355	0,144
Std. Error	<b>0,271</b>	0,806	
p-value	<b>0,000</b>	0,661	
Critical assessment of others' results	<b>-1,349</b>	0,051	0,116
Std. Error	<b>0,297</b>	0,630	
p-value	<b>0,000</b>	0,936	

Note: Linear regression, baseline: no participation, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

### Differences in usefulness of YPT activities based on most recent participation in YPT activities

Hard Skills - YPT	Earlier	This year	R <sup>2</sup>
High school mathematics	0,297	0,547	0,022
Std. Error	0,263	0,493	
p-value	0,261	0,271	
High school physics	-0,005	0,307	0,004
Std. Error	0,256	0,482	
p-value	0,984	0,525	
Solve close-ended problems	-0,120	-0,517	0,011
Std. Error	0,265	0,511	
p-value	0,651	0,314	
Designing experiments	0,286	0,548	0,028
Std. Error	0,299	0,580	
p-value	0,344	0,349	
Conducting experiment	0,211	0,785	0,028
Std. Error	0,258	0,497	
p-value	0,414	0,117	
Interpreting experimental data, data analysis	0,238	<b>0,944</b>	0,043
Std. Error	0,240	<b>0,464</b>	
p-value	0,324	<b>0,044</b>	
Developing own theoretical model	0,221	0,560	0,023
Std. Error	0,226	0,435	
p-value	0,330	0,202	
Numerical simulations	0,383	-0,055	0,014
Std. Error	0,314	0,591	
p-value	0,226	0,927	
Independent research in scientific literature	0,297	0,297	0,010

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Std. Error	0,314	0,590	
p-value	0,347	0,616	
Critical assessment of others' results	0,208	0,641	0,021
Std. Error	0,271	0,494	
p-value	0,444	0,197	

Note: Linear regression, baseline: no participation, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

### Differences in usefulness of other Non-YPT activities based on most recent participation in YPT activities

Hard Skills – Non-YPT	Earlier	This year	R <sup>2</sup>
High school mathematics	-0,484	-0,217	0,031
Std. Error	0,298	0,750	
p-value	0,108	0,773	
High school physics	-0,241	-0,386	0,011
Std. Error	0,219	0,455	
p-value	0,274	0,398	
Solve close-ended problems	-0,075	-0,075	0,001
Std. Error	0,239	0,569	
p-value	0,755	0,896	
Designing experiments	<b>-0,563</b>	0,508	0,036
Std. Error	<b>0,258</b>	0,615	
p-value	<b>0,031</b>	0,410	
Conducting experiment	<b>-0,895</b>	0,000	0,088
Std. Error	<b>0,237</b>	0,688	
p-value	<b>0,000</b>	1,000	
Interpreting experimental data, data analysis	<b>-0,939</b>	0,394	0,099
Std. Error	<b>0,239</b>	0,554	
p-value	<b>0,000</b>	0,478	
Developing own theoretical model	<b>-0,470</b>	-1,119	0,042
Std. Error	<b>0,259</b>	0,614	
p-value	<b>0,071</b>	0,070	
Numerical simulations	<b>-0,668</b>	-0,563	0,040
Std. Error	<b>0,289</b>	0,684	
p-value	<b>0,022</b>	0,412	
Independent research in scientific literature	<b>-1,053</b>	0,667	0,131
Std. Error	<b>0,227</b>	0,542	
p-value	<b>0,000</b>	0,221	
Critical assessment of others' results	<b>-1,199</b>	0,503	0,141
Std. Error	<b>0,249</b>	0,592	
p-value	<b>0,000</b>	0,398	

Note: Linear regression, baseline: no participation, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.





## 1.6 Impact of participation in Non-YPT competitions on usefulness of RPC, YPT and other activities

We test the hypothesis that the perceived usefulness of regular physics classes, YPT-related activities, and other activities depends on the students' most recent participation in other, non-YPT activities. Below, we show regression results for the perceived usefulness with the responses of students who never participated in other activities as baseline. Depending on the year of the survey, the year of reference—"This year"—is either 2021 or 2020.

For some types of hard skills, we observe that students that participated in Non-YPT activities consider regular physics classes as less useful—particularly in case of “High school physics” and the ability to “Solve close-ended problems”. We also find that students that participated in other activities considered YPT-related activities as more useful to develop the skills for “Developing own theoretical model” and “Independent research in scientific literature”. This, in contrast to the results above, suggests that there may be synergies between the YPT-related activities and Non-YPT activities. Only in the case of “Independent research in scientific literature”, we observe differences in the perceived usefulness of Non-YPT activities contingent on the most recent participation in these activities.

### Differences in usefulness of RPC based on most recent participation in other Non-YPT activities

Hard Skills - RPC	Earlier	This year	R <sup>2</sup>
High school mathematics	-0,277	<b>-2,194</b>	0,076
Std. Error	0,211	<b>0,895</b>	
p-value	0,193	<b>0,016</b>	
High school physics	-0,384	<b>-2,134</b>	0,074
Std. Error	0,232	<b>0,980</b>	
p-value	0,100	<b>0,032</b>	
Solve close-ended problems	<b>-0,454</b>	<b>-2,246</b>	0,090
Std. Error	<b>0,232</b>	<b>0,978</b>	
p-value	<b>0,053</b>	<b>0,024</b>	
Designing experiments	-0,302	-1,222	0,021
Std. Error	0,300	1,280	
p-value	0,317	0,342	
Conducting experiment	-0,139	-1,619	0,018
Std. Error	0,317	1,354	
p-value	0,662	0,235	
Interpreting experimental data, data analysis	<b>-0,797</b>	-1,547	0,084
Std. Error	<b>0,306</b>	1,287	
p-value	<b>0,011</b>	0,233	
Developing own theoretical model	<b>-0,649</b>	-1,190	0,069
Std. Error	<b>0,275</b>	1,155	
p-value	<b>0,021</b>	0,306	
Numerical simulations	-0,295	-0,339	0,017
Std. Error	0,255	1,055	
p-value	0,251	0,749	
Independent research in scientific literature	-0,378	-0,937	0,022

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Std. Error	0,301	1,287	
p-value	0,213	0,468	
Critical assessment of others' results	-0,086	-0,726	0,004
Std. Error	0,313	1,331	
p-value	0,784	0,587	

Note: Linear regression, baseline: no participation, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

### Differences in usefulness of YPT activities based on most recent participation in other Non-YPT activities

Hard Skills - YPT	Earlier	This year	R <sup>2</sup>
High school mathematics	0,190	-1,190	0,040
Std. Error	0,241	0,911	
p-value	0,432	0,196	
High school physics	-0,306	-1,163	0,046
Std. Error	0,240	0,912	
p-value	0,208	0,207	
Solve close-ended problems	0,198	-0,756	0,021
Std. Error	0,259	0,991	
p-value	0,446	0,449	
Designing experiments	0,388	-0,707	0,046
Std. Error	0,265	0,998	
p-value	0,148	0,481	
Conducting experiment	0,156	-1,225	0,041
Std. Error	0,238	0,893	
p-value	0,514	0,175	
Interpreting experimental data, data analysis	0,159	-1,250	0,041
Std. Error	0,225	0,872	
p-value	0,482	0,157	
Developing own theoretical model	<b>0,425</b>	-1,146	0,103
Std. Error	<b>0,209</b>	0,787	
p-value	<b>0,046</b>	0,150	
Numerical simulations	0,190	-1,048	0,026
Std. Error	0,277	1,050	
p-value	0,495	0,322	
Independent research in scientific literature	<b>0,643</b>	-0,357	0,063
Std. Error	<b>0,334</b>	1,200	
p-value	<b>0,059</b>	0,767	
Critical assessment of others' results	0,048	-1,000	0,015
Std. Error	0,283	1,069	
p-value	0,867	0,353	

Note: Linear regression, baseline: no participation, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.



**Differences in usefulness of Non-YPT activities based on most recent participation in Non-YPT activities**

Hard Skills - Other	Earlier	This year	R <sup>2</sup>
High school mathematics	0,163	-0,045	0,005
Std. Error	0,255	1,078	
p-value	0,525	0,966	
High school physics	0,039	-0,121	0,001
Std. Error	0,215	0,921	
p-value	0,857	0,896	
Solve close-ended problems	0,247	0,081	0,011
Std. Error	0,254	1,066	
p-value	0,333	0,940	
Designing experiments	-0,063	0,328	0,002
Std. Error	0,287	1,183	
p-value	0,826	0,782	
Conducting experiment	-0,069	0,322	0,002
Std. Error	0,267	1,095	
p-value	0,796	0,769	
Interpreting experimental data, data analysis	-0,132	0,172	0,004
Std. Error	0,247	1,010	
p-value	0,594	0,865	
Developing own theoretical model	0,250	0,386	0,013
Std. Error	0,259	1,042	
p-value	0,339	0,712	
Numerical simulations	-0,354	0,596	0,021
Std. Error	0,310	1,203	
p-value	0,258	0,621	
Independent research in scientific literature	<b>-0,578</b>	0,031	0,058
Std. Error	<b>0,253</b>	1,050	
p-value	<b>0,025</b>	0,977	
Critical assessment of others' results	-0,359	0,459	0,020
Std. Error	0,298	1,209	
p-value	0,232	0,705	

Note: Linear regression, baseline: no participation, coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.



## 1.7 Country differences

### 1.7.1 Across-country differences

To test the impact of country differences on our results, we use ANOVA to test for differences in self-evaluation and perceived usefulness of regular physics classes, YPT-related activities, and other activities contingent on the student's home country. We observe that students' self-evaluations for most types of hard skills differ by country. We find across-country differences in the perceived usefulness of regular physics classes for eight out of ten hard skills. In the case of YPT-related activities, however, we observe that the perceived usefulness for all types of hard skills depends on students' home countries. We observe country differences for five out of ten types of hard skills for the perceived usefulness of participation in other activities.

#### Differences in self-evaluation based on country

Hard Skills – self-evaluation	df	F	p
High school mathematics	<b>12,899</b>	<b>2,231</b>	<b>0,026</b>
High school physics	2,230	0,322	0,957
Solve close-ended problems	5,077	1,031	0,410
Designing experiments	<b>12,170</b>	<b>4,770</b>	<b>0,001</b>
Conducting experiment	<b>13,233</b>	<b>4,432</b>	<b>0,002</b>
Interpreting experimental data, data analysis	<b>13,632</b>	<b>3,829</b>	<b>0,005</b>
Developing own theoretical model	1,349	0,453	0,770
Numerical simulations	<b>23,109</b>	<b>5,440</b>	<b>0,000</b>
Independent research in scientific literature	6,652	1,267	0,284
Critical assessment of others' results	2,050	0,592	0,669

Note: ANOVA (Value ~ Country), coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

#### Differences in usefulness of regular physics classes based on country

Hard Skills – RPC	df	F	p
High school mathematics	<b>8,264</b>	<b>2,742</b>	<b>0,030</b>
High school physics	1,226	0,365	0,833
Solve close-ended problems	2,683	0,785	0,536
Designing experiments	<b>13,066</b>	<b>2,579</b>	<b>0,038</b>
Conducting experiment	<b>38,296</b>	<b>9,334</b>	<b>0,000</b>
Interpreting experimental data, data analysis	<b>21,258</b>	<b>4,719</b>	<b>0,001</b>
Developing own theoretical model	5,550	1,154	0,332
Numerical simulations	<b>48,752</b>	<b>9,621</b>	<b>0,000</b>
Independent research in scientific literature	<b>27,770</b>	<b>5,158</b>	<b>0,001</b>
Critical assessment of others' results	<b>56,740</b>	<b>11,722</b>	<b>0,000</b>

Note: ANOVA (Value ~ Country), coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.



### Differences in usefulness of YPT activities based on country

Hard Skills – YPT	df	F	p
High school mathematics	<b>52,205</b>	<b>7,542</b>	<b>0,000</b>
High school physics	<b>53,342</b>	<b>7,649</b>	<b>0,000</b>
Solve close-ended problems	<b>17,245</b>	<b>2,685</b>	<b>0,011</b>
Designing experiments	<b>18,976</b>	<b>5,350</b>	<b>0,000</b>
Conducting experiment	<b>24,766</b>	<b>6,651</b>	<b>0,000</b>
Interpreting experimental data, data analysis	<b>24,654</b>	<b>6,972</b>	<b>0,000</b>
Developing own theoretical model	<b>11,134</b>	<b>3,104</b>	<b>0,017</b>
Numerical simulations	<b>35,661</b>	<b>8,236</b>	<b>0,000</b>
Independent research in scientific literature	<b>14,385</b>	<b>2,985</b>	<b>0,020</b>
Critical assessment of others' results	<b>13,743</b>	<b>3,636</b>	<b>0,007</b>

Note: ANOVA (Value ~ Country), coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

### Differences in usefulness of other activities classes based on country

Hard Skills – Other	df	F	p
High school mathematics	<b>8,691</b>	<b>2,221</b>	<b>0,068</b>
High school physics	4,938	1,378	0,242
Solve close-ended problems	3,788	0,976	0,422
Designing experiments	1,866	0,450	0,772
Conducting experiment	<b>8,101</b>	<b>2,039</b>	<b>0,090</b>
Interpreting experimental data, data analysis	6,305	1,770	0,135
Developing own theoretical model	4,499	1,068	0,373
Numerical simulations	0,763	0,144	0,965
Independent research in scientific literature	2,472	0,655	0,624
Critical assessment of others' results	6,371	1,488	0,207

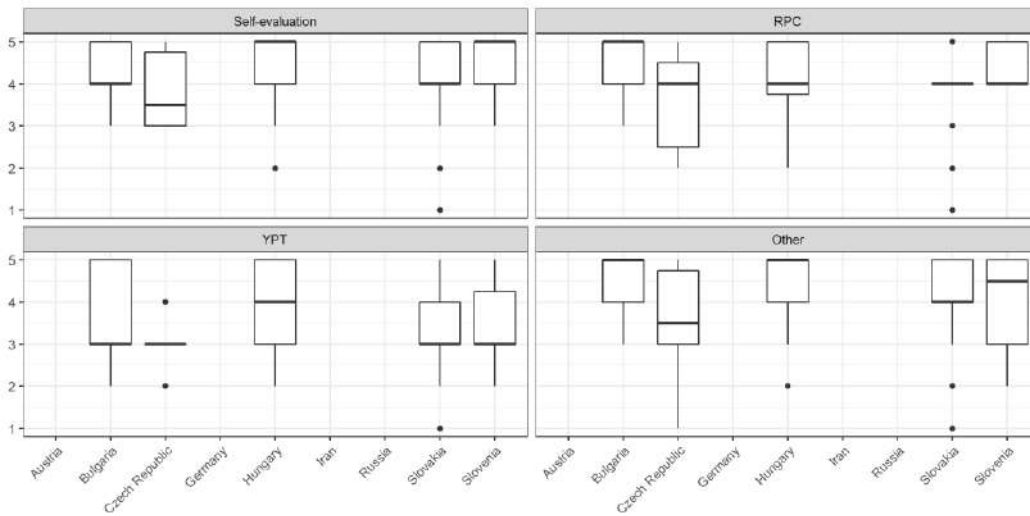
Note: ANOVA (Value ~ Country), coefficients with  $p \leq 0,10$  highlighted bold.

