

A természettudomány komplexitásának tantárgypedagógiai kihívásai

Dr. Molnár Zsolt, Dr. habil. Radács Marianna, Dr. Balla Zsolt és Dr. habil. Gálfi Márta

*Szegedi Tudományegyetem, Juhász Gyula Pedagógusképző Kar, Alkalmazott
Egészségtudományi és Környezeti Nevelési Intézet, Környezet-biológia és
Környezeti Nevelési Tanszék*

Absztrakt

A tanulás mechanizmusa mind fiziológiai, mind szociális és társadalmi vonatkozásaiban is komplex, illetve az egészség dimenziójába is integrált. A természettudományos oktatásban is egyre fontosabb szerepet kap a komplex gondolkodás fejlesztése, amely alapja az interdiszciplináris, rendszer-szemléletű tanulásnak. Jelen munka bemutatja, hogyan kapcsolható össze a komplex gondolkodás fejlesztése a Természettudomány-környezettan tanárszak képzési céljaival, amelyek az egészségfogalmon belül is szerepet kapnak. Kiemelten tárgyalásra kerülnek a kritikai, tudományos, rendszerszintű és innovatív gondolkodási képességek, valamint a konstruktivista alapú tanulási formák szerepe. A fenntarthatóság és a természeti rendszerek megértése a tanulók mentális reprezentációinak formálásán keresztül valósul meg, amelyek a totális egészség megélésében fundamentálisak. A munka célja továbbá rávilágítani arra, hogy a 21. századi természettudományos oktatás kizárólag komplex, integrált megközelítéssel lehet eredményes, amelyet a tanárképzésben is központi szerephez kell juttatni.

Kulcsszavak: komplex gondolkodás, Természettudomány-környezettan tanárszak, rendszerszemlélet

1. Bevezetés

A természettudomány tanítása napjaink igen kardinális kihívása, ugyanis az intra-, és interdiszciplináris komplexitás értelmezése nélkül ez nem lehetséges. A rendszerező képesség által, a rendszerszemlélet segítségével alakíthatunk ki egységes képet a nevezett tevékenységről. A komplexitás abból a felismerésből fakad, hogy maga a természettudomány egy olyan összefoglaló fogalom, amely sok reálterületre és azok praktikum vetületeire (pl. egészségtudomány,

orvostudomány) kiterjedő, összetett tudásbázissal rendelkező diszciplína-komplexum (Molnár et al., 2023). Az értelmezési tartományában elsődlegesen műszaki, matematikai, digitális készségek és képességek kapnak szerepet – amelyek a komplex egészség kialakításában és fenntartásában is dominánsak –, ugyanis az egyes problémák megoldásához olyan megközelítés szükséges, amely lehetőséget teremt az összefüggések felismerésére, majd helyes értelmezésére, azaz a rész-egész kauzális egységének megteremtésére. A leírtak hiányában ugyanis érthetlenné válnak a folyamatok, rendszert mozgató erők, ennek következtében kisebb eséllyel lehetséges releváns válaszok kialakítása az elkerülhetetlenül felmerülő természettudományos problémákra. Ha a természettudomány- technológia- mérnöki tudományok-matematika rendszerében vizsgálódunk, akkor ezek olyan együttes komplexitást alkotnak, amelyben a rendszert meghatározó halmaz elemei között mindig valamilyen logikai kapcsolat, összefüggés áll fenn. Az így megjelenő kapcsolati háló, az elemkomponensek együtteséből fejlődik totális egésszé és benne minden egyes elem az összes többi elemmel kapcsolatot tart fenn, így a rendszer tulajdonságai ezen összefüggések figyelembevétele nélkül nem érthetők meg (Molnár, Radács & Gálfi, 2025). A rendszerek fejlődésük során dinamikus és önfenntartó hálózattá alakulhatnak, amelyben fontos irányító tényező a szabályozás. Az oktatásra vetítve az elmondott rendszer-regulációt kimondhatjuk, hogy tantervméleti szempontból szükségszerűen jelen kell legyen egy központi, domináns törvényrendszer, amely meghatározza a működést és annak elemeit.

Ismert tény, hogy egy hálózat akkor mondható stabilnak (robosztusnak) (Chacon-Chamorro, Gallego & Riano-Rojas, 2025), ha kiindulási állapotának korlátozott mértékű megzavarása után a paraméterei ismét visszaállhatnak az eredeti állapotba, tehát a rendszer újra az egyensúlyi helyzetébe kerülhet. Ennek megfelelően az egyensúly a társadalmi rendszerek esetén is alapfeltételként értelmezett (Ren et al., 2025).

