

REVÁKNÉ MARKÓCZI IBOLYA

Természettudományos problémamegoldás kisiskolás korban



DEBRECENI EGYETEM
TANÁRKÉPZÉSI KÖZPONT

REVÁKNÉ MARKÓCZI IBOLYA

**Természettudományos problémamegoldás
kisiskolás korban**



Debreceni Egyetemi Kiadó
Debrecen University Press
2015

Szaktárnet-könyvek 4.

Sorozatszerkesztő:

Maticsák Sándor

Készült

a SZAKTÁRNET (TÁMOP-4.1.2.B.2-13/1-2013-0009)
pályázat keretében

Lektorálta:

Dobóné Tarai Éva

Technikai szerkesztő:

Maticsák Sándor

Borítóterv:

Nagy Tünde

ISBN 978 963 473 867 1

© Revákné Markóczi Ibolya

© Debreceni Egyetemi Kiadó – Debrecen University Press,
beleértve az egyetemi hálózaton belüli elektronikus terjesztés jogát is.

Kiadta a Debreceni Egyetemi Kiadó, az 1795-ben alapított
Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.
www.dupress.hu

Felelős kiadó: Karácsony Gyöngyi
Készült a Kapitális Nyomdában, 2015-ben.

Tartalom

| | |
|---|-----|
| Előszó..... | 7 |
| Bevezetés..... | 9 |
| 1. A problémamegoldás helye a természettudományos nevelésben | |
| 1.1. A természettudományos nevelés célja..... | 15 |
| 1.2. A problémamegoldás mint természet-megismerési kompetencia..... | 20 |
| 2. A problémamegoldás fejlesztésének elméleti alapjai | |
| 2.1. A problémamegoldás fogalma..... | 25 |
| 2.2. A problémamegoldás kutatásának története..... | 28 |
| 2.3. A probléma..... | 34 |
| 2.4. A problémamegoldás folyamata..... | 36 |
| 2.5. Problémamegoldás és metakogníció..... | 47 |
| 2.6. Munkamemória és problémamegoldás..... | 51 |
| 2.7. A természettudományos problémamegoldás..... | 55 |
| 2.8. A problémamegoldást befolyásoló tényezők..... | 58 |
| 2.9. Összegzés..... | 66 |
| 3. A kisiskolás gyermek | |
| 3.1. Az affektív tényezők szerepe kisiskolás korban..... | 69 |
| 3.2. A kisiskolás szociális kapcsolatai az iskolában..... | 71 |
| 3.3. A kisiskolás gyermek kognitív jellemzői..... | 75 |
| 3.3.1. A kognitív fejlődés elméletei..... | 75 |
| 3.3.2. A kisiskolás gyermek gondolkodása..... | 77 |
| 3.3.3. Természettudományos gondolkodás és problémamegoldás kisiskolás korban..... | 81 |
| 3.4. A tanulás jellemzői kisiskolás korban..... | 86 |
| 3.4.1. Tanuláselméletek..... | 86 |
| 3.4.2. A gyermek tanulásának neurobiológiai értelmezése..... | 87 |
| 3.4.3. Az iskolai tanulás dichotómiái..... | 89 |
| 3.4.4. Az iskolai tanulás mint szociális folyamat..... | 90 |
| 3.4.5. Az iskolai tanulás mint hosszan tartó folyamat..... | 92 |
| 3.4.6. A tanulás mint belsőleg motivált tevékenység..... | 93 |
| 3.4.7. A természettudományos tanulás sajátosságai..... | 95 |
| 3.4.8. A természettudományos problémamegoldás tanulásának folyamata kisiskolás korban..... | 98 |
| 3.5. Összegzés..... | 104 |

4. A természettudományos problémamegoldás fejlesztésének gyakorlata

| | |
|---|-----|
| 4.1. A „Rostock Modell” elmélete..... | 105 |
| 4.1.1. A megtanulandó anyag jelentőségének megbeszélése | 105 |
| 4.1.2. Egy alapgondolat megállapítása..... | 107 |
| 4.1.3. A tanulás közös céljainak a megfogalmazása..... | 108 |
| 4.1.4. A tanulás konkrét kritériumainak kidolgozása..... | 109 |
| 4.1.5. A tanulás feltételét jelentő előzetes ismeretek feltárása ... | 112 |
| 4.1.6. A tanári instrukciók és az önálló tevékenység összekapcsolása | 113 |
| 4.1.7. A kommunikatív beszéd- és kérdéskultúra fejlesztése..... | 113 |
| 4.1.8. A tanulási folyamatot kísérő önértékelés és visszajelzés ... | 114 |
| 4.1.9. Reflexió a tanulás folyamatában | 115 |
| 4.1.10. Az egyes gyermekek önbecsülésének erősítése | 116 |
| 4.2. A „Rostock Modell” és a hazai és német tantervek céljainak és fejlesztési követelményeinek összehasonlítása | 118 |
| 4.3. A „VÍZ” témakör követelményei a Rostock Modell didaktikai programban..... | 122 |
| 4.4. Összegzés..... | 125 |
| 4.5. Tanítási, tanulási egységek, tanári és tanulói munkalapok a „VÍZ” témakör feldolgozására | 126 |
| 4.5.1. A „VÍZ” témához kapcsolódó tanulási modulok és szakmai tartalmak tanárok számára az 1–4. évfolyamban..... | 128 |
| 4.5.2. Tanulási-tanítási egységek általános követelményei 1–4. osztályig a „VÍZ” témakörben | 140 |
| 4.5.3. Tanegység tématerve: „ A VÍZ” – 1. osztály..... | 143 |
| 4.5.4. A tanulás célja, jelentősége és kritériumai..... | 147 |
| 4.5.5. Kísérleti útmutatók, munka és információs lapok..... | 148 |
| 4.5.6. Tanegység tématerve: „ A VÍZ” – 2. osztály..... | 153 |
| 4.5.7. A tanulás célja, jelentősége és kritériumai | 157 |
| 4.5.8. Kísérleti útmutatók, munka és információs lapok..... | 158 |
| 4.5.9. Tanegység tématerve: „ A VÍZ” – 3. osztály..... | 169 |
| 4.5.10. A tanulás célja, jelentősége és kritériumai..... | 174 |
| 4.5.11. Kísérleti útmutatók, munka és információs lapok..... | 175 |
| 4.5.12. Tanegység tématerve: „ A VÍZ” – 4. osztály..... | 181 |
| 4.5.13. A tanulás célja, jelentősége és kritériumai..... | 187 |
| 4.5.14. Kísérleti útmutatók, munka és információs lapok..... | 188 |