## 1.7.2 Within-country differences

To further investigate the results from above, we provide country-level summary statistics for students' self-evaluation and the usefulness of regular physics classes, YPT-related activities, and other activities for each hard skill separately. Note: No data available for Austria, Germany, Iran, and Russia.



High school mathematics



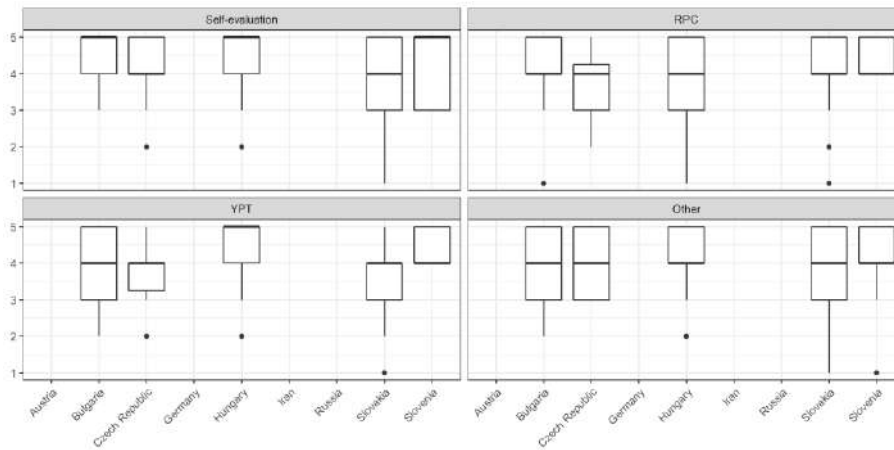
Country	Type	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
Austria	Self-evaluation	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	13	0,00	0	0,00	0	0
Bulgaria	Self-evaluation	21	0	4,48	5	0,60	3	5
	RPC	17	4	3,76	3	1,03	2	5
	YPT	21	0	4,43	5	0,81	3	5
	Other	21	0	4,38	4	0,67	3	5
Czech Rep.	Self-evaluation	7	16	3,57	4	1,27	2	5
	RPC	6	17	3,00	3	0,63	2	4
	YPT	10	13	3,40	3,5	1,51	1	5
	Other	6	17	3,83	3,5	0,98	3	5
Germany	Self-evaluation	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	3	0,00	0	0,00	0	0
Hungary	Self-evaluation	68	4	4,06	4	0,93	2	5
	RPC	41	31	4,15	4	0,88	2	5
	YPT	65	7	4,23	5	0,95	2	5
	Other	67	5	4,43	5	0,70	2	5
Iran	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Russia	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Slovakia	Self-evaluation	93	72	3,92	4	0,86	1	5
	RPC	68	97	3,35	3	0,96	1	5
	YPT	85	80	4,04	4	0,97	1	5
	Other	92	73	3,95	4	0,88	1	5
Slovenia	Self-evaluation	9	0	4,44	4	0,53	4	5
	RPC	8	1	3,50	3	1,07	2	5
	YPT	8	1	4,00	4,5	1,20	2	5
	Other	9	0	4,56	5	0,73	3	5

### High school physics



Country	Type	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
Austria	Self-evaluation	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	13	0,00	0	0,00	0	0
Bulgaria	Self-evaluation	21	0	4,10	4	0,94	1	5
	RPC	17	4	3,88	4	0,99	2	5
	YPT	21	0	4,00	4	1,05	2	5
	Other	21	0	4,48	5	0,75	3	5
Czech Rep.	Self-evaluation	20	3	3,90	4	0,85	2	5
	RPC	18	5	3,83	4	0,79	2	5
	YPT	23	0	4,00	4	0,80	3	5
	Other	18	5	4,17	4	0,86	2	5
Germany	Self-evaluation	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	3	0,00	0	0,00	0	0
Hungary	Self-evaluation	68	4	4,04	4	1,07	1	5
	RPC	41	31	4,51	5	0,87	2	5
	YPT	65	7	4,26	4	0,82	2	5

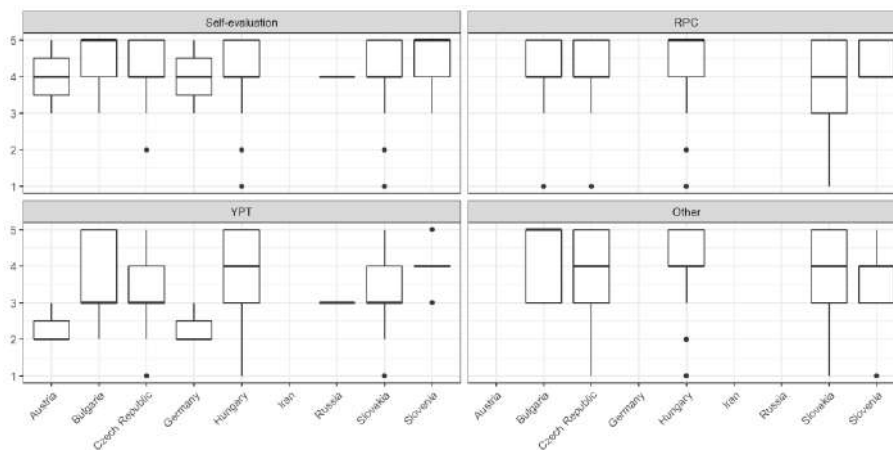
The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





	Other	67	5	4,43	5	0,70	2	5
Iran	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Russia	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Slovakia	Self-evaluation	161	4	4,06	4	0,86	1	5
	RPC	108	57	3,64	4	1,04	1	5
	YPT	148	17	3,93	4	0,98	1	5
	Other	160	5	3,96	4	0,93	1	5
Slovenia	Self-evaluation	9	0	4,33	4	0,50	4	5
	RPC	7	2	4,43	4	0,53	4	5
	YPT	9	0	4,00	4	1,32	1	5
	Other	9	0	4,22	5	0,97	3	5

#### Solve close-ended problems



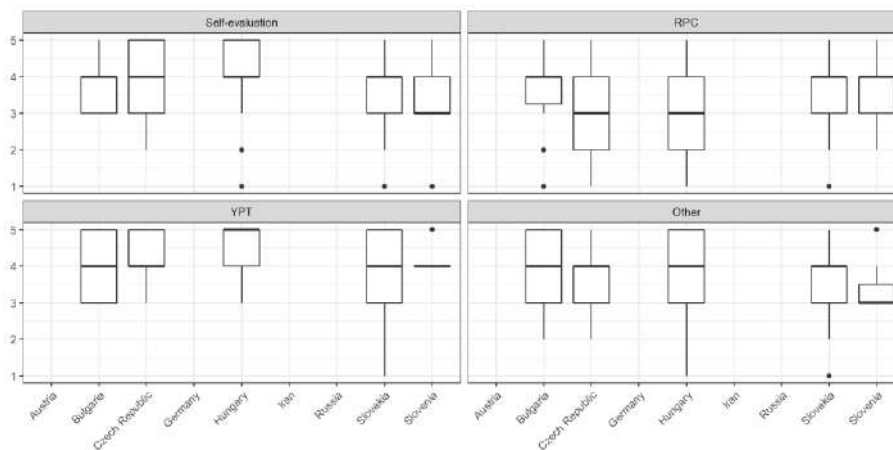
Country	Type	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
Austria	Self-evaluation	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	3	10	2,33	2	0,58	2	3
	YPT	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	Other	3	10	4,00	4	1,00	3	5
Bulgaria	Self-evaluation	21	0	4,05	4	0,97	1	5
	RPC	17	4	3,88	3	1,11	2	5
	YPT	20	1	4,20	5	0,95	3	5
	Other	21	0	4,38	5	0,86	3	5
Czech Rep.	Self-evaluation	20	3	4,10	4	0,97	1	5
	RPC	20	3	3,35	3	1,14	1	5
	YPT	21	2	3,81	4	1,03	1	5

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



	Other	18	5	4,06	4	0,87	2	5
Germany	Self-evaluation	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	3	0	2,33	2	0,58	2	3
	YPT	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	Other	3	0	4,00	4	1,00	3	5
Hungary	Self-evaluation	67	5	4,18	5	1,06	1	5
	RPC	41	31	3,85	4	1,04	1	5
	YPT	61	11	4,10	4	1,00	1	5
	Other	68	4	4,15	4	0,82	1	5
Iran	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Russia	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	1	0	3,00	3	0,00	3	3
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	1	0	4,00	4	0,00	4	4
Slovakia	Self-evaluation	150	15	4,01	4	0,86	1	5
	RPC	100	65	3,51	3	0,89	1	5
	YPT	135	30	3,92	4	0,96	1	5
	Other	151	14	3,95	4	0,84	1	5
Slovenia	Self-evaluation	9	0	4,44	4	0,53	4	5
	RPC	8	1	4,00	4	0,53	3	5
	YPT	9	0	3,67	4	1,22	1	5
	Other	9	0	4,33	5	0,87	3	5

### Designing experiments



Country	Type	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
Austria	Self-evaluation	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	13	0,00	0	0,00	0	0

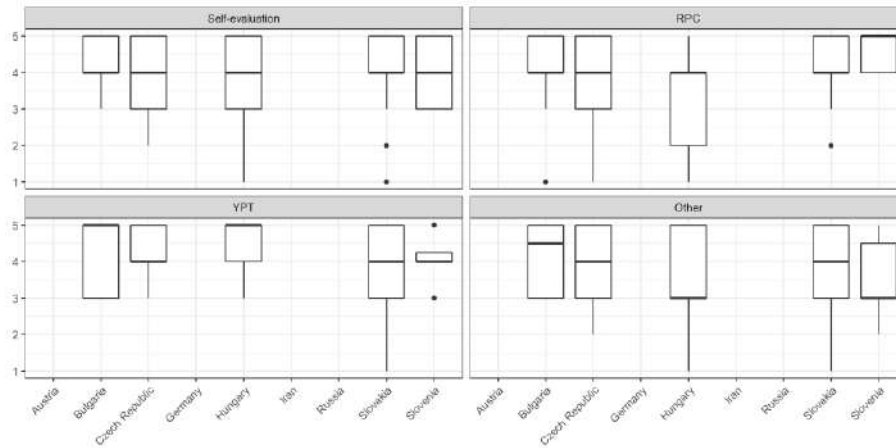
The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



	Other	0	13	0,00	0	0,00	0	0
Bulgaria	Self-evaluation	18	3	3,78	4	1,06	1	5
	RPC	17	4	4,00	4	0,94	3	5
	YPT	19	2	3,89	4	0,99	2	5
	Other	19	2	3,89	4	0,74	3	5
Czech Rep.	Self-evaluation	22	1	2,91	3	1,48	1	5
	RPC	18	5	4,17	4	0,71	3	5
	YPT	21	2	3,67	4	1,02	2	5
	Other	19	4	3,84	4	1,07	2	5
Germany	Self-evaluation	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	3	0,00	0	0,00	0	0
Hungary	Self-evaluation	63	9	3,11	3	1,38	1	5
	RPC	43	29	4,60	5	0,69	3	5
	YPT	61	11	3,80	4	1,24	1	5
	Other	66	6	4,03	4	0,94	1	5
Iran	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Russia	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Slovakia	Self-evaluation	151	14	3,45	4	0,96	1	5
	RPC	105	60	3,72	4	1,08	1	5
	YPT	138	27	3,68	4	0,92	1	5
	Other	153	12	3,54	4	0,94	1	5
Slovenia	Self-evaluation	9	0	3,56	4	0,88	2	5
	RPC	9	0	4,22	4	0,44	4	5
	YPT	7	2	3,43	3	0,79	3	5
	Other	9	0	3,33	3	1,12	1	5



Conducting experiment



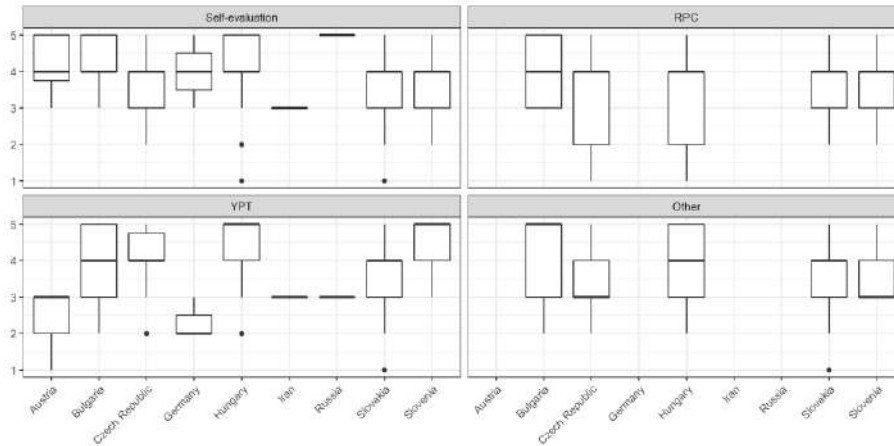
Country	Type	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
Austria	Self-evaluation	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	13	0,00	0	0,00	0	0
Bulgaria	Self-evaluation	20	1	4,05	4	1,00	1	5
	RPC	18	3	4,17	5	0,99	3	5
	YPT	20	1	4,20	4,5	0,89	3	5
	Other	20	1	4,30	4	0,66	3	5
Czech Rep.	Self-evaluation	22	1	3,82	4	1,26	1	5
	RPC	18	5	4,22	4	0,65	3	5
	YPT	21	2	3,76	4	1,04	2	5
	Other	19	4	3,95	4	1,08	2	5
Germany	Self-evaluation	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	3	0,00	0	0,00	0	0
Hungary	Self-evaluation	63	9	3,30	4	1,36	1	5
	RPC	41	31	4,41	5	0,81	3	5
	YPT	59	13	3,59	3	1,10	1	5
	Other	65	7	4,12	4	0,93	1	5
Iran	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Russia	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Slovakia	Self-evaluation	148	17	4,16	4	0,80	2	5

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



	RPC	99	66	3,83	4	1,05	1	5
	YPT	132	33	3,94	4	0,95	1	5
	Other	151	14	4,13	4	0,83	1	5
Slovenia	Self-evaluation	9	0	4,67	5	0,50	4	5
	RPC	8	1	4,13	4	0,64	3	5
	YPT	7	2	3,57	3	1,13	2	5
	Other	9	0	4,00	4	0,87	3	5