A hálózatok akkor ellenállóak, ha képesek megőrizni a perkolációjukat – azaz, az átszivárgási képességüket egy másik hálózatba – azáltal, hogy a legtöbb elemük kapcsolatban marad egymással. Továbbá domináns a rendszer biztonságos működése szempontjából, hogy az őt körülvevő környezet (megengedett zavarási korlátokat megtartóan) „stresszmentes” legyen. Ugyanakkor a rendszer kibillenése a saját determináló környezetéből (vonzóhalmazából) kulcskérdéssé válik, mivel paraméter-instabilitással jár, ami relaxációt válthat

ki. Ugyanakkor a stressz, mint bemenő jelinformáció a rendszer alkalmazkodásának alapfeltétele. Alacsony relaxáció során a zavaró „energia”-input a hálózatban lokálisan energiaminimumokat generál, amellyel stabilizálni képes a hálózati normál működést (*Molnár et al.*, 2023).

A rendszerzavarok a párhuzamosan működő alrendszerek más-más pontjaiban indukálhatnak zavar-energiafüggő befagyást. Ez a megközelítés is igaz a tantervi rendszerekre is, pl. a Nemzeti Alaptantervre, vagy a társadalmi elvárás változásokra, mint új energiaallokációkra, amelyek rendszerzavarokat válthatnak ki a hálózatokban.

A főhálózat (a totális komplex hálózat) elemei alhálózatokként azonosíthatók, tehát ezek egymásba ágyazottak. Egy főhálózat akkor működik jól, ha az alhálózatai stabilak. Hálózatban értelmezhető a Nemzeti Alaptanterv, mint főhálózat, majd a kerettantervek, mint alhálózatok, amelyekben az ismeretek, kompetenciák összefüggései adják a hálózati működés feltételeit. Ezeknek elemei lehetnek az iskolák által megalkotott helyi tantervek. Amennyiben az alhálózat instabil, gátolt az erős kapcsolati hálójának a kialakulása, ezért sok instabil alhálózat fel sem használható a főhálózat felépítésénél. Következésképpen a főhálózatnak funkcionáltatnia kell olyan mechanizmusokat, melyek segítenek stabilizálni, elkülöníteni, vagy eliminálni az instabil alhálózatokat. A társadalom színterén, szűkebb területen a neveléstudományban a tevékenységek rendszerszerű stabilizációjáért számos szabályozási elem felelős (a normák, a szabályok, tanárok, pszichológia törvényei, az egészség dimenziói, a törvények, a pedagógus etikai szabályok stb.), amelyek a főhálózati komponensek törvényben (2011. évi CXCV. törvény a nemzeti köznevelésről) való manifestálódását biztosítják.

Jelen munka célja, hogy bemutassa a természettudományos gondolkodás alappilléret képviselő komplex gondolkodás szükségességét. Továbbá, rávilágítson arra, hogy a komplex gondolkodás a Természettudomány-környezettan tanárszak esetében kiemelt fontosságú, hiszen a problémák felismerése és reflektív megoldása esszenciális szükségletként jelenik meg napjaink társadalmában.

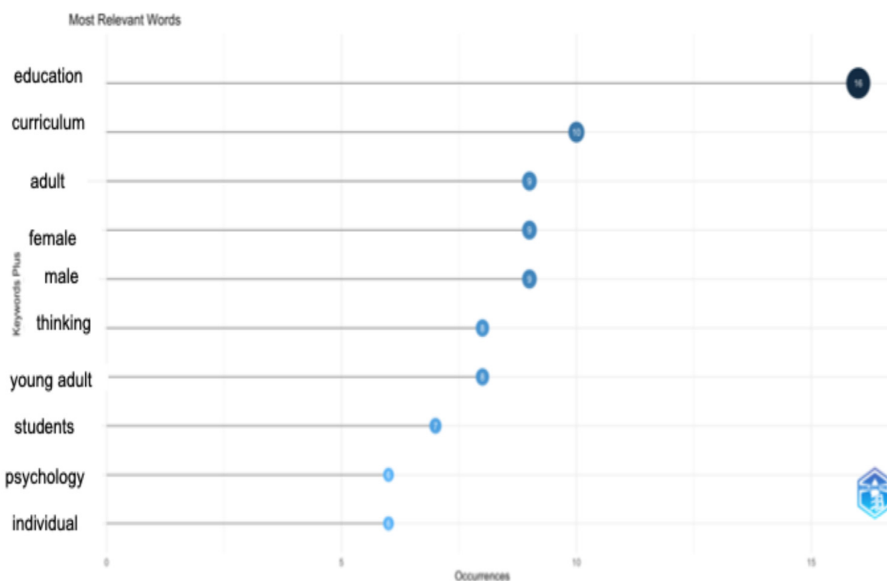
2. A komplex gondolkodás jelentősége a természettudományos oktatás tükrében