| | |
|---|-----|
| 5. A „Rostock Modell” program hatásvizsgálata az általános iskola 1–4. évfolyamán | 203 |
| 5.1. A természettudományos problémamegoldási folyamat strukturális jellemzőinek vizsgálata..... | 203 |
| 5.1.1. A problémamegoldási folyamat struktúra vizsgálatának előzményei..... | 203 |
| 5.1.2. A vizsgálat célja és kérdései | 207 |
| 5.1.3. A vizsgálat mintája..... | 208 |
| 5.1.4. A vizsgálat módszere..... | 211 |
| 5.1.5. Eredmények és értékelésük..... | 221 |
| 5.1.6. Összegzés..... | 230 |
| 5.2. A 9–10 éves tanulók természettudományos problémamegoldási folyamatának tudásszerkezetvizsgálata a tudástér-elmélet alapján..... | 233 |
| 5.2.1. A vizsgálat előzményei..... | 233 |
| 5.2.2. A vizsgálat célja és kérdése | 234 |
| 5.2.3. A vizsgálat mintája és módszerei..... | 234 |
| 5.2.4. Eredmények és értékelésük..... | 237 |
| 5.2.5. Összegzés..... | 254 |
| 5.3. A fejlesztő program hatása a kisiskolások természettudomá- nyos problémamegoldási folyamatának fejlődésére..... | 256 |
| 5.3.1. A vizsgálat előzményei..... | 256 |
| 5.3.2. A vizsgálat célja és kérdései | 257 |
| 5.3.3. A vizsgálat mintája és módszere..... | 258 |
| 5.3.4. Eredmények és értékelésük..... | 264 |
| 5.3.5. Összegzés..... | 268 |
| 5.4. A természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődésének kapcsolata néhány háttérváltozóval..... | 271 |
| 5.4.1. A vizsgálat előzményei..... | 271 |
| 5.4.2. A vizsgálat célja és kérdései | 273 |
| 5.4.3. A vizsgálat mintája és módszere..... | 273 |
| 5.4.4. Eredmények és értékelésük..... | 275 |
| 5.4.5. Összegzés..... | 283 |
| Összefoglalás..... | 285 |
| Irodalom..... | 293 |

Előszó

A természettudományos problémamegoldás olyan kulcskompetencia, ami a természettudományos megismerés és kutatás kognitív alapja. A természettudományok tanulása és tanítása a kezdetektől magában hordozza a problémamegoldás fejlesztésének evidenciáját, amit ma a tantervi elvárások, a PISA mérések eredményei és a 21. század embereszménye még inkább szükségessé tesznek. A problémamegoldás olyan gondolkodási stratégia, amit nem lehet csupán kognitív oldalról éreztetni, mivel jelentősen befolyásolt azon környezet által, amelyben fejlődik és az életben is fontos és alkalmazható személyiségjeggyé válik. Velünk született képesség, aminek sajátos ontogenezise van. Ez a folyamat lehet spontán és lehet tudatosan irányított és támogatott fejlődés. Ez utóbbi világunk komplex problémáinak megoldásában szükségszerű, mivel csak ezáltal nevelhetünk gyermekeinkből olyan felnőtteket, akik ezeket a problémákat képesek korrekten felismerni, megérteni és azok megoldását szakértő módon minél nagyobb sikerrel megoldani. Így az oktatásnak már az általános iskola alsótagozatától alkalmazni kell azt a tudatos és fokozatos tanítási és tanulási stratégiát, ami felkészíti a tanulókat arra, hogy a formális gondolkodást elérve képesek legyenek a problémamegoldás magasabb, komplexebb szintjeire is. A természettudományos problémamegoldás tanítása és tanulása tehát az általános iskola első osztályában kezdődik, ami csak akkor lehet sikeres