**Interpreting experimental data, data analysis**



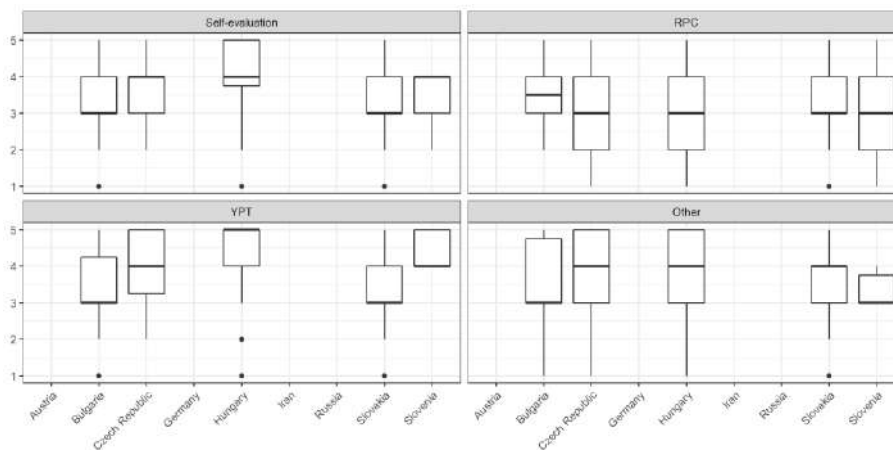
Country	Type	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
Austria	Self-evaluation	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	13	0	2,54	3	0,78	1	3
	YPT	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	Other	12	1	4,17	4	0,83	3	5
Bulgaria	Self-evaluation	20	1	4,00	4	0,79	3	5
	RPC	16	5	3,94	4	1,00	2	5
	YPT	19	2	4,16	5	1,01	2	5
	Other	20	1	4,10	4	0,72	3	5
Czech Rep.	Self-evaluation	21	2	3,10	4	1,41	1	5
	RPC	18	5	3,94	4	0,94	2	5
	YPT	22	1	3,45	3	1,01	2	5
	Other	19	4	3,79	4	0,85	2	5
Germany	Self-evaluation	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	3	0	2,33	2	0,58	2	3
	YPT	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	Other	3	0	4,00	4	1,00	3	5
Hungary	Self-evaluation	64	8	3,30	4	1,36	1	5
	RPC	43	29	4,44	5	0,85	2	5
	YPT	58	14	3,90	4	0,97	2	5
	Other	67	5	4,24	4	0,82	1	5
Iran	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



	RPC	1	0	3,00	3	0,00	3	3
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	1	0	3,00	3	0,00	3	3
Russia	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	1	0	3,00	3	0,00	3	3
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	1	0	5,00	5	0,00	5	5
Slovakia	Self-evaluation	145	20	3,82	4	0,87	2	5
	RPC	100	65	3,67	4	0,99	1	5
	YPT	138	27	3,80	4	0,92	1	5
	Other	146	19	3,82	4	0,86	1	5
Slovenia	Self-evaluation	9	0	3,78	4	0,97	2	5
	RPC	9	0	4,44	5	0,73	3	5
	YPT	8	1	3,50	3	0,76	3	5
	Other	9	0	3,56	4	1,13	2	5

### Developing own theoretical model



Country	Type	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
Austria	Self-evaluation	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	13	0,00	0	0,00	0	0
Bulgaria	Self-evaluation	18	3	3,50	3,5	0,99	2	5
	RPC	16	5	3,38	3	1,20	1	5
	YPT	18	3	3,50	3	1,20	1	5
	Other	19	2	3,37	3	1,07	1	5
Czech Rep.	Self-evaluation	21	2	2,90	3	1,18	1	5
	RPC	18	5	4,06	4	1,06	2	5
	YPT	21	2	3,67	4	1,24	1	5
	Other	19	4	3,68	4	0,95	2	5
Germany	Self-evaluation	0	3	0,00	0	0,00	0	0

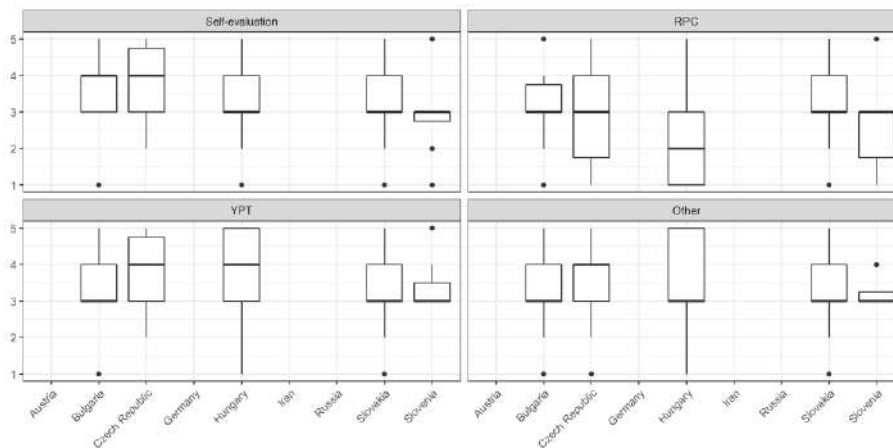
The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





	RPC	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	3	0,00	0	0,00	0	0
Hungary	Self-evaluation	63	9	3,16	3	1,26	1	5
	RPC	42	30	4,43	5	0,99	1	5
	YPT	57	15	3,89	4	1,03	1	5
	Other	64	8	4,03	4	1,01	1	5
Iran	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Russia	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Slovakia	Self-evaluation	141	24	3,30	3	1,00	1	5
	RPC	101	64	3,45	3	1,06	1	5
	YPT	132	33	3,61	4	0,98	1	5
	Other	145	20	3,33	3	1,05	1	5
Slovenia	Self-evaluation	9	0	2,89	3	1,36	1	5
	RPC	9	0	4,33	4	0,50	4	5
	YPT	6	3	3,33	3	0,52	3	4
	Other	9	0	3,33	4	0,87	2	4

### Numerical simulations



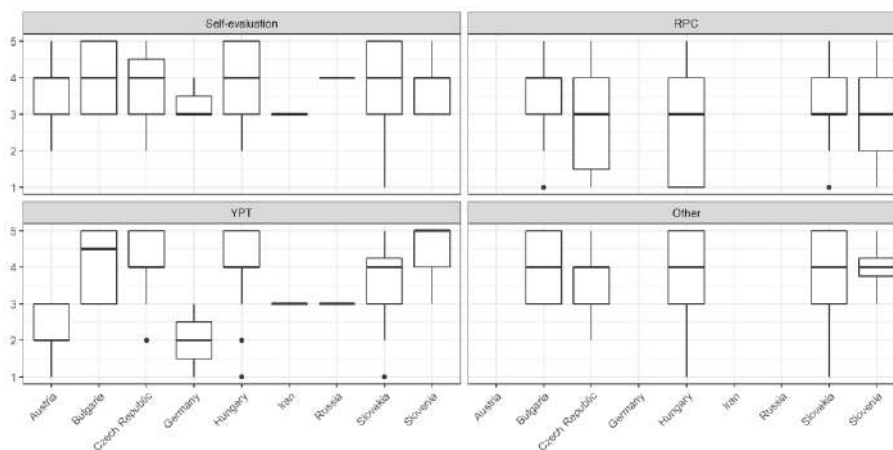
Country	Type	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
Austria	Self-evaluation	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	13	0,00	0	0,00	0	0
Bulgaria	Self-evaluation	18	3	3,11	3	1,18	1	5

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



	RPC	16	5	3,31	3	1,20	1	5
	YPT	17	4	3,29	3	1,26	1	5
	Other	19	2	3,53	4	1,17	1	5
Czech Rep.	Self-evaluation	20	3	2,90	3	1,41	1	5
	RPC	18	5	3,83	4	0,99	2	5
	YPT	20	3	3,45	4	1,19	1	5
	Other	18	5	3,72	4	1,07	2	5
Germany	Self-evaluation	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	3	0,00	0	0,00	0	0
Hungary	Self-evaluation	62	10	2,16	2	1,09	1	5
	RPC	41	31	3,83	4	1,28	1	5
	YPT	57	15	3,44	3	1,27	1	5
	Other	62	10	3,37	3	1,24	1	5
Iran	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Russia	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Slovakia	Self-evaluation	131	34	3,22	3	1,08	1	5
	RPC	99	66	3,21	3	1,03	1	5
	YPT	127	38	3,49	3	1,08	1	5
	Other	137	28	3,23	3	1,10	1	5
Slovenia	Self-evaluation	8	1	2,63	3	1,30	1	5
	RPC	7	2	3,43	3	0,79	3	5
	YPT	4	5	3,25	3	0,50	3	4
	Other	8	1	2,88	3	1,13	1	5

### Independent research in scientific literature



The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

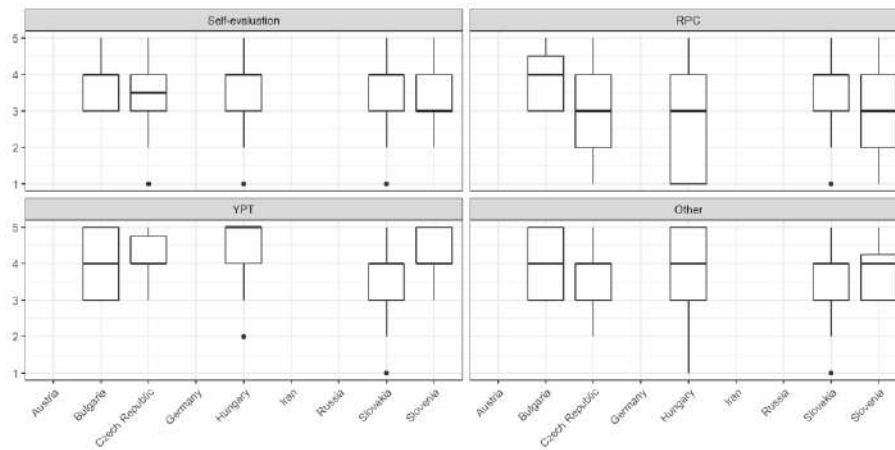


Country	Type	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
Austria	Self-evaluation	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	13	0	2,23	2	0,60	1	3
	YPT	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	Other	13	0	3,77	4	0,83	2	5
Bulgaria	Self-evaluation	17	4	3,59	4	1,06	1	5
	RPC	16	5	4,13	4,5	0,96	3	5
	YPT	18	3	4,11	4	0,90	3	5
	Other	20	1	3,95	4	0,89	3	5
Czech Rep.	Self-evaluation	23	0	2,91	3	1,41	1	5
	RPC	18	5	4,11	4	0,90	2	5
	YPT	22	1	3,68	4	0,89	2	5
	Other	19	4	3,79	4	0,92	2	5
Germany	Self-evaluation	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	3	0	2,00	2	1,00	1	3
	YPT	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	Other	3	0	3,33	3	0,58	3	4
Hungary	Self-evaluation	64	8	2,80	3	1,37	1	5
	RPC	44	28	4,07	4	0,97	1	5
	YPT	64	8	3,89	4	1,11	1	5
	Other	67	5	3,93	4	0,96	2	5
Iran	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	1	0	3,00	3	0,00	3	3
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	1	0	3,00	3	0,00	3	3
Russia	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	1	0	3,00	3	0,00	3	3
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	1	0	4,00	4	0,00	4	4
Slovakia	Self-evaluation	144	21	3,51	3	0,99	1	5
	RPC	100	65	3,80	4	0,96	1	5
	YPT	142	23	3,99	4	0,93	1	5
	Other	153	12	3,87	4	0,94	1	5
Slovenia	Self-evaluation	9	0	3,11	3	1,54	1	5
	RPC	9	0	4,44	5	0,73	3	5
	YPT	8	1	4,00	4	0,76	3	5
	Other	9	0	3,89	4	0,78	3	5

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Critical assessment of others' results



Country	Type	Valid	Missing	Mean	Median	SD	Min.	Max.
Austria	Self-evaluation	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	13	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	13	0,00	0	0,00	0	0
Bulgaria	Self-evaluation	19	2	3,79	4	0,85	3	5
	RPC	16	5	4,00	4	0,97	3	5
	YPT	18	3	4,00	4	0,84	3	5
	Other	20	1	3,80	4	0,62	3	5
Czech Rep.	Self-evaluation	23	0	3,00	3	1,38	1	5
	RPC	18	5	4,11	4	0,68	3	5
	YPT	21	2	3,67	4	1,02	2	5
	Other	20	3	3,50	3,5	1,10	1	5
Germany	Self-evaluation	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	3	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	3	0,00	0	0,00	0	0
Hungary	Self-evaluation	62	10	2,61	3	1,42	1	5
	RPC	41	31	4,20	5	1,03	2	5
	YPT	60	12	3,45	4	1,32	1	5
	Other	65	7	3,71	4	1,03	1	5
Iran	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Russia	Self-evaluation	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	RPC	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	YPT	0	1	0,00	0	0,00	0	0
	Other	0	1	0,00	0	0,00	0	0
Slovakia	Self-evaluation	145	20	3,68	4	0,90	1	5

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



	RPC	98	67	3,60	4	1,01	1	5
	YPT	133	32	3,77	4	0,92	1	5
	Other	151	14	3,76	4	0,90	1	5
Slovenia	Self-evaluation	9	0	3,11	3	1,27	1	5
	RPC	9	0	4,22	4	0,67	3	5
	YPT	8	1	3,88	4	0,83	3	5
	Other	9	0	3,44	3	0,88	2	5



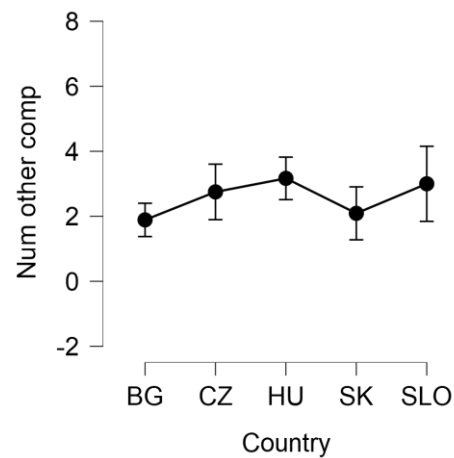
## 2. Supplement: Teachers' Assessment of Hard-Skill Development

### 2.1 Data characteristics

In this project, we have conducted a survey among 11 Slovakian, 9 Bulgarian, 6 Hungarian, 4 Czech and 3 Slovenian teachers, who are involved in preparing high school students for IYPT or any local organized YPT competitions. We have mapped they observed or assumed effect on soft (e.g. teamwork, creativity) and physical hard skills (e.g. high school physics, data analysis) in different teaching forms (RCP, YPT and Non-YPT competitions). Given the COVID situation, teachers carried out their preparatory work in 2020/2021 mainly online. This is why it is important to mention that most colleagues have been involved in preparing for YPT-type competitions for several years. Teachers had to fill in a questionnaire and answer 16x3 quantitative and 15 qualitative questions about the impact and characteristics of RCP, YPT and Non-YPT competitions.

#### Descriptives - Num other competititons

Country	Mean	SD	N
BG	1.889	1.537	9
CZ	2.750	1.708	4
HU	3.167	1.602	6
SK	2.091	2.700	11
SLO	3.000	2.000	3



Data on teachers' answers form the questionnaire were provided in Excel format. For carrying out the empirical analysis, the software JASP<sup>1</sup> was used. First, descriptive analyses on skills as well as a correlation matrix using all variables. Secondly, for testing the hypotheses paired and independent t-tests (and Wilcoxon or Mann-Whitney-tests where needed) were computed. If Wilcoxon or Mann-Whitney-test was used, it is always the relevant result, t-tests are in these cases not relevant.

### 2.2 Results of Teachers Survey

The study investigates hard skills in the context of RPC, YPT, and non-YPT. Based on the teachers' evaluation, we can determine which effect their colleagues see in different educational settings. In addition, we can explore relationships between effects that provide indirect insights into teachers' work.