Maison et al. (2020). tanulmányából megismerhető, hogy a természettudományos tantárgyaknak nagy mértékben kell kapcsolódniuk a környezethez a tanulási folyamatban. A környezet viszont a fenntarthatósági követelmények társadalmi igénye révén a komplex egészség hálózati rendszerébe perkolál. Ebben az értelemben a tanulás a természet szisztematikus megismerésére irányul, tehát alapja a felfedezés örömeinek megtapasztalásának, valamint a természettudományos attitűd kialakításának, amelyhez az új európai tanárképzés is hozzá kíván társulni. Ennek részeként a Természettudomány-környezettan kötött szakpáros tanárképzés az új kihívásokra is reagál képzési tervével, ugyanakkor a hálózatok és rendszerek építésével törekszik arra, hogy globális információstruktúrát alakítson ki a tanulók mentális reprezentációjában (kapcsolódva az egészség dimenzióihoz a fenntarthatóság keretein belül). A tudományos attitűd három komponensből tevődik össze, ezek a meggyőződések, érzések és cselekedetek, amelyek azonban a magasabb szintű gondolkodási képességekkel is kapcsolatban állnak (Molnár et al., 2025), így vizsgálatuk jelen nexusban is igen kardinális. Ez a tudományos attitűd lehet, hogy érzések formájában nyilvánul meg az adott tantárgyakkal szemben, amelyek pedig a tanulók tanulásban való örömét aktiválhatják. A tanulás örömeinek érzése befolyásolja a diákok természettudományos tantárgyakkal kapcsolatos attitűdjét (Maison et al., 2020). A nevezett hármas egység adott a komplex gondolkodás fejlődése kapcsán, amelyhez természetesen szorosan társul a természettudományos attitűd (Hwang, Cheng & Chang, 2025). A természettudományok oktatásában a természettudományos ismereteket, valamint a kritikai gondolkodást, az analitikus gondolkodást, a problémamegoldó képességet, a döntéshozatali képességet szükséges fejleszteni (Janoušková, Pyskatá Rathouská, Žák & Urválková, 2023), ugyanis ezen magasabb rendű képességek alapjai lehetnek a komplex gondolkodási folyamatnak.

A gondolkodási folyamat elemeinek kapcsolatából alakul ki a komplex ismeret. Momsen, Speth, Wyse és Long (2022) munkája alapján a rendszerépítés három fázisa elengedhetetlen: 1. felbukkanás, amely azt jelenti, hogy az összetett rendszerek elemek kölcsönhatásából fejlődnek, 2. a hierarchia, mely szerint az összetett rendszerek egymásba ágyazottak, 3. a vezérlés pedig a visz-

szacsatoló hurkok meglétét jelenti. Amennyiben pl. a természetes életközösségek működését vizsgáljuk, akkor belátható, hogy a gondolkodási keretrendszer működőképes lehet a biotikus és abiotikus kapcsolatok értelmezésére is.

1. ábra. A komplex természettudományos oktatás tématerülethez kapcsolható hálózatban a legrelevánsabb kulcsszavak felbukkanása



(forrás: saját készítés, az ábra RStudio Bibliometrix szoftverével, a hivatkozott szakirodalmak kulcsszavaival készült)

A komplex gondolkodás tanulmányozásához végzett szakirodalmi (17 db számú, 10 éven belül, referált folyóirat kutatás alapján) digitális kutatás során az oktatás és a tanterv kapta a legnagyobb dominanciájú arányt a kulcsszavak értelmezése terén (1. ábra). Munkánk során meg kívántuk vizsgálni, hogy a tématerület értelmezési tartományának kulcsszavait rendszerezve, a kialakítható szófelhő milyen arányú dominanciát mutat (2. ábra).

2. ábra. A komplex természettudományos oktatás tématerülethez kapcsolható hálózatban a kulcsszavak hierarchikus rendszere



(forrás: saját készítés, az ábra RStudio Bibliometrix szoftverével, a hivatkozott szakirodalmak kulcsszavaival készült)

A 2. ábrán megjelenített szófelhő egyértelmű dominanciát prezentál az oktatás, a tanterv, a tanulás, a problémamegoldás, a fenntarthatóság, valamint a problémamegoldó gondolkodás területein, amelyek mindegyike perkolál egy robusztus főhálózatban a komplex egészség fogalmi rendszerével.