<sup>1</sup> <https://jasp-stats.org/>

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

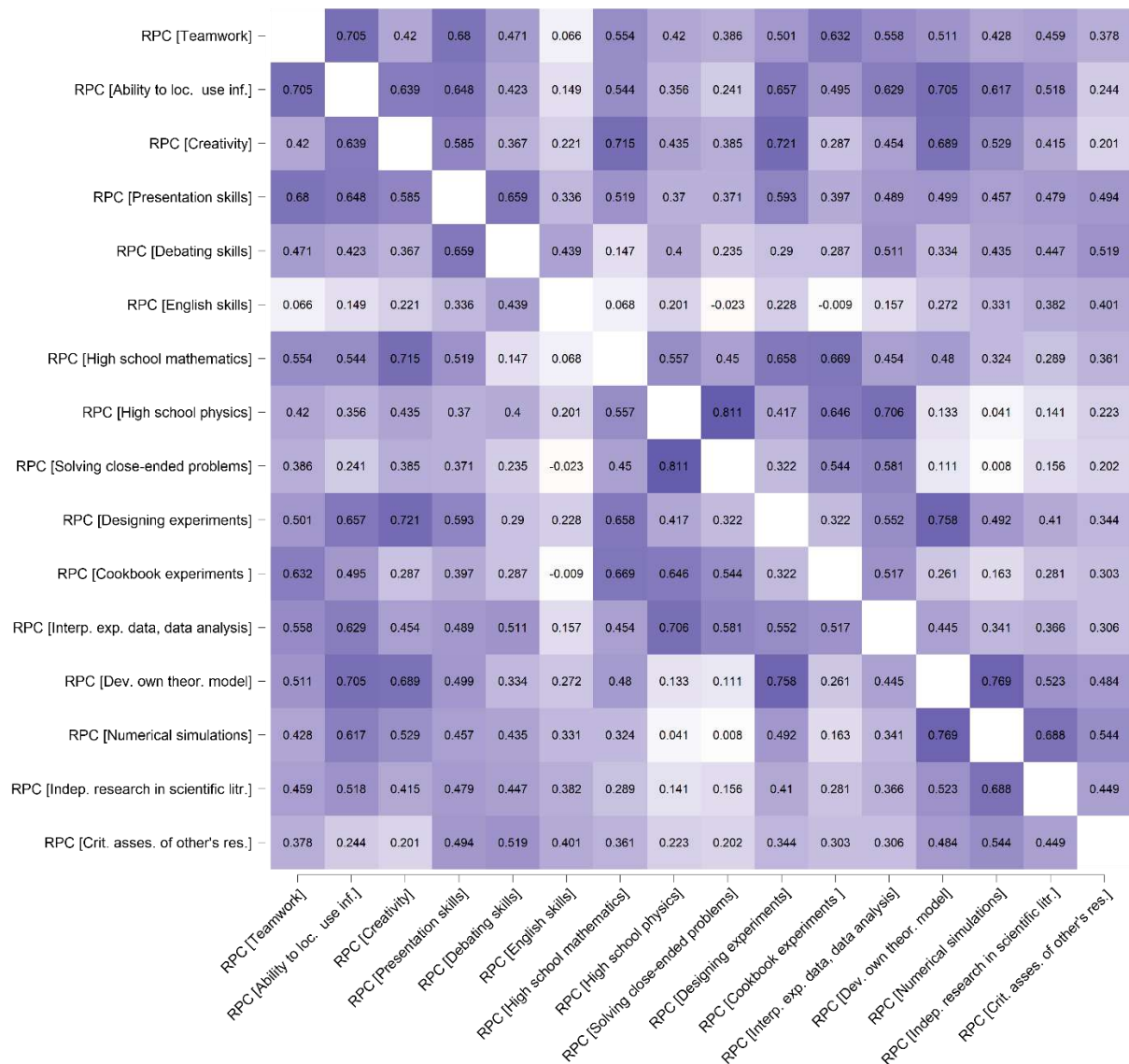




## 2.2.1 Regular physics classroom: RPC results

Descriptive Statistics: Results of Hard Skills in RPC by teachers

	RPC [High school mathematics]	RPC [High school physics]	RPC [Solving close-ended problems]	RPC [Designing experiments]	RPC [Cookbook experiments]	RPC [Interp. exp. data, data analysis]	RPC [Dev. own theor. model]	RPC [Numerical simulations]	RPC [Indep. research in scientific litr.]	RPC [Crit. asses. of other's res.]
Valid	32	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Mean	6.719	8.242	7.758	4.758	6.121	6.212	3.364	2.909	3.606	4.212
Std. Deviation	2.466	1.937	1.969	2.513	2.274	2.315	2.560	2.638	2.423	2.408



Note: Correlations between Soft and Hard Skills in RPC (Pearsons' r, \* p<.05, \*\* p<.01, \*\*\* p<.001)

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



As it can be seen, the strongest correlations in RPC are

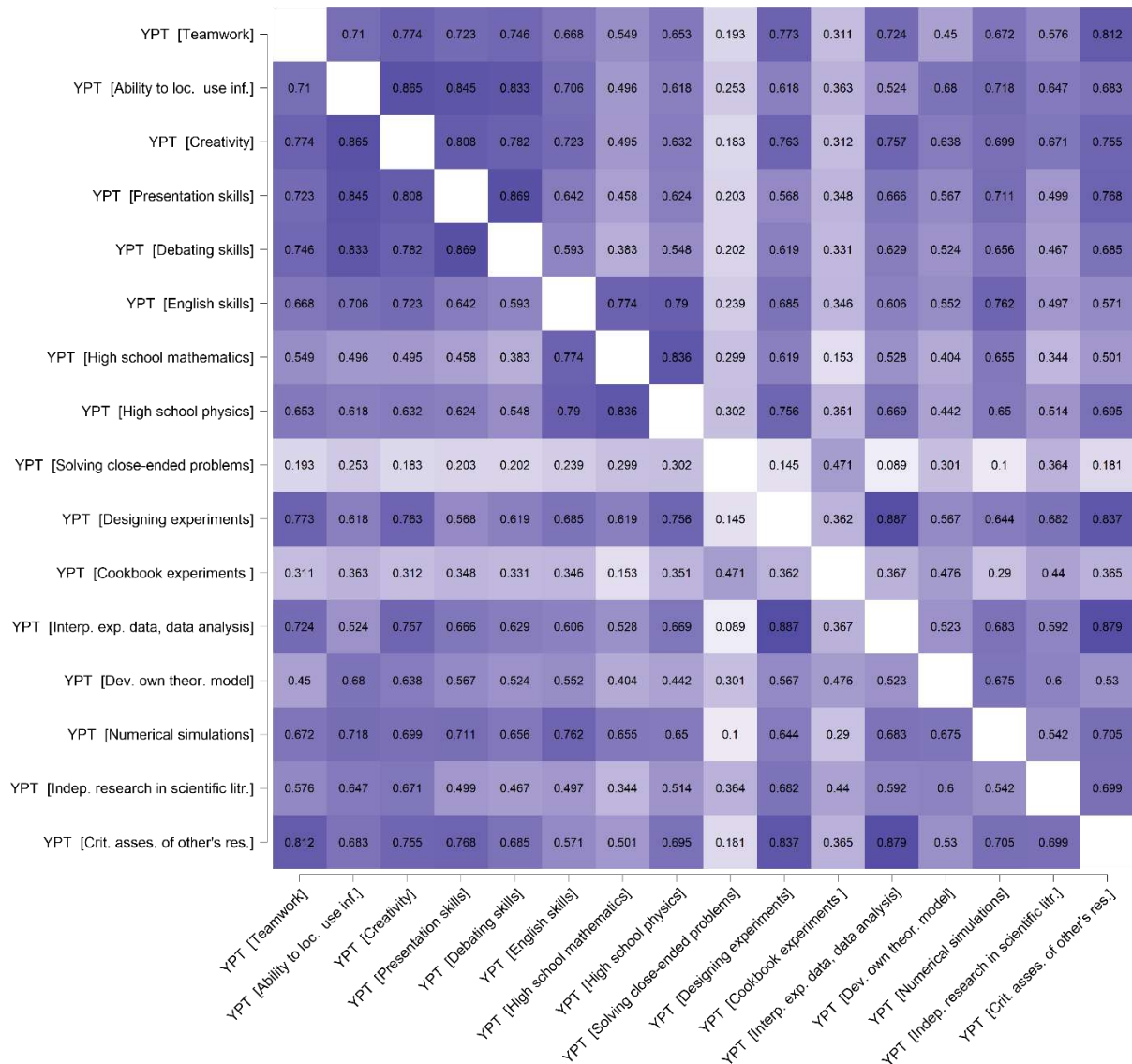
- *Solving close ended problems* and *High School physics*  $r = 0.811^{***}$
- *Numerical simulations* and *Developing own theoretical models*  $r = 0.769^{***}$
- *Developing own theoretical models* and *Designing experiments*  $r = 0.758^{***}$
- *Designing experiments* and *Creativity*  $r = 0.721^{***}$
- *High school mathematics* and *Creativity*  $r = 0,715^{***}$ .



## 2.2.2. YPT results

**Descriptive Statistics: Results of Hard Skills in YPT by teachers**

	YPT [High school mathematics]	YPT [High school physics]	YPT [Solving close-ended problems]	YPT [Designing experiments]	YPT [Cookbook experiments]	YPT [Interp. exp. data, data analysis]	YPT [Dev. own theor. model]	YPT [Numerical simulations]	YPT [Indep. research in scientific liter.]	YPT [Crit. asses. of other's res.]
Valid	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Mean	7.455	8.121	4.788	8.485	5.939	8.697	7.364	7.182	7.818	8.455
Std. Deviation	2.320	2.147	3.029	1.734	3.082	1.723	2.485	2.493	2.455	1.889



**Note: Correlations between Soft and Hard Skills in YPT (Pearsons' r, \* p<.05, \*\* p<.01, \*\*\* p<.001)**

As it can be seen, the strongest correlations in YPT are

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



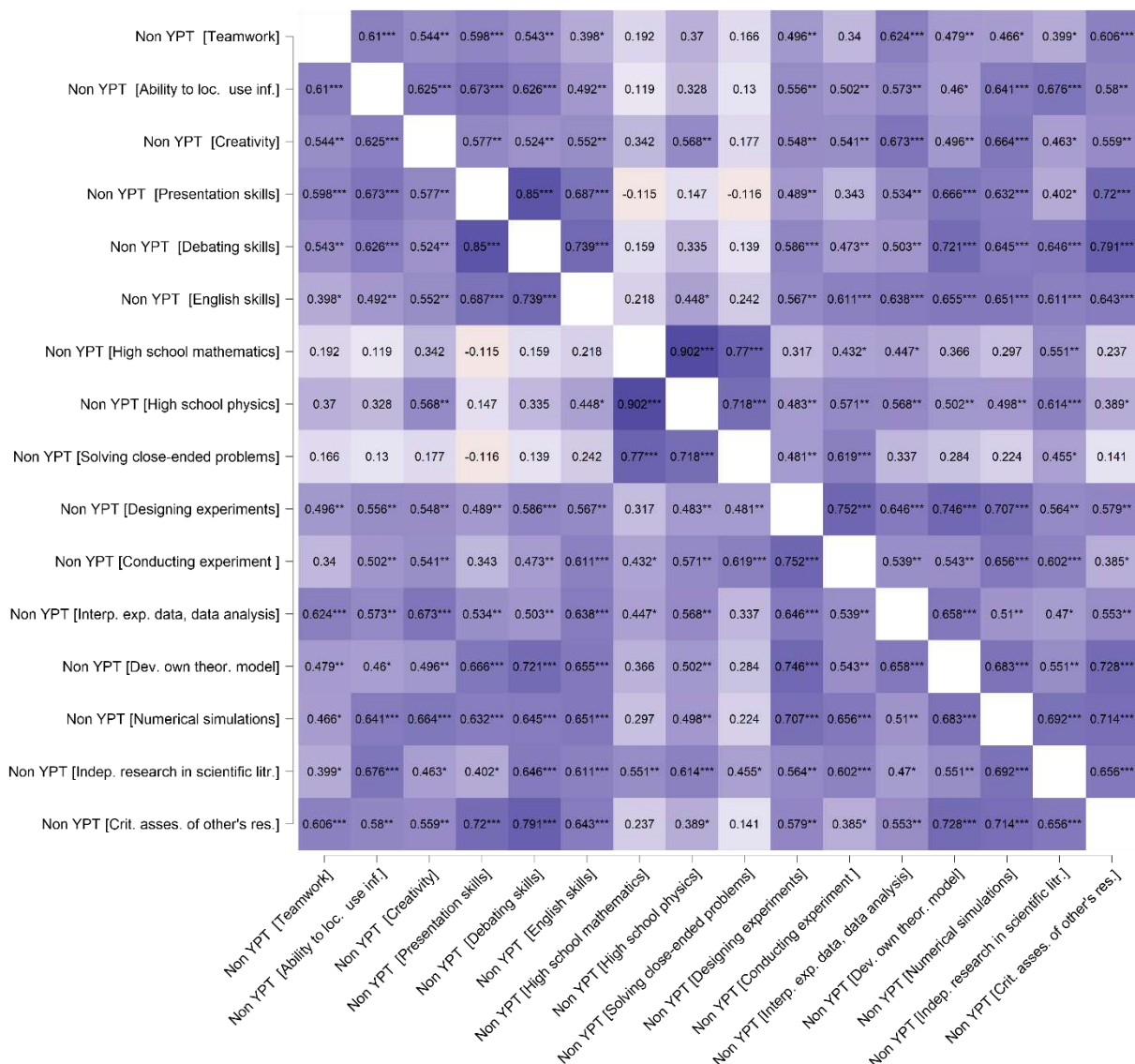
- *Interpreting experimental data, data analysis and Designing experiments*  $r = 0.887^{***}$
- *Interpreting experimental data, data analysis and Critical assessment of others' results*  $r = 0.879^{***}$
- *Designing experiments and Critical assessment of others' results*  $r = 0.837^{***}$
- *High school mathematics and High school physics*  $r = 0,836^{***}$ .



### 2.2.3 Non-YPT results

**Descriptive Statistics: Results of Hard Skills in Non-YPT by teachers**

	Non YPT [High school mathematics]	Non YPT [High school physics]	Non YPT [Solving close- ended problems]	Non YPT [Designing experiments]	Non YPT [Cookbook experiments ]	Non YPT [Interp. exp. data, data analysis]	Non YPT [Dev. own theor. model]	Non YPT [Numerical simulations]	Non YPT [Indep. research in scientific litr.]	Non YPT [Crit. asses. of other's res.]
Valid	29	28	29	29	29	28	29	29	28	29
Mean	7.414	8.107	7.862	4.310	4.862	5.286	3.793	3.241	5.214	3.207
Std. Deviation	2.719	2.409	2.722	3.037	3.148	3.253	3.245	2.923	3.665	2.969



**Note: Correlations between Soft and Hard Skills in Non-YPT (Pearsons' r, \* p<.05, \*\* p<.01, \*\*\* p<.001)**

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



As it can be seen, (some of) the strongest correlations in Non-YPT are

- *High school mathematics* and *High School physics*  $r = 0.902^{***}$
- *Debating skills* and *Critical assessment of others' results*  $r = 0.791^{***}$
- *Solving close ended problems* and *High School mathematics*  $r = 0.77^{***}$
- *Designing experiments* and *Conducting (cookbook) experiments*  $r = 0.752^{***}$
- *Designing experiments* and *Developing own theoretical models*  $r = 0.746^{***}$
- *Solving close ended problems* and *High School physics*  $r = 0.718^{***}$

### 2.2.4 Teachers Paired T-Test on Hard Skills (RPC vs. YPT)

The most important step in answering the research questions is to compare the evaluations given for different platforms. After examining the distributions, we compare the values obtained first for RCP and YPT, then for YPT and non-YPT competitions using an appropriate procedure (Student's t-test or Mann-Whitney test), and we also present the results using graphs.