Molnár et al. (2025) munkájából megállapítható, hogy négy fő részkompetenciára bontható a komplex gondolkodás, ezek a kritikai, rendszer-szintű, tudományos és innovatív gondolkodás területei. A kritikai gondolkodás alapvető feltétele, hogy a tanuló tapasztalatot, és reflexiót szerezzen, aktívan érveljen a generált, vagy megszerzett információk elemzésével, szintetizálásával, úgy, hogy ez a cselekvésének iránymutatójaként is szolgáljon. Mindennek a fejlesztése több oldalról is lehetséges, így például természettudományos képregények segítségével is (Putri & Prodjosantoso, 2020). Alsarayreh (2021) szerint a kritikus gondolkodásban a gondolkodási folyamatot ki kell terjeszteni, hogy az összefüggések érthetővé váljanak, ennek több részeleme is van, így az interpretáció, analízis, értékelés, magyarázat, valamint az önreguláció. Domináns kapcsolat áll fenn a kritikus gondolkodás és a problémamegoldó gondolkodás között. A kritikus gondolkodás számos tudományterületen jelentős, így az üzleti oktatásban is (Calma & Davies, 2020). Igazolt az is, hogy a

magas szintű problémamegoldó gondolkodás magas kritikus gondolkodással is társul (Moneva, Miralles & Rossel, 2020). Ismert, hogy a médiaműveltség fejlesztése a kritikus gondolkodást is erősen javítja (Tommasi et al., 2023), továbbá, hogy a különböző szituációs helyzetek értékelésében és a gondolkodás rendszerezésében is a kritikus gondolkodás fejlődik (Aktoprak & Hursen, 2022).

A rendszerszintű érvelés azon metakognitív rendszer, amelyet annak érdekében kell a tanulóknak kialakítaniuk, hogy komplex, globális rendszereket legyenek képesek elemezni (pl. fenntarthatóság és ezen belül a komplex egészség). A metakognitív készségek alapvető szerepet játszanak az olyan kognitív tevékenységekben és folyamatokban, mint a kommunikáció, a nyelv, az észlelés és a figyelem megtartása (Molnár et al., 2025).

Az innovatív gondolkodás a kreativitásnak kulcsa, amihez a reflektív gondolkodás kialakulása elengedhetetlen természettudományos megközelítést igényel. A reflektív gondolkodásban az érdeklődés, a motiváció és kompetencia között pozitív korreláció jelenik meg. Ünver és Yurdakul (2020) tanárképzéshez kapcsolódó tanulmánya szerint a reflektív gondolkodás technikai racionalitásból; a reflexió a cselekvésben és a cselekvésen keresztül megnyilvánuló reflektív gondolkodásból: a deliberatív reflexióból, a személyre szabott reflexióból és a kritikai reflexió szintjeiből áll. Az innovatív munkavégzés során megjelenik a magasabb szintű reflektív gondolkodás a magreflexió, amely tevékenységek eredményeit elemzi. A vázoltaknak megfelelően a komplex természettudományos gondolkodást a tanárképzésben is a magreflexión alapuló hálózati összefüggésrendszer törvényszerűségei irányítják.

A természettudományos gondolkodás és a matematikai, algoritmikus megközelítéseket tartalmazó képességek között szoros kapcsolat áll fenn éppen a problémamegoldó képesség kapcsán. Akben (2020) munkája szerint a strukturált, félig strukturált és szabad problémamegoldó tevékenységek javítják a diákok problémamegoldó készségeit és metakognitív tudatosságát is, amelyek azt a kapcsolatot predesztinálják, hogy a természettudományos és a matematikai gondolkodás korrelál egymással. A természettudományos tanulás akkor válik igazán hatékonná, ha az alapvetően a hétköznapi problémákhoz kapcsolódik. Mivel a tudományos megismeréshez kapcsolt gondolkodási képességek olyan komplex képességek, amelyekkel a (pl. környezeti, vagy egészséggel kapcsolatos) folyamatok magyarázhatók, értelmezhetők, pontosíthatók, viszont ezek megvalósulásához természettudományos folyamatkészségekre van szükség. De a természettudományos gondolkodást alapvetően az is

nehezíti, hogy validált vizsgáló módszereit is alkalmazni kell egy-egy konkrét folyamat során – ami a kvantitatív módszerek alkalmazását, objektív és determinisztikus megközelítéseket igényel. Azonban tovább bonyolódik a rendszer, amikor diszciplináris oldalról közelítünk a gondolkodáshoz, mert amíg például a fizika idealizált törvényekkel vizsgálódik, addig a biológia mechanizmusokban gondolkodik (*Molnár et al.*, 2025). Oxenswärdh és Persson-Fischier (2020) transzverzális képességként nyilatkozik a kritikus gondolkodásról és a problémamegoldó gondolkodásról, ugyanis napjaink tudásalapú gazdaságai ezen képességeket erőteljesen előtérbe helyezik.

A fentiek tükrében a természettudományos oktatáshoz elengedhetetlen komplex gondolkodás fejlesztésének fontos alappillére, hogy a tantervi- és a tananyag-szinten is integrált megközelítést közvetítsen a tanulók felé – ez különösen igaz a fenntarthatóság vonatkozásában (így a komplex egészség megközelítés során) is, amely a Természettudomány-környezettan tanárszak képzési tervében domináns terület.

Elmondható, hogy a tudomány és a technológia önmagában nem képes orvosolni az élelmiszer, energia-, környezetvédelmi és egészségügyi problémákat, így interdiszciplináris megközelítésre van szükség. Fontos azonban megfogalmaznunk, hogy az interdiszciplinaritás ebben a kontextusban mit is jelent. Tripp és Shortlidge (2019) munkájában meghatározottak szerint, az interdiszciplináris tudomány két vagy több tudományágban képzett szakemberek tudás-ismeret-kompetencia komplexumának integrált megközelítését és alkalmazását jelenti, amely a különböző módszertanok integrálását és prezentálását teszi lehetővé. A köznevelés színterein a kémia tantárgyban integrált „zöld kémia”, a kemikáliák egészségbiztonsága, a levegővédelem, vízvédelem, talajvédelem, valamint a biogeokémiai ciklusok követése által hivatott ezt a nézőpontot megvalósítani. A társadalmi jelentőségű problémakörök esetén, pl. a zöld kémia oktatásában kardinális, hogy az a tantervi szinten is integrált legyen a kémia más természettudományos területeivel: fizikával, biológiával és ezek alkalmazói szintű tudományaival (orvostudomány, állatorvos tudomány stb.). Valamint esszenciális megjeleníteni a pszichológiai, szociológiai, üzleti, jogi, erkölcsi szemléletű elemeket is, amikor a komplex módon integrált tantervi egységet alakítjuk ki (*Ferk & Mlinarec*, 2021). Más példaként említhetjük az ökológiát, amely olyan szintetizáló tudományterülete a biológiának, amelyben az abiotikus és biotikus rendszerelemek kölcsönös és permanens kapcsolatban

állnak egymással. Az ökológiai szemlélet érvényesítése a „zöld kémiában” domináns, hiszen a „zöld kémia” legfőbb feladata a környezeti károkozások megszüntetése (*Chen, Jeronen & Wang, 2020*).

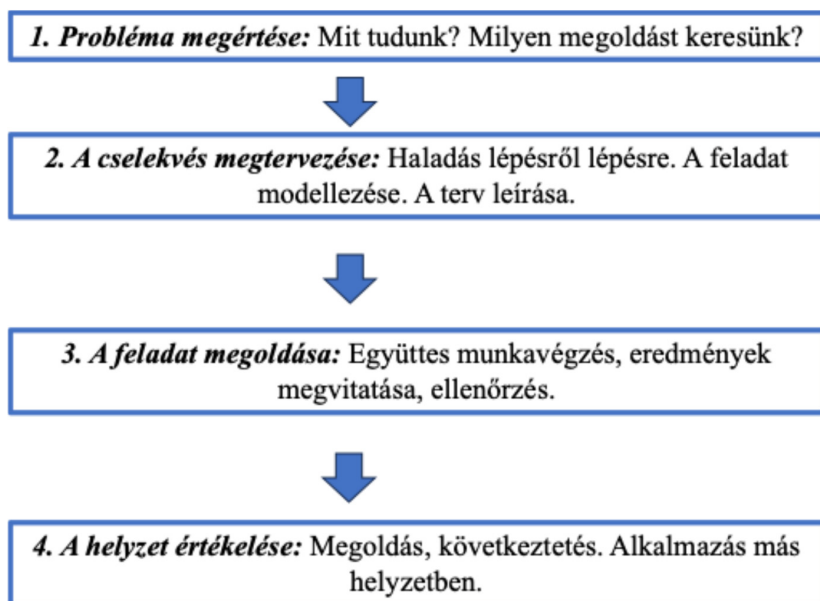
A tanulás színtere is más, amikor pl. a fenntarthatóság elveiről beszélünk. A kooperatív, együttműködő tanulás elengedhetetlen az interdiszciplináris tanulás során. A probléma alapú tanulás (PBL), valamint a kutatásalapú tanulás (IBL) jelentős eszköztárat képesek felvonultatni, ugyanis valós problémák megoldásával foglalkoznak. A környezeti fenntarthatóság a jóllét számos olyan meghatározását is kínálja, amelyek inkább rendszerszintű megközelítést alkalmaznak, ezáltal az idő, a társadalom és a bioszféra szempontjait is magukban foglalják. A jóllét mindig a szükségletek kielégítéséhez kapcsolódik, és ha azt mondjuk, hogy valamire szükség van, az egy jónak tekintett célt feltételez (*Ferk & Mlinarec, 2021*).