**Test of Normality (Shapiro-Wilk): Hard Skills in RPC vs. YPT**

		W	p
RPC [High school mathematics]	- YPT [High school mathematics]	0.912	0.013
RPC [Solving close-ended problems]	- YPT [Solving close-ended problems]	0.967	0.394
RPC [Cookbook experiments ]	- YPT [Cookbook experiments ]	0.978	0.725
RPC [Dev. own theor. model]	- YPT [Dev. own theor. model]	0.958	0.227
RPC [Indep. research in scientific litr.]	- YPT [Indep. research in scientific litr.]	0.957	0.214
RPC [High school physics]	- YPT [High school physics]	0.891	0.003
RPC [Designing experiments]	- YPT [Designing experiments]	0.974	0.598
RPC [Interp. exp. data, data analysis]	- YPT [Interp. exp. data, data analysis]	0.963	0.312
RPC [Numerical simulations]	- YPT [Numerical simulations]	0.970	0.481
RPC [Crit. asses. of other's res.]	- YPT [Crit. asses. of other's res.]	0.965	0.361

Note. Significant results suggest a deviation from normality.

**Paired Samples T-Test : Hard Skills RPC vs. YPT**

RPC	YPT	Test	Statistic	df	p
<b>RPC [High school mathematics]</b>	- YPT [High school mathematics]	Wilcoxon	93.500	32	0.037
<b>RPC [Solving close-ended problems]</b>	- YPT [Solving close-ended problems]	Student	5.010	32	< .001
RPC [Cookbook experiments ]	- YPT [Cookbook experiments ]	Student	0.291	32	0.773
RPC [Dev. own theor. model]	- <b>YPT [Dev. own theor. model]</b>	Student	-9.332	32	< .001
RPC [Indep. research in scientific litr.]	- <b>YPT [Indep. research in scientific litr.]</b>	Student	-9.891	32	< .001
RPC [High school physics]	- YPT [High school physics]	Student	0.333	32	0.741
RPC [Designing experiments]	- <b>YPT [Designing experiments]</b>	Wilcoxon	116.000	32	1.000
RPC [Interp. exp. data, data analysis]	- <b>YPT [Interp. exp. data, data analysis]</b>	Student	-8.269	32	< .001
RPC [Numerical simulations]	- <b>YPT [Numerical simulations]</b>	Student	-7.187	32	< .001
RPC [Numerical simulations]	- <b>YPT [Numerical simulations]</b>	Student	-8.505	32	< .001
RPC [Crit. asses. of other's res.]	- <b>YPT [Crit. asses. of other's res.]</b>	Student	-9.336	32	< .001





### 2.2.5 Teachers Paired T-Test on Hard Skill (YPT vs. Non-YPT, without CZ)

As RPC is a form of education developed for all high school students, we get much more useful and more information, especially for hard skills, from comparing YPT and non-YPT type competitions. As the competitions are already open to interested and / or talented students, the result of comparing them can be useful for teachers, as we want to turn as many interested students with different backgrounds to physics and research activities in general. The results presented below show well what additional opportunities YPT-type competitions have for interested and talented students compared to traditional ones.

**Descriptive Statistics: Hard Skills in YPT**

	YPT [High school mathematics]	YPT [High school physics]	YPT [Solving close-ended problems]	YPT [Designing experiments]	YPT [Cookbook experiments ]]	YPT [Interp. exp. data, data analysis]	YPT [Dev. own theor. model]	YPT [Numerical simulations]	YPT [Indep. research in scientific liter.]	YPT [Crit. asses. of other's res.]
Valid	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	7.455	8.121	4.788	8.485	5.939	8.697	7.364	7.182	7.818	8.455
Std. Deviation	2.320	2.147	3.029	1.734	3.082	1.723	2.485	2.493	2.455	1.889
Minimum	2.000	2.000	0.000	2.000	1.000	2.000	1.000	0.000	2.000	2.000
Maximum	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000

**Descriptive Statistics: Hard Skills in Non-Ypt (without CZ)**

	Non YPT [High school mathematics]	Non YPT [High school physics]	Non YPT [Solving close-ended problems]	Non YPT [Designing experiments]	Non YPT [Cookbook experiments ]]	Non YPT [Interp. exp. data, data analysis]	Non YPT [Dev. own theor. model]	Non YPT [Numerical simulations]	Non YPT [Indep. research in scientific liter.]	Non YPT [Crit. asses. of other's res.]
Valid	29	28	29	29	29	28	29	29	28	29
Missing	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4
Mean	7.414	8.107	7.862	4.310	4.862	5.286	3.793	3.241	5.214	3.207
Std. Deviation	2.719	2.409	2.722	3.037	3.148	3.253	3.245	2.923	3.665	2.969
Minimum	1.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Maximum	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	9.000	9.000	10.000	10.000

**Test of Normality (Shapiro-Wilk): Hard Skills (YPT vs. Non-YPT)**

	W	p
YPT [High school mathematics]	0.890	0.006
YPT [Solving close-ended problems]	0.969	0.532
YPT [Conducting experiment ]]	0.954	0.238
YPT [Dev. own theor. model]	0.950	0.187
YPT [Indep. research in scientific liter.]	0.914	0.024
YPT [High school physics]	0.807	< .001
YPT [Designing experiments]	0.950	0.186
YPT [Interp. exp. data, data analysis]	0.837	< .001
YPT [Numerical simulations]	0.967	0.478
YPT [Crit. asses. of other's res.]	0.947	0.157

*Note.* Significant results suggest a deviation from normality.



**Paired Samples T-Test: Hard Skills (YPT vs. Non-YPT)**

YPT	Non-YPT	Test	Statistic	df	p
YPT [High school mathematics]	- Non YPT [High school mathematics]	Wilcoxon	81.500	28	0.828
YPT [Solving close-ended problems]	- <b>Non YPT [Solving close-ended problems]</b>	Student	-3.841	28	< .001
YPT [Conducting experiment ]	- Non YPT [Conducting experiment ]	Student	1.629	28	0.115
<b>YPT [Dev. own theor. model]</b>	- Non YPT [Dev. own theor. model]	Student	5.554	28	< .001
<b>YPT [Indep. research in sci. litr.]</b>	- Non YPT [Indep. research in sci. litr.]	Student	4.400	27	< .001
		Wilcoxon	259.500		< .001
YPT [High school physics]	- Non YPT [High school physics]	Wilcoxon	35.500	28	0.855
<b>YPT [Designing experiments]</b>	- Non YPT [Designing experiments]	Student	8.267	28	< .001
<b>YPT [Interp. exp. data, data analysis]</b>	- Non YPT [Interp. exp. data, data analysis]	Student	5.953	27	< .001
		Wilcoxon	325.000		< .001
<b>YPT [Numerical simulations]</b>	- Non YPT [Numerical simulations]	Student	6.841	28	< .001
<b>YPT [Crit. asses. of other's res.]</b>	- Non YPT [Crit. asses. of other's res.]	Student	9.374	28	< .001

There is no difference between “High school mathematics”, “High school physics” development, and “Conducting experiments (based on clear manual)”. Non-YPT is significantly better in “Solving close-ended problems in physics”, and in all other hard skill, the developmental impact of YPT is seen as more serious by the teachers interviewed.

**2.2.6 Teachers Paired T-Test on Hard Skills (RPC vs. Non-YPT, without CZ)**

Based on our research hypothesis, we do not expect many differences, but of course a few differences may have a good chance. Where the normality test is not met, a Wilcoxon test is performed. After presenting the results of Hard Skills in RPC and Non-YPT, the comparison of Hard Skills in RPC vs. Non-YPT can be seen in the following table the significantly different values, where the higher value was marked with bold letters (which is the standard symbol system for the results presented).

The comparison of Hard Skills in RPC vs. Non-YPT (without CZ) can be seen in the following table – with colored background

**Test of Normality (Shapiro-Wilk): Hard Skills (RPC vs. Non-YPT)**

		W	p
RPC [High school mathematics]	- Non YPT [High school mathematics]	0.927	0.046
RPC [Solving close-ended problems]	- Non YPT [Solving close-ended problems]	0.774	< .001
RPC [Conducting experiment ]	- Non YPT [Conducting experiment ]	0.977	0.756
RPC [Dev. own theor. model]	- Non YPT [Dev. own theor. model]	0.970	0.549
RPC [Indep. research in scientific litr.]	- Non YPT [Indep. research in scientific litr.]	0.956	0.282
RPC [High school physics]	- Non YPT [High school physics]	0.853	0.001
RPC [Designing experiments]	- Non YPT [Designing experiments]	0.967	0.472
RPC [Interp. exp. data, data analysis]	- Non YPT [Interp. exp. data, data analysis]	0.953	0.230
RPC [Numerical simulations]	- Non YPT [Numerical simulations]	0.958	0.290
RPC [Crit. asses. of other's res.]	- Non YPT [Crit. asses. of other's res.]	0.921	0.033

Note. Significant results suggest a deviation from normality.

**Paired Samples T-Test: Hard Skills (RPC vs. Non-YPT)**

RPC	Non-YPT	Test	Statistic	df	p
RPC [High school mathematics]	- Non YPT [High school mathematics]	Wilcoxon	88.500	28	0.130
RPC [Solving close-ended problems]	- Non YPT [Solving close-ended problems]	Wilcoxon	77.500	28	0.308
<b>RPC [Conducting experiment ]</b>	- Non YPT [Conducting experiment ]	Student	2.292	28	0.030
RPC [Dev. own theor. model]	- Non YPT [Dev. own theor. model]	Student	-0.484	28	0.632
RPC [Indep. research in sci. litr.]	- <b>Non YPT [Indep. research in sci. litr.]</b>	Student	-2.097	27	0.045
RPC [High school physics]	- Non YPT [High school physics]	Wilcoxon	47.500	28	0.916

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Paired Samples T-Test: Hard Skills (RPC vs. Non-YPT)**

RPC	Non-YPT	Test	Statistic	df	p
RPC [Designing experiments]	- Non YPT [Designing experiments]	Student	0.580	28	0.566
RPC [Interp. exp. data, data analysis]	- Non YPT [Interp. exp. data, data analysis]	Student	1.537	27	0.136
RPC [Numerical simulations]	- Non YPT [Numerical simulations]	Student	-0.533	28	0.598
<b>RPC [Crit. asses. of other's res.]</b>	- Non YPT [Crit. asses. of other's res.]	Wilcoxon	189.000		0.011

The results show practically minimal discrepancy for most of the hard skills tested. There is only one strongly significant difference in favor of RPC over Non-YPT: the “Critical assessment of others’ results” within RPC is significantly better  $W = 189$   $p = .011$ . Beside this “Conducting experiments (based on clear manual)”  $t = 2.292$   $p = .03$  seems to be better in RPC than in Non-YPT competitions, and “Independent research in scientific literature”  $t = - 2.097$   $p = .045$  seems to be better in Non-YPT than in RPC.

One of the most striking questions in our research is whether we see these significant differences between YPT and RPC or Non-YPT in their impact on Hard Skills. Because the comparison in 5.1 shows, that with the only exception of the “Independent research in scientific literature”, RPC supposed to have the same or significantly better effect as Non-YPT competitions on students Hard Skills, it is reasonable to limit the following comparison to YPT vs. RPC. To do this, we perform paired t-tests – or Wilcoxon-test, if needed.

**2.2.7 Summary of the Results by Teachers in Hard Skills**

Investigations on the Hard Skills show that

-YPT has an overall significantly higher positive influence than RPC and Non-YPT competitions:

- *Designing experiments*
- *Interpreting experimental data, data analysis*
- *Developing own theoretical model*
- *Numerical simulations*
- *Independent research in scientific literature*
- *Critical assessment of others’ results*

- YPT has an overall the same influence as RPC and Non-YPT competitions:

- *High school mathematics* (slightly better in RPC  $p = .037$ , but the same in Non-YPT)
- *High school physics*
- *Conducting experiment (based on clear manual)/Cookbook experiments*

- YPT has a significantly lower positive influence than RPC and Non-YPT competitions:

- *Solving close-ended problems in physics*



### 2.3 Effect of the Country on Hard Skills

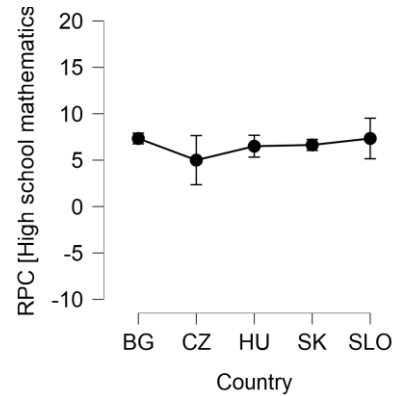
The scores given for hard skills – in RPC, YPT and Non-YPT too - seem to be very similar in all investigated countries too. As samples we show first the distributions of *High school mathematics, High school physics and Solving close-ended problems in physics* in the 5 countries: they are basically the same – what also the ANOVA tests are suggesting too.

**ANOVA - RPC [High school mathematics]**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
Country	13.757	4	3.439	0.531	0.714	0.073
Residuals	174.712	27	6.471			

**Descriptives - RPC [High school mathematics]**

Country	Mean	SD	N
BG	7.333	1.732	9
CZ	5.000	4.583	3
HU	6.500	2.881	6
SK	6.636	1.963	11
SLO	7.333	3.786	3

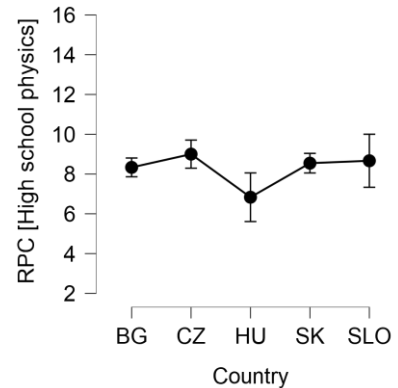


**ANOVA - RPC [High school physics]**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
Country	15.833	4	3.958	1.063	0.393	0.132
Residuals	104.227	28	3.722			

**Descriptives - RPC [High school physics]**

Country	Mean	SD	N
BG	8.333	1.414	9
CZ	9.000	1.414	4
HU	6.833	2.994	6
SK	8.545	1.635	11
SLO	8.667	2.309	3

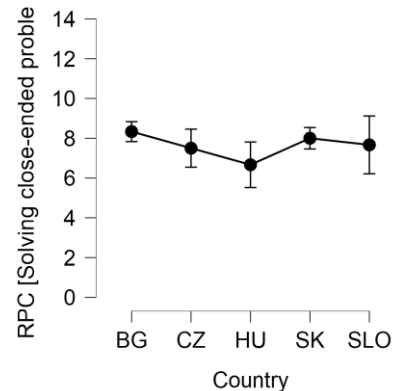


**ANOVA - RPC [Solving close-ended problems]**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
Country	11.061	4	2.765	0.685	0.608	0.089
Residuals	113.000	28	4.036			

**Descriptives - RPC [Solving close-ended problems]**

Country	Mean	SD	N
BG	8.333	1.500	9
CZ	7.500	1.915	4
HU	6.667	2.805	6
SK	8.000	1.789	11
SLO	7.667	2.517	3



The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



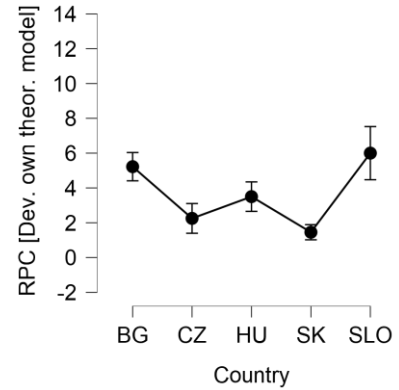
In the following you can see the significant effect of the country in hard skills:

**ANOVA - RPC [Dev. own theor. model]**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2_p$
Country	97.104	4	24.276	6.040	0.001	0.463
Residuals	112.533	28	4.019			

**Descriptives - RPC [Dev. own theor. model]**

Country	Mean	SD	N
BG	5.222	2.438	9
CZ	2.250	1.708	4
HU	3.500	2.074	6
SK	1.455	1.440	11
SLO	6.000	2.646	3

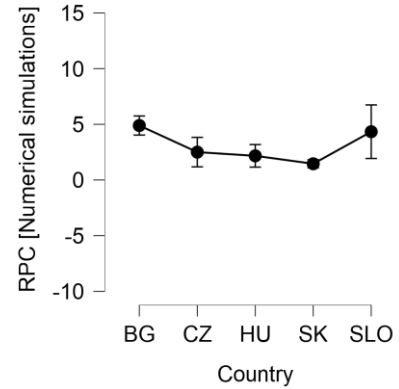


**ANOVA - RPC [Numerical simulations]**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2_p$
Country	68.611	4	17.153	3.116	0.031	0.308
Residuals	154.116	28	5.504			

**Descriptives - RPC [Numerical simulations]**

Country	Mean	SD	N
BG	4.889	2.571	9
CZ	2.500	2.646	4
HU	2.167	2.483	6
SK	1.455	1.214	11
SLO	4.333	4.163	3



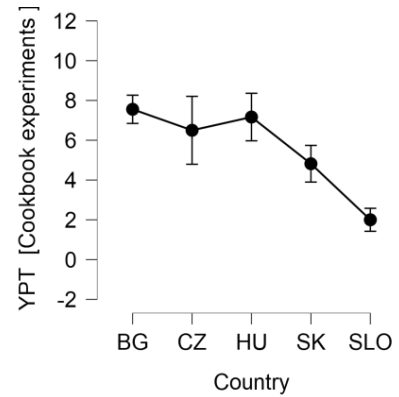


**ANOVA - YPT [Cookbook experiments ]**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2_p$
Country	94.187	4	23.547	3.144	0.030	0.310
Residuals	209.692	28	7.489			

**Descriptives - YPT [Cookbook experiments ]**

Country	Mean	SD	N
BG	7.556	2.128	9
CZ	6.500	3.416	4
HU	7.167	2.927	6
SK	4.818	3.060	11
SLO	2.000	1.000	3

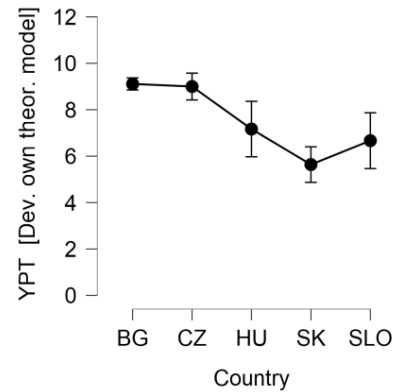


**ANOVA - YPT [Dev. own theor. model]**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2_p$
Country	72.702	4	18.176	4.073	0.010	0.368
Residuals	124.934	28	4.462			

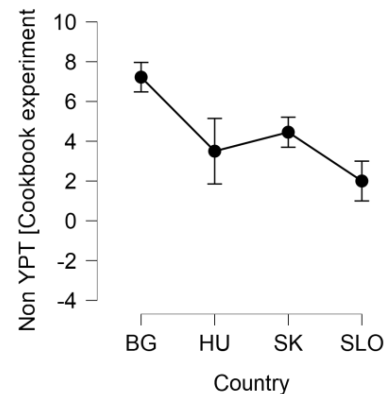
**Descriptives - YPT [Dev. own theor. model]**

Country	Mean	SD	N
BG	9.111	0.782	9
CZ	9.000	1.155	4
HU	7.167	2.927	6
SK	5.636	2.541	11
SLO	6.667	2.082	3



**ANOVA - Non YPT [Conducting experiment ]**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
Country	87.665	3	29.222	3.849	0.022	0.316
Residuals	189.783	25	7.591			





**Descriptives - Non YPT [Cookbook experiments ]**

Country	Mean	SD	N
BG	7.222	2.224	9
HU	3.500	4.037	6
SK	4.455	2.505	11
SLO	2.000	1.732	3





### 3. Supplement: Comparison between Students' and Teachers' scores

#### 3.1 Hard Skills Results of the n = 77 Students of the Comparison with Teachers

Descriptives: 77 Students Scores in RPC and YPT

	N	Mean	SD	SE
High sch. math. - RPC	34	8.294	1.567	0.269
High sch. math. -YPT	34	6.882	1.855	0.318
High sch. phy.- RPC	77	8.234	1.555	0.177
High sch. phy.-YPT	77	7.584	1.956	0.223
Solv. clos-end. prob. - RPC	77	8.338	1.501	0.171
Solv. clos-end. prob. -YPT	77	7.351	1.931	0.220
Des. exp.- RPC	77	7.091	2.141	0.244
Des. exp.-YPT	77	7.870	1.929	0.220
Cookbook exp. - RPC	77	8.260	1.787	0.204
Cookbook exp. -YPT	77	7.948	1.891	0.216
Int. exp. data - RPC	77	7.403	2.028	0.231
Int. exp. data -YPT	76	7.632	2.006	0.230
Dev. own. th. mod. - RPC	77	6.701	1.994	0.227
Dev. own. th. mod. -YPT	76	7.289	2.159	0.248
Num. sim. - RPC	77	6.364	2.194	0.250
Num. sim. -YPT	77	6.987	1.909	0.218
Research in sci. lit. - RPC	77	6.805	2.230	0.254
Research in sci. lit. -YPT	77	7.792	1.880	0.214
Crit. ass. - RPC	76	7.079	2.128	0.244
Crit. ass. -YPT	77	7.481	1.875	0.214

Test of Normality (Shapiro-Wilk)

	W	p
High sch. math. - RPC - High sch. math. -YPT	0.879	0.001
High sch. phy.- RPC - High sch. phy.-YPT	0.887	< .001
Solv. clos-end. prob. - RPC - Solv. clos-end. prob. -YPT	0.839	< .001
Des. exp.- RPC - Des. exp.-YPT	0.915	< .001
Cookbook exp. - RPC - Cookbook exp. -YPT	0.865	< .001
Int. exp. data - RPC - Int. exp. data -YPT	0.911	< .001
Dev. own. th. mod. - RPC - Dev. own. th. mod. -YPT	0.904	< .001
Num. sim. - RPC - Num. sim. -YPT	0.850	< .001
Research in sci. lit. - RPC - Research in sci. lit. -YPT	0.859	< .001
Crit. ass. - RPC - Crit. ass. -YPT	0.886	< .001

Note. Significant results suggest a deviation from normality.

Comparison (Wilcoxon): 77 Students RPC vs. YPT

RPC	YPT	W	df	p
High sch. math. - RPC	- High sch. math. -YPT	355.000		0.002
High sch. phy.- RPC	- High sch. phy.-YPT	619.000		0.003
Solv. clos-end. prob. - RPC	- Solv. clos-end. prob. -YPT	570.500		< .001
Des. exp.- RPC	- Des. exp.-YPT	270.000		0.012

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Comparison (Wilcoxon): 77 Students RPC vs. YPT**

RPC	YPT	W	df	p
Cookbook exp. - RPC	- Cookbook exp. -YPT	376.000		0.163
Int. exp. data - RPC	- Int. exp. data -YPT	406.500		0.410
Dev. own. th. mod. - RPC	- <b>Dev. own. th. mod. -YPT</b>	<b>296.000</b>		<b>0.029</b>
Num. sim. - RPC	- <b>Num. sim. -YPT</b>	<b>175.500</b>		<b>0.019</b>
Research in sci. lit. - RPC	- <b>Research in sci. lit. -YPT</b>	<b>169.500</b>		<b>0.002</b>
Crit. ass. - RPC	- Crit. ass. -YPT	321.500		0.222

Note. Wilcoxon signed-rank test.

**3.2 Hard Skills in RPC and YPT: Students (n = 77) vs. Teachers (n = 32) (both on 1-10 scale).**

**Descriptive Statistics: Hard Skills in YPT and RPC, Students and Teachers**

	High sch. math. -YPT		High sch. math. - RPC		High sch. phy.-YPT		High sch. phy.- RPC	
	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher
Valid	34	32	34	31	77	32	77	32
Missing	43	0	43	1	0	0	0	0
Mean	6.882	7.438	8.294	6.710	7.584	8.125	8.234	8.281
Std. Deviation	1.855	2.355	1.567	2.506	1.956	2.181	1.555	1.955
Minimum	4.000	2.000	4.000	0.000	2.000	2.000	4.000	2.000
Maximum	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000

**Descriptive Statistics: Hard Skills in YPT and RPC, Students and Teachers**

	Solv. clos-end. prob. -YPT		Solv. clos-end. prob. - RPC		Des. exp.-YPT		Des. exp.- RPC	
	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher
Valid	77	32	77	32	77	32	77	32
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	7.351	4.688	8.338	7.781	7.870	8.531	7.091	4.781
Std. Deviation	1.931	3.021	1.501	1.996	1.929	1.741	2.141	2.549
Minimum	2.000	0.000	4.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.000
Maximum	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	9.000

**Descriptive Statistics: Hard Skills in YPT and RPC, Students and Teachers**

	Cookbook exp. -YPT		Cookbook exp. - RPC		Int. exp. data -YPT		Int. exp. data - RPC	
	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher
Valid	77	32	77	32	76	32	77	32
Missing	0	0	0	0	1	0	0	0
Mean	7.948	5.906	8.260	6.250	7.632	8.750	7.403	6.313
Std. Deviation	1.891	3.125	1.787	2.185	2.006	1.723	2.028	2.278
Minimum	2.000	1.000	2.000	1.000	2.000	2.000	2.000	1.000
Maximum	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000

**Descriptive Statistics: Hard Skills in YPT and RPC, Students and Teachers**

	Dev. own. th. mod. -YPT		Dev. own. th. mod. - RPC		Num. sim. -YPT		Num. sim. - RPC	
	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher
Valid	76	32	77	32	77	32	77	32
Missing	1	0	0	0	0	0	0	0

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Descriptive Statistics: Hard Skills in YPT and RPC, Students and Teachers**

	Dev. own. th. mod. -YPT		Dev. own. th. mod. - RPC		Num. sim. -YPT		Num. sim. - RPC	
	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher
Mean	7.289	7.375	6.701	3.375	6.987	7.219	6.364	2.938
Std. Deviation	2.159	2.524	1.994	2.600	1.909	2.524	2.194	2.675
Minimum	2.000	1.000	2.000	0.000	2.000	0.000	2.000	0.000
Maximum	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	9.000

**Descriptive Statistics: Hard Skills in YPT and RPC, Students and Teachers**

	Research in sci. lit. -YPT		Research in sci. lit. - RPC		Crit. ass. -YPT		Crit. ass. - RPC	
	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher	Student	Teacher
Valid	77	32	77	32	77	32	76	32
Missing	0	0	0	0	0	0	1	0
Mean	7.792	7.844	6.805	3.625	7.481	8.469	7.079	4.094
Std. Deviation	1.880	2.490	2.230	2.459	1.875	1.917	2.128	2.347
Minimum	2.000	2.000	2.000	0.000	2.000	2.000	2.000	0.000
Maximum	10.000	10.000	10.000	9.000	10.000	10.000	10.000	10.000

**Test of Normality (Shapiro-Wilk)**

		W	p
High sch. math. - RPC	Student	0.768	< .001
	Teacher	0.927	0.037
High sch. math. -YPT	Student	0.778	< .001
	Teacher	0.878	0.002
High sch. phy.- RPC	Student	0.825	< .001
	Teacher	0.811	< .001
High sch. phy.-YPT	Student	0.871	< .001
	Teacher	0.820	< .001
Solv. clos-end. prob. - RPC	Student	0.816	< .001
	Teacher	0.891	0.004
Solv. clos-end. prob. -YPT	Student	0.862	< .001
	Teacher	0.924	0.027
Des. exp.- RPC	Student	0.895	< .001
	Teacher	0.923	0.024
Des. exp.-YPT	Student	0.846	< .001
	Teacher	0.787	< .001
Cookbook exp. - RPC	Student	0.797	< .001
	Teacher	0.941	0.080
Cookbook exp. -YPT	Student	0.824	< .001
	Teacher	0.905	0.008
Int. exp. data - RPC	Student	0.868	< .001
	Teacher	0.965	0.366
Int. exp. data -YPT	Student	0.860	< .001
	Teacher	0.727	< .001
Dev. own. th. mod. - RPC	Student	0.902	< .001
	Teacher	0.935	0.056
Dev. own. th. mod. -YPT	Student	0.882	< .001
	Teacher	0.888	0.003
Num. sim. - RPC	Student	0.897	< .001
	Teacher	0.872	0.001
Num. sim. -YPT	Student	0.881	< .001
	Teacher	0.894	0.004
Research in sci. lit. - RPC	Student	0.871	< .001

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Test of Normality (Shapiro-Wilk)**

		W	p
Research in sci. lit. -YPT	Teacher	0.944	0.095
	Student	0.845	< .001
Crit. ass. - RPC	Teacher	0.823	< .001
	Student	0.876	< .001
Crit. ass. -YPT	Teacher	0.951	0.151
	Student	0.869	< .001
	Teacher	0.776	< .001

Note. Significant results suggest a deviation from normality.