A fenntarthatóság pedagógiájának igen fontos eszköze lehet a PBL – ami az alábbiak szerint kerül igazolásra. Ugyanis a technológiai fejlődés és a természettudomány jellegéből adódóan el kell fogadnunk azt a tényt, hogy a jelenkori tudományos elméletek szükségszerűen avulhatnak, módosításra szorulhatnak. Valamint, hogy minden társadalomnak megvan a korra jellemző egységes világgépe, amely egyfajta biztonságot közvetít az egyénnek. Amikor viszont új tudományos felfedezés születik, akkor az megbontja az egységes világgépet, disszonanciát okoz a társadalom univerzális gondolkodásában, gondoljunk csak a SARS-CoV-2 vírus által előidézett járványhelyzetre, majd a vakcinázás kérdéskörére. Tény, hogy a gyermekek világgépe is egységes rendszer, amelynek bármely elemét nagyon nehéz megváltoztatni (ez okozza, hogy a kialakult tévképzeteket nehéz korrigálni). A problémamegoldás minden korosztály számára esszenciális a természettudományos megismeréshez és ezzel kapcsolatosan a fenntarthatósághoz kötöten. Ugyanis az aktuális környezeti problémák megoldásában a konstruktivista megközelítést a PBL alkalmazása jelenti. A módszerben különbséget kell tennünk a feladat és a probléma között: a feladat olyan helyzetet jelent, amelynek megoldásához vezető utat ismerjük, míg a probléma során a célhoz vezető út még nem ismert, ezt meg kell alkotni, létrehozni. Ahhoz, hogy a problémamegoldás hatékony legyen a következő felteteleknek kell érvényesülni:

- használható ismereteket, megoldási sémákat birtokolja az egyén,
- a probléma azért probléma, mert a megoldásához szükséges ismeret nem áll még a rendelkezésre, ezért azt meg kell alkotni,
- cselekvésre kész, amelyet egy algoritmussal meg tudunk valósítani.

A felsorolás szerint is meg kell alkotni a megoldáshoz vezető algoritmust. Amelyhez ismert a kiindulási pont, illetve a végpont (a folyamat eredménye), és a köztük kialakuló hidat kell megkonstruálnia a gyermeknek. Ebben a rendszerben a konkrét tartalomnak, a problémák kontextusának meghatározó jelentősége van, amelyben a pedagógus kettős szerepet tölt be, egyrészt fejleszti a problémához kapcsolt tudásterületet, másrészt pedig fejleszti a metakognitív tudásrendszeren belül azt a részterületet, amely a problémamegoldással kapcsolatos. A 3. ábra jeleníti meg a problémamegoldás folyamatrendszerét (algoritmusát).

3. ábra: A problémamegoldás flowchart algoritmus



(Forrás: saját szerkesztés)

Az IBL olyan módszer, amely biztosítja, hogy a tanulók átéljék a kutatás, tudásalkotás folyamatát. Legfőbb sajátossága, amely a PBL-től valamelyest megkülönbözteti az az, hogy a tanulóknak a tudás felépítését a kutatás stimulálja, ez egyben utat teremt az önszabályozott tanulás felé is. Jellegzetességei, hogy a tanulók problémákat keresnek, olyanokat, amelyek érdemesek a kutatásra érdemes kérdések megfogalmazására. Szükséges, hogy a diákok képesek

legyenek a hipotézisek megfogalmazására, kutatások tervezésére, kivitelezésére, eszközök, módszerek kipróbálására, természetesen ez az exploratív hajlamhoz is kapcsolt tevékenységként értelmezhető.

Az Egyesült Nemzetek Szövetségének Tudományos és Kulturális Szervezete (UNESCO) szerint a tradicionális sportok és játékok is az emberiség kulturális örökségének számítanak. Az UNESCO hangsúlyozza, hogy a tradicionális játékok (amelyek a komplex egészség kialakításában heroikus jelentőségűek) az emberiség kulturális örökségének számítanak (*Saura & Zimmermann, 2021*). A környezettel való szoros kapcsolat és a természetközeli erőforrásokból származó játékeszközök a fenntarthatóság szellemiségéhez tartozó szempontok. A hagyományos, tradicionális játékok anyagai a környezetből származnak, pl. az íjakat fából, bőrből készíthetik. Mindezek mellett a környezet megfigyelése, az élőhellyel való kölcsönös együttműködés, az ököcentrikus látásmód is részei a testmozgás ezen vetületének, tehát a testneveléshez kapcsolódóan is beszélhetünk fenntarthatóságról (*Saura & Zimmermann, 2021*).

A Tanulás a Fenntarthatóságért Évtized célját az ENSZ Közgyűlés 59/237-es döntése fogalmazta meg, mely szerint a közgyűlés felszólítja a kormányokat, hogy nyilvánítsák ki, milyen intézkedésekkel valósíthatók meg az évtized célkitűzései a saját nemzeti fejlesztési terveik keretein belül (*Mikulčić, Baleta, Wang, Duić & Dewilal, 2022*). Természetesen mindehhez az oktatás igen sarkalatos pontja az, hogy át kell adjon olyan értékeket, amelyek az egyén önálló ítéletképzésében is segítenek, azaz megfelelően stabil etikai elemeket tudjon a későbbiekben kialakítani. Ennek része a környezeti etika, amely a filozófiának olyan ágát képviseli, amely az ember természeti környezethez, valamint antropogén környezethez való morális elemeit vizsgálja. Ebben az összefüggésben az oktatás alapvető morális képességeket és készségeket fejleszt (*Roldan et al., 2023*). Ismert, hogy a konzervatív zöld filozófiai megközelítés szerint az összetartó, cselekvő, helyzetük javításáért tenni akaró közösségek jelenthetik az alapot azokhoz a kihívásokhoz, amelyek a fenntarthatóság elérése során szemünk elé kerülnek (*Roldan et al., 2023*), mindezeket a képzési rendszerekbe integráltan kell megvalósítani, ebben a Természettudomány-környezettan tanárszak kiemelkedő szerepet vállal.

3. Összegzés

Jelen munka célja volt, hogy bemutassa a komplex gondolkodás fontosságát a természettudományos oktatásban, különös tekintettel a tanárképzésre és a tantervi fejlesztésekre. A természettudomány diszciplína-komplexum, amely interdiszciplináris, rendszerű gondolkodást kíván meg, ugyanakkor a természettudomány olyan összefoglaló fogalom is, amely sok területre kiterjedő, összetett tudásbázissal rendelkező diszciplína-komplexum (Molnár *et al.*, 2023). Hangsúlyozott ennek a problémakörnek a megértésében és kezelésben a hálózati struktúrák fontossága az oktatásban, különösen a Nemzeti Alaptanterv és az alhálózatként értelmezett kerettantervek viszonyában, hiszen egy főhálózat akkor képes jól működni, ha az alhálózatai stabilak. Ugyanis amikor egy alhálózat instabil nem lehetséges erős kölcsönhatás létrejötte.

A természettudományos gondolkodás fejlesztésének célja a mentális struktúrák kialakítása, amelyek lehetővé teszik a felfedezés, a reflektív gondolkodás és az attitűd fejlődését. A tudományos attitűd három komponensből tevődik össze, ezek a meggyőződések, érzések és cselekedetek, mely tartalmakra a természettudomány-környezetten tanárszak esetében különös dominanciát kell fektetni (Molnár *et al.*, 2025). Lényeges képesség a kritikai gondolkodás, amely az érvelés, reflexió, elemzés egységeket szükségszerűen tartalmazza (Putri & Prodjosantoso, 2020). A folyamatban a konstruktivista alapú tanulási módszerek, így a PBL és az IBL központi szerepet kapnak. Jelen munkában hangsúlyozottá vált, hogy a 21. századi természettudományos oktatás komplex, rendszerszintű és interdiszciplináris megközelítésben válhat csak hatékonná, mert a valós problémák természetükből adódóan ilyen entitásként értelmezhetők. A tanárképzésnek permanensen és következetesen e gondolkodásformák fejlesztését kell szolgálnia, nemcsak tantárgyi, de attitűdformáló szinten is.

Irodalomjegyzék

- Akben, N. (2020). Effects of the problem-posing approach on students' problem solving skills and metacognitive awareness in science education. *Research in Science Education*, 50(3), 1143–1165. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9726-7>
- Aktoprak, A., & Hursen, C. (2022). A bibliometric and content analysis of critical thinking in primary education. *Thinking Skills and Creativity*, 44, 101029. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101029>