**Comparison: Hard Skills in RPC and YPT of Students and Teachers**

	W	p
<b>High sch. math. - RPC (Students)</b>	<b>734.500</b>	<b>0.005</b>
High sch. math. -YPT	437.000	0.159
High sch. phy.- RPC	1169.000	0.660
High sch. phy.-YPT	998.000	0.108
Solv. clos-end. prob. - RPC	1415.500	0.200
<b>Solv. clos-end. prob. -YPT (Students)</b>	<b>1894.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Des. exp.- RPC (Students)</b>	<b>1833.500</b>	<b>&lt; .001</b>
Des. exp.-YPT	973.000	0.073
<b>Cookbook exp. - RPC (Students)</b>	<b>1925.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Cookbook exp. -YPT (Students)</b>	<b>1697.500</b>	<b>0.001</b>
<b>Int. exp. data - RPC (Students)</b>	<b>1581.500</b>	<b>0.017</b>
<b>Int. exp. data -YPT (Teachers)</b>	<b>801.500</b>	<b>0.004</b>
<b>Dev. own. th. mod. - RPC (Students)</b>	<b>2078.500</b>	<b>&lt; .001</b>
Dev. own. th. mod. -YPT	1155.500	0.679
<b>Num. sim. - RPC (Students)</b>	<b>2042.000</b>	<b>&lt; .001</b>
Num. sim. -YPT	1061.000	0.241
<b>Research in sci. lit. - RPC (Students)</b>	<b>2006.000</b>	<b>&lt; .001</b>
Research in sci. lit. -YPT	1128.500	0.477
<b>Crit. ass. - RPC (Students)</b>	<b>2007.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Crit. ass. -YPT (Teachers)</b>	<b>816.000</b>	<b>0.004</b>

Note. Mann-Whitney U test. highlighted bold if  $p \leq .05$  In parentheses the direction of positive bias group..

Differences in hard skills between RPC and YPT (positive value means better for YPT):

**Group Descriptives: Differences between YPT and RPC (positive value means better in YPT)**

	Group	N	Mean	SD	SE
Diff. Math.	Student	34	-1.412	2.388	0.410
	Teacher	32	0.938	2.711	0.479
Diff. Phys.	Student	77	-0.649	1.790	0.204
	Teacher	32	-0.156	2.112	0.373
Diff. Solv. Cl. Pr.	Student	77	-0.987	1.990	0.227
	Teacher	32	-3.094	3.383	0.598
Diff. Des. Exp.	Student	77	0.779	2.516	0.287
	Teacher	32	3.750	2.627	0.464
Diff. Cookbook	Student	77	-0.312	1.948	0.222
	Teacher	32	-0.344	3.525	0.623
Diff. Int. Exp.	Student	77	0.130	2.582	0.294
	Teacher	32	2.438	1.999	0.353

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



**Group Descriptives: Differences between YPT and RPC (positive value means better in YPT)**

	Group	N	Mean	SD	SE
Diff. Dev own theory	Student	77	0.494	2.537	0.289
	Teacher	32	4.000	2.502	0.442
Diff. Num Sim.	Student	77	0.623	2.254	0.257
	Teacher	32	4.281	2.932	0.518
Diff. Research	Student	77	0.987	2.526	0.288
	Teacher	32	4.219	2.485	0.439
Diff. Crit. Ass.	Student	77	0.494	2.718	0.310
	Teacher	32	4.375	2.537	0.448

**Test of Normality (Shapiro-Wilk): Differences of hard skills in RPC and YPT**

		W	p
Diff. Math.	Student	0.879	0.001
	Teacher	0.919	0.020
Diff. Phys.	Student	0.887	< .001
	Teacher	0.895	0.005
Diff. Solv. Cl. Pr.	Student	0.839	< .001
	Teacher	0.967	0.422
Diff. Des. Exp.	Student	0.915	< .001
	Teacher	0.973	0.594
Diff. Cookbook	Student	0.865	< .001
	Teacher	0.974	0.625
Diff. Int. Exp.	Student	0.924	< .001
	Teacher	0.963	0.334
Diff. Dev own theory	Student	0.918	< .001
	Teacher	0.961	0.302
Diff. Num Sim.	Student	0.850	< .001
	Teacher	0.971	0.521
Diff. Research	Student	0.859	< .001
	Teacher	0.953	0.179
Diff. Crit. Ass.	Student	0.880	< .001
	Teacher	0.972	0.549

Note. Significant results suggest a deviation from normality.

**Independent Samples T-Test/ Man-Whitney U-tests of the Differences in Hard Skills in YPT and RPC between Students and Teachers**

	W	p
<b>Diff. Math.</b>	<b>278.000</b>	<b>&lt; .001</b>
Diff. Phys.	983.500	0.081
<b>Diff. Solv. Cl. Pr.</b>	<b>1741.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Diff. Des. Exp.</b>	<b>515.500</b>	<b>&lt; .001</b>
Diff. Cookbook	1210.500	0.885
<b>Diff. Int. Exp.</b>	<b>551.000</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Diff. Dev own theory.</b>	<b>401.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Diff. Num Sim.</b>	<b>374.500</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Diff. Research</b>	<b>407.000</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Diff. Crit. Ass.</b>	<b>355.500</b>	<b>&lt; .001</b>

Note. Mann-Whitney U test.



## 4. Supplement: Teachers' Assessment of Hard-Skill Development

### 4.1 Research question

According to our own experience, YPT type competitions can have serious effects on many skills and motivation of most high school students. In order to quantify this experience, we have formulated the following main research question:

*What impact of different teaching platforms do students and teachers attribute to students' hard skill development" (RPC, YPT and Non-YPT competitions)?*

In addition, we were confident that other connections and relationships would become known in the course of the research, but we see these as some welcome side effects.

### 4.2 Hypotheses

Based on our many years of experience in preparing high school students for the IYPT or any YPT competitions, we formulate the following hypotheses:

- 1. We do not find significant differences between traditional competitions (Non-YPT) and regular physics classes (RPC) in terms of their impact on most of the hard skills examined.*
- 2. YPT competitions have a serious positive effect on certain hard skills compared to the other two learning modes (RCP and Non-YPT competitions).*

The results of the examination of our hypotheses in themselves-, provide only a part of the actual impact test, as it only makes statements from the perspective of teachers. The message of the results of the research should be interpreted in its entirety together with the answers given by the participating students.

### 4.3 Methods

In total, 308 students from nine countries participated in the survey. The largest share of students was from Slovakia (54%), followed by Hungary (23%), the Czech Republic (7%), and Bulgaria (7%).

11 Slovak and 6 Hungarian physics teachers provided the data in January 2021 and by 9 Bulgarian, 3 Slovenian and 4 Czech physics teachers in November 2021. Given the COVID situation, teachers carried out their preparatory work in 2020/2021 mainly online. This is why it is important to mention that most colleagues have been involved in preparing for YPT-type competitions for several years. Teachers had to fill in a questionnaire and answer 16x3 quantitative and 15 qualitative questions about the impact and characteristics of RCP, YPT and Non-YPT competitions.

Data on teachers' answers from the questionnaire were provided in Excel format. For carrying out the empirical analysis, the software JASP<sup>2</sup> was used. First, descriptive analyses on skills as well as a correlation matrix using all variables. Secondly, for testing the hypotheses paired and independent t-

---

<sup>2</sup> <https://jasp-stats.org/>

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



tests (and Wilcoxon or Mann-Whitney-tests where needed) were computed. If Wilcoxon or Mann-Whitney-test was used, it is always the relevant result, t-tests are in these cases not relevant.

The comparison between the values given for the assessment of the hard skills listed in the Guidelines and 1., 2. and 3. Supplement sections.

#### 4.4 Conclusions

Regarding the *first hypothesis* of the study, we can state that we found few significant differences between the effects of traditional classes and competition in the area of the hard skills. RPC and Non-YPT are by teachers quite similar, but by students seems to be RPC more useful:

- by teachers only “Conducting (cookbook) experiments”, and “Critical assessments of other results” are better in RPC, and “Independent research in scientific literature” is better in Non-YPT.
- by students seems to be Non-YPT in “Designing experiments”, “Interpreting experimental data, data analysis”, “Developing own theoretical model”, “Numerical simulations”, “Independent research in scientific literature”, “Critical assessment of others' results” significantly better than RPC activities.

It also seems, that traditional competitions are strongly mathematics-centered and therefore require preparation similar to traditional lessons. Of course, this is both an advantage and a disadvantage, as it does not require special work, knowledge, extra time and energy investment from teachers – as they are complained about it in the case of YPT. It is difficult to increase the number of students who are successful in physics, as mathematics knowledge severely limits the number of students available.

For our *second hypothesis*, the overall effect seems to be more positive: there are several positive significant differences in the effect of YPT-type learning in comparison to RPC, and Non-YPT-type activities.

In the examination of the hard skills in the full sample of students, the platforms RPC and YPT show no significant difference in “High school mathematics”, “High school physics” and “Cookbook experiments”. The case of “Solving close-ended problems in physics” YPT shows less developmental effect than the other two. It is important to mention that the effect of “High school mathematics” in YPT shows no difference from Non-YPT competitions. However, there are significant positive differences in “Designing experiment”, “Interpreting experimental data, data analysis”, “Developing own theoretical model”, “Numerical simulations”, “Independent research in scientific literature”, and “Critical assessment of others' results”. Teachers only find “High school mathematics” and “Solving close-ended problems in physics” in RPC better, “High school physics” seems to have the same effect in RPC and YPT, all other skills are better in YPT.

The comparison between the 77 students' and 33 teachers' scores shows, that students tend to give extremely higher scores for RPC as the teachers. Although the differences between the scores for RPC and YPT from both students and teacher show, that students and teachers see the effects of RPC and YPT quite similar – with the exception of *High school mathematics*, where students gave more scores for RPC.





#### **4.5 Limitation and future research**

The main development potential of our measurement lies in the fact that while the questions examine the perceived effects of teachers and students, it is still lacking what they are actually doing. The initial results are very encouraging, and based on the experience so far, it seems worthwhile to involve more countries in the future and to examine larger samples. The comprehensive interpretation of the results obtained also requires responses from students, this is also particularly important because teacher evaluation alone is often biased, although since we have performed comparative studies with each other, we can hope that this general bias does not have a significant effect on comparative studies.



## 6. Bibliography

- Agbeh, A. (2014). The impact of problem-based learning on problem solving skills and a sense of community in the classroom. *Review of Higher Education & Self-Learning*, 7(25), 99–105.
- Baharom, S., & Palaniandy, B. (2013). Problem Based Learning : A Process for the Acquisition of Learning and Generic Skills. *The 4th International Research Symposium on Problem-Based Learning (IRSPBL)*.
- Bahri, N., Azli, N., & Samah, N. (2013). From Conventional to Non-conventional Laboratory: Electrical Engineering Students' Perceptions. *The 4th International Research Symposium on Problem-Based Learning (IRSPBL) 2013 From*.
- Ballantine, J., & McCourt Larres, P. (2007). Cooperative learning: a pedagogy to improve students' generic skills? *Education + Training*, 49(2), 126–137. <https://doi.org/10.1108/00400910710739487>
- Bereiter, C., & Scardamalia, M. (2006). Education for the Knowledge Age: Design-Centered Models of Teaching and Instruction. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 695–713). Lawrence Erlbaum Associates Publishers. [https://www.ikit.org/fulltext/2006\\_EducationFor.pdf](https://www.ikit.org/fulltext/2006_EducationFor.pdf)
- Bray, A., & Williams, J. (2020, April). Why is physics hard? Unpacking students' perceptions of physics. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1512, No. 1, p. 012002). IOP Publishing.
- Brownell, J., & Jameson, D. A. (2004). Problem-based learning in graduate management education: An integrative model and interdisciplinary application. *Journal of Management Education*, 28(5), 558–577. <https://doi.org/10.1177/1052562904266073>
- Bruder, R., & Prescott, A. (2013). Research evidence on the benefits of IBL. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, 45(6), 811–822. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0542-2>
- Carvalho, A. (2016). The impact of PBL on transferable skills development in management education. *Innovations in Education and Teaching International*, 53(1), 35–47. <https://doi.org/10.1080/14703297.2015.1020327>
- Chan, Z. (2013). Exploring creativity and critical thinking in traditional and innovative problem-based learning groups. *Journal of Clinical Nursing*, 22(15–16), 2298–2307. <https://doi.org/10.1111/jocn.12186>
- Chang, C. Y., & Mao, S. L. (1999). Comparison of taiwan science students' outcomes with inquiry-group versus traditional instruction. *Journal of Educational Research*, 92(6), 340–346. <https://doi.org/10.1080/00220679909597617>
- Chen, R. H. (2021). Fostering students' workplace communicative competence and collaborative mindset through an inquiry-based learning design. *Education Sciences*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.3390/educsci11010017>
- Choi, E., Lindquist, R., & Song, Y. (2014). Effects of problem-based learning vs. traditional lecture on Korean nursing students' critical thinking, problem-solving, and self-directed learning. *Nurse Education Today*, 34(1), 52–56. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2013.02.012>
- Chu, S., Chow, K., Tse, S., & Collier, K. C. (2008). Grade 4 Students' Development of Research Skills through Inquiry-Based Learning Projects. *School Libraries Worldwide*, 14(1), 10.
- Cooper, C., & Carver, N. (2012). Problem based learning in mental health nursing: The students' experience. *International Journal of Mental Health Nursing*, 21(2), 175–183. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0349.2011.00788.x>



- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction, 13*(5), 533–568. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00025-7)
- Font, A., & Cebrian, G. (2013). The Impact of PBL Training on Legal Professions. In K. Mohd-Yusof, M. Arsat, M. T. Borhan, E. de Graaff, A. Kolmos, & F. A. Phang (Eds.), *PBL Across Cultures* (pp. 100–109). Aalborg University Press.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research, 82*(3), 300–329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Günüşen, N. P., Serçeku, P., & Edeer, A. D. (2014). A Comparison of Problem-Based and Traditional Education on Nursing Students' Locus of Control and Problem-Solving Skills. *International Journal of Nursing Knowledge, 25*(2), 110–115.
- Hakim, L. L., Sulatri, Y. L., Mudrikah, A., & Ahmatika, D. (2019). STEM project-based learning models in learning mathematics to develop 21st century skills. *ITEEA Journal, 1*, 1–5.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review, 16*(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- 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 (2006). *Educational Psychologist, 42*(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hoidn, S., & Kärkkäinen, K. (2014). Promoting Skills for Innovation in Higher Education: A Literature Review on the Effectiveness of Problem-based Learning and of Teaching Behaviours. *OECD Education Working Papers, 100*. <http://dx.doi.org/10.1787/5k3tsj671226-en>
- Hwang, M. I. (2018). Relationship between teamwork and team performance: Experiences from an ERPsim competition. *Journal of Information Systems Education, 29*(3), 157–168.
- Ismail, N. (2013). Defining Vocational Education and Training for Tertiary Level Education : Where does Problem Based Learning Fit in ? – A Literature Review. *The 4th International Research Symposium on Problem-Based Learning (IRSPBL) 2013*, 173–180.
- Jerrim, J., Oliver, M., & Sims, S. (2019). The relationship between inquiry-based teaching and students' achievement. New evidence from a longitudinal PISA study in England. *Learning and Instruction, 61*(January), 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.12.004>
- Justice, C., Rice, J., & Warry, W. (2009). Developing Useful and Transferable Skills: Course Design to Prepare Students for a Life of Learning. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 3*(2). <https://doi.org/10.20429/ijstl.2009.030209>
- Khoshnevisasl, P., Sadeghzadeh, M., Mazloomzadeh, S., Hashemi Feshareki, R., & Ahmadiafshar, A. (2014). Comparison of Problem-based Learning With Lecture-based Learning. *Iranian Red Crescent Medical Journal, 16*(5). <https://doi.org/10.5812/ircmj.5186>
- Kienzler, H., & Fontanesi, C. (2017). Learning through inquiry: a Global Health Hackathon. *Teaching in Higher Education, 22*(2), 129–142. <https://doi.org/10.1080/13562517.2016.1221805>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist, 41*(2), 75–86. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1)