- Alsarayreh, R. S. (2021). Developing critical thinking skills towards biology course using two active learning strategies. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 16(1), 221–237. <https://doi.org/10.18844/cjes.v16i1.5521>
- Calma, A., & Davies, M. (2021). Critical thinking in business education: Current outlook and future prospects. *Studies in Higher Education*, 46(11), 2279–2295. <https://doi.org/10.1080/03075079.2020.1716324>
- Chacon-Chamorro, M., Gallego, F. A., & Riano-Rojas, J. C. (2025). Reducing overfitting in ResNet with Adaptive Lipschitz regularization. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 471, 116747. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2025.116747>
- Chen, M., Jeronen, E., & Wang, A. (2020). What lies behind teaching and learning Green Chemistry to promote sustainability education? A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 7876. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217876>
- Ferk, S. V., & Mlinarec, K. (2021). Experimental work in science education from Green Chemistry perspectives: A systematic literature review using PRISMA. *Sustainability*, 13(23), 12977. <https://doi.org/10.3390/su132312977>
- Hwang, G. J., Cheng, P. Y., & Chang, C. (2025). Facilitating students' critical thinking, metacognition and problem-solving tendencies in geriatric nursing class: A mixed-method study. *Nurse Education in Practice*, 83, 104266. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104266>
- Janoušková, S., Pyskatá Rathouská, L., Žák, V., & Urválková, E. S. (2023). The scientific thinking and reasoning framework and its applicability to manufacturing and services firms in natural sciences. *Research in Science & Technological Education*, 41(2), 653–674. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1928048>
- Maison, M., Haryanto, H., Ernawati, M. D. W., Ningsih, Y., Jannah, N., Puspitasari, T. O., & Putra, D. S. (2020). Comparison of student attitudes towards natural sciences. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 9(1), 54–61. <https://doi.org/10.11591/ijere.v9i1.20394>
- Mikulčić, H., Baleta, J., Wang, X., Duić, N., & Dewil, R. (2022). Sustainable development in period of climate crisis. *Journal of Environmental Management*, 303, 114271. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114271>

- Moneva, J. C., Miralles, R. G., & Rosell, J. Z. (2020). Problem solving attitude and critical thinking ability of students. *International Journal of Research - Granthaalayah*, 8(1), 138–149. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v8.i1.2020.261>
- Molnár, Zs., Radács, M., & Gálfi, M. (2025). Fieldwork integration into the primary school curriculum to develop complex scientific thinking. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 17(1), 157–175. Retrieved from <https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/2325>
- Molnár, Zs., Gyuris, Á., Radács, M., Nemes, P., Bátori, I., & Gálfi, M. (2023). Complex natural science and the challenges of its education in the 21st century. *Cogent Education*, 10(2), 2240166. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2240166>
- Momsen, J., Speth, E. B., Wyse, S., & Long, T. (2022). Using systems and systems thinking to unify biology education. *CBE—Life Sciences Education*, 21(2), es3. <https://doi.org/10.1187/cbe.21-05-0118>
- Oxenswärdh, A., & Persson-Fischier, U. (2020). Mapping master students' processes of problem solving and learning in groups in sustainability education. *Sustainability*, 12(13), 5299. <https://doi.org/10.3390/su12135299>
- Putri, M. A., & Prodjosantoso, A. K. (2020). Improving critical thinking skills and scientific attitudes by using comic. *Psychology, Evaluation, and Technology in Educational Research*, 2(2), 69–80. <https://doi.org/10.33292/petier.v2i2.13>
- Ren, S., Wang, F., Liu, P., Zhao, H., Zhang, H., & Cui, L. (2025). Analysis of influencing factors and paths of synergistic development of water resources-economic society-ecological environment based on DIM modeling. *Scientific Reports*, 15, 5925. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90280-0>
- Roldan, C. S., Giraldo, G. A. M., & Santana, E. L. (2023). Sustainable development in rural territories within the last decade: A review of the state of the art. *Heliyon*, 9(7), e17555. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17555>
- Saura, S. C., & Zimmermann, A. C. (2021). Traditional sports and games: Intercultural dialog, sustainability, and empowerment. *Frontiers in Psychology*, 11, 590301. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.590301>

- Tommasi, F., Ceschi, A., Bollarino, S., Belotto, S., Genero, S., & Sartori, R. (2023). Enhancing critical thinking skills and media literacy in initial VET students: A mixed methods study on a cross-country training program. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 10(2), 239–257. <https://doi.org/10.13152/IJRVET.10.2.5>
- Tripp, B., & Shortlidge, E. E. (2020). A framework to guide undergraduate education in interdisciplinary science. *CBE—Life Sciences Education*, 18(2), es3. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-11-0226>
- Ünver, G., & Yurdakul, B. (2020). Developing reflective thinking through theory-practice connection [Yansıtıcı düşünmeyi kuram-uygulama bağlantısı yoluyla geliştirme]. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 10(1), 77–102. <https://doi.org/10.14527/pegegog.2020.004>