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



- Lasa, A., Txurruka, I., Simón, E., & Miranda, J. (2013). Problem based learning implementation in the degree of human nutrition and dietetics. *6th International Conference of Education, Research and Innovation*, 1687–1692.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Li, G., Long, S., & Simpson, M. E. (1999). Self-Perceived Gains in Critical Thinking and Communication Skills: Are There Disciplinary Differences? *Research in Higher Education*, 40(1), 43–60. <http://www.jstor.org/stable/40196323>
- Magnussen, L., Ishida, D., & Itano, J. (2000). The impact of the use of inquiry-based learning as a teaching methodology on the development of critical thinking. *Journal of Nursing Education*, 39(8), 360–364. <https://doi.org/10.3928/0148-4834-20001101-07>
- Mgangira, M. B. (2003). Integrating the Development of Employability Skills into a Civil Engineering Core Subject through a Problem-Based Learning Approach. *International Journal of Engineering Education*, 19(5), 759–761.
- Mieg, H. A. (2019). Inquiry-Based Learning – Undergraduate Research. In H. A. Mieg (Ed.), *Inquiry-Based Learning – Undergraduate Research The German Multidisciplinary Experience*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-14223-0>
- Mohd-Yusof, K., Arsat, M., Borhan, M. T., Graaff, E., & Kolmos, A. (2013). PBL Across Cultures. *4th International Symposium on Problem Based Learning*, 422.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/4962>
- Oliver, K. M. (2000). Methods for Developing Constructivist Learning on the Web. *Educational Technology*, 40(6), 5–18. <http://www.jstor.org/stable/44428633>
- Othman, H., Salleh, B. M., & Sulaiman, A. (2013). 5 ladders of active learning: An innovative learning steps in PBL process. *The 4th International Symposium on Problem-Based Learning (IRSPBL) 2013*, 245–253. [http://eprints.uthm.edu.my/id/eprint/4019/1/5\\_Ladders\\_of\\_Active\\_Learning.pdf](http://eprints.uthm.edu.my/id/eprint/4019/1/5_Ladders_of_Active_Learning.pdf)
- Palmer, S. (2002). Enquiry-Based Learning Can Maximise a Student's Potential. *Psychology Learning & Teaching*, 2(2), 82–86. <https://doi.org/10.2304/plat.2002.2.2.82>
- Panwong, P., & Kemavuthanon, K. (2014). Problem-based learning framework for junior software developer: Empirical study for computer programming students. *Wireless Personal Communications*, 76(3), 603–613. <https://doi.org/10.1007/s11277-014-1728-9>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Rau, D., Chu, S., Lin, Y., & Chang, M. (2006). Development and Teaching Approaches of Technical and Vocational Education Curricula. *9th International Conference on Engineering Education*, 17–22.
- Razzaq, Z., & Ahsin, S. (2011). PBL wrap up sessions: an approach to enhance generic skills in medical students. *Journal of Ayub Medical College, Abbottabad : JAMC*, 23(2), 162–165.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



- Seneviratne, R., Samarasekera, D., Karunathilake, I., & Ponnampereuma, G. (2001). Students' perception of problem-based learning in the medical curriculum of the Faculty of Medicine, University of Colombo. *Annals of the Academy of Medicine Singapore*, 30(4), 379–381.
- Seren, S., & Ustun, B. (2008). Conflict resolution skills of nursing students in problem-based compared to conventional curricula. *Nurse Education Today*, 28(4), 393–400. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2007.07.005>
- Smith, C., & Bath, D. (2006). The Role of the Learning Community in the Development of Discipline Knowledge and Generic Graduate Outcomes. *Higher Education*, 51(2), 259–286. <https://doi.org/10.1007/s10734-004-6389-2>
- Sungur, S., & Tekkaya, C. (2006). Effects of problem-based learning and traditional instruction on self-regulated learning. *Journal of Educational Research*, 99(5), 307–320. <https://doi.org/10.3200/JOER.99.5.307-320>
- Tan, D. K. Y., Koppi, A., & Field, D. J. (2016). First year agricultural science student perspectives in graduate attribute development through problem-based learning. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 24(1), 54–66.
- Warnock, J. N., & Mohammadi-Aragh, M. J. (2016). Case study: use of problem-based learning to develop students' technical and professional skills. *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 142–153. <https://doi.org/10.1080/03043797.2015.1040739>



## 4.6. APPENDIX

### Hard Skills

*Assumption tests for “Impact of years to final exam on usefulness of RPC, YPT and other activities”*

Hard Skills - RPC	Shapiro-Wilk test (p-value)	NCV test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,428	0,094
High school physics	0,000	0,287	0,116
Solve close-ended problems	0,000	0,344	0,116
Designing experiments	0,000	0,837	0,008
Conducting experiment	0,000	0,009	0,000
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,003	0,036
Developing own theoretical model	0,000	0,395	0,136
Numerical simulations	0,000	0,103	0,032
Independent research in scientific literature	0,000	0,158	0,230
Critical assessment of others' results	0,000	0,033	0,022

Hard Skills - YPT	Shapiro-Wilk test (p-value)	NCV test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,237	0,728
High school physics	0,000	0,982	0,762
Solve close-ended problems	0,000	0,402	0,978
Designing experiments	0,000	0,469	0,212
Conducting experiment	0,000	0,690	0,422
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,175	0,808
Developing own theoretical model	0,000	0,056	0,056
Numerical simulations	0,000	0,313	0,556
Independent research in scientific literature	0,000	0,610	0,638
Critical assessment of others' results	0,000	0,856	0,976

Hard Skills - Other	Shapiro-Wilk test (p-value)	NCV test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,016	0,998
High school physics	0,000	0,264	0,128
Solve close-ended problems	0,000	0,371	0,682
Designing experiments	0,000	0,106	0,426
Conducting experiment	0,000	0,048	0,640
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,409	0,084
Developing own theoretical model	0,000	0,139	0,902
Numerical simulations	0,000	0,138	0,036
Independent research in scientific literature	0,000	0,344	0,104
Critical assessment of others' results	0,000	0,051	0,198

*Assumption tests for “Impact of physics classes on usefulness of RPC, YPT and other activities”*

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





Hard Skills - RPC	Shapiro-Wilk test (p-value)	NCV test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,352	0,236
High school physics	0,000	0,070	0,140
Solve close-ended problems	0,000	0,326	0,140
Designing experiments	0,000	0,204	0,000
Conducting experiment	0,000	0,751	0,000
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,304	0,002
Developing own theoretical model	0,000	0,537	0,046
Numerical simulations	0,000	0,412	0,004
Independent research in scientific literature	0,000	0,364	0,086
Critical assessment of others' results	0,000	0,886	0,000

Hard Skills - YPT	Shapiro-Wilk test (p-value)	NCV test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,289	0,642
High school physics	0,000	0,153	0,552
Solve close-ended problems	0,000	0,593	0,964
Designing experiments	0,002	0,107	0,830
Conducting experiment	0,000	0,204	0,322
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,047	0,966
Developing own theoretical model	0,000	0,014	0,054
Numerical simulations	0,000	0,075	0,764
Independent research in scientific literature	0,000	0,331	0,632
Critical assessment of others' results	0,000	0,241	0,920

Hard Skills - Other	Shapiro-Wilk test (p-value)	NCV test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,000	0,736
High school physics	0,000	0,012	0,192
Solve close-ended problems	0,000	0,093	0,712
Designing experiments	0,000	0,633	0,328
Conducting experiment	0,000	0,185	0,976
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,340	0,160
Developing own theoretical model	0,000	0,475	0,530
Numerical simulations	0,000	0,830	0,088
Independent research in scientific literature	0,000	0,367	0,114
Critical assessment of others' results	0,000	0,219	0,256

*Assumption tests for “Impact of participation in YPT activities on usefulness of RPC, YPT and other activities”*

Hard Skills - RPC	Shapiro-Wilk test (p-value)	NCV test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,231	0,292
High school physics	0,000	0,195	0,530

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





Solve close-ended problems	0,000	0,000	0,052
Designing experiments	0,000	0,425	0,092
Conducting experiment	0,000	0,004	0,002
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,326	0,400
Developing own theoretical model	0,000	0,523	0,502
Numerical simulations	0,000	0,083	0,000
Independent research in scientific literature	0,000	0,516	0,566
Critical assessment of others' results	0,000	0,878	0,006

Hard Skills - YPT	Shapiro-Wilk test (p-value)	NCV test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,467	0,130
High school physics	0,000	0,168	0,306
Solve close-ended problems	0,000	0,266	0,790
Designing experiments	0,000	0,317	0,152
Conducting experiment	0,000	0,244	0,088
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,177	0,036
Developing own theoretical model	0,000	0,235	0,250
Numerical simulations	0,000	0,297	0,420
Independent research in scientific literature	0,000	0,774	0,744
Critical assessment of others' results	0,000	0,584	0,842

Hard Skills - Other	Shapiro-Wilk test (p-value)	NCV test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,336	0,690
High school physics	0,000	0,710	0,010
Solve close-ended problems	0,000	0,539	0,488
Designing experiments	0,000	0,950	0,078
Conducting experiment	0,000	0,500	0,510
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,445	0,876
Developing own theoretical model	0,000	0,054	0,558
Numerical simulations	0,000	0,966	0,132
Independent research in scientific literature	0,000	0,240	0,268
Critical assessment of others' results	0,000	0,365	0,742

*Assumption tests for "Impact of participation in non-YPT competitions on usefulness of RPC, YPT and other activities"*

Hard Skills - RPC	Shapiro-Wilk test (p-value)	NCV test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,628	0,106
High school physics	0,000	0,947	0,522
Solve close-ended problems	0,000	0,844	0,140
Designing experiments	0,001	0,837	0,008
Conducting experiment	0,000	0,599	0,000

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,720	0,066
Developing own theoretical model	0,005	0,883	0,208
Numerical simulations	0,000	0,817	0,000
Independent research in scientific literature	0,000	0,912	0,290
Critical assessment of others' results	0,000	0,448	0,246

<b>Hard Skills - YPT</b>	<b>Shapiro-Wilk test (p-value)</b>	<b>NCV test (p-value)</b>	<b>Durbin Watson test (p-value)</b>
High school mathematics	0,000	0,499	0,512
High school physics	0,000	0,341	0,410
Solve close-ended problems	0,000	0,748	0,566
Designing experiments	0,000	0,731	0,038
Conducting experiment	0,000	0,441	0,542
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,420	0,272
Developing own theoretical model	0,000	0,721	0,212
Numerical simulations	0,000	0,850	0,188
Independent research in scientific literature	0,001	0,176	0,850
Critical assessment of others' results	0,000	0,440	0,490

<b>Hard Skills - Other</b>	<b>Shapiro-Wilk test (p-value)</b>	<b>NCV test (p-value)</b>	<b>Durbin Watson test (p-value)</b>
High school mathematics	0,000	0,961	0,768
High school physics	0,000	0,555	0,820
Solve close-ended problems	0,000	0,884	0,446
Designing experiments	0,000	0,442	0,006
Conducting experiment	0,000	0,400	0,546
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,991	0,138
Developing own theoretical model	0,000	0,795	0,702
Numerical simulations	0,001	0,342	0,004
Independent research in scientific literature	0,000	0,005	0,142
Critical assessment of others' results	0,000	0,311	0,818

*Assumption tests for “Impact of RPC, YPT and other activities on self-evaluation”*

<b>Hard Skills - Self-evaluation</b>	<b>Shapiro-Wilk test (p-value)</b>	<b>NCV test (p-value)</b>	<b>Durbin Watson test (p-value)</b>
High school mathematics	0,001	0,418	0,018
High school physics	0,004	0,006	0,596
Solve close-ended problems	0,000	0,001	0,196
Designing experiments	0,001	0,013	0,296
Conducting experiment	0,000	0,002	0,888
Interpreting experimental data, data analysis	0,005	0,000	0,000
Developing own theoretical model	0,000	0,000	0,026
Numerical simulations	0,000	0,296	0,092
Independent research in scientific literature	0,000	0,704	0,986

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Critical assessment of others' results	0,001	0,007	0,430
--	-------	-------	-------

## Country differences – Hard Skills

*Assumption tests for “Across-country differences”*

Hard Skills – self-evaluation	Shapiro-Wilk test (p-value)	Levene test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,805	0,348
High school physics	0,000	0,663	0,890
Solve close-ended problems	0,000	0,987	0,964
Designing experiments	0,000	0,866	0,050
Conducting experiment	0,000	0,692	0,920
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,363	0,394
Developing own theoretical model	0,000	0,113	0,362
Numerical simulations	0,000	0,974	0,960
Independent research in scientific literature	0,000	0,451	0,538
Critical assessment of others' results	0,000	0,113	0,820

Hard Skills – RPC	Shapiro-Wilk test (p-value)	Levene test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,235	0,488
High school physics	0,000	0,023	0,170
Solve close-ended problems	0,000	0,392	0,162
Designing experiments	0,000	0,010	0,012
Conducting experiment	0,000	0,000	0,002
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,000	0,034
Developing own theoretical model	0,000	0,090	0,076
Numerical simulations	0,000	0,381	0,254
Independent research in scientific literature	0,000	0,039	0,474
Critical assessment of others' results	0,000	0,000	0,186

Hard Skills – YPT	Shapiro-Wilk test (p-value)	Levene test (p-value)	Durbin Watson test (p-value)
High school mathematics	0,000	0,510	0,744
High school physics	0,000	0,568	0,970
Solve close-ended problems	0,000	0,265	0,878
Designing experiments	0,000	0,588	0,896
Conducting experiment	0,000	0,033	0,730
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,001	0,638
Developing own theoretical model	0,000	0,190	0,110
Numerical simulations	0,000	0,197	0,170
Independent research in scientific literature	0,000	0,114	0,440
Critical assessment of others' results	0,000	0,198	0,832

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



<b>Hard Skills – Other</b>	<b>Shapiro-Wilk test (p-value)</b>	<b>Levene test (p-value)</b>	<b>Durbin Watson test (p-value)</b>
High school mathematics	0,000	0,254	0,574
High school physics	0,000	0,256	0,214
Solve close-ended problems	0,000	0,995	0,808
Designing experiments	0,000	0,015	0,268
Conducting experiment	0,000	0,640	0,718
Interpreting experimental data, data analysis	0,000	0,725	0,196
Developing own theoretical model	0,000	0,440	0,702
Numerical simulations	0,000	0,377	0,090
Independent research in scientific literature	0,000	0,732	0,132
Critical assessment of others' results	0,000	0,010	0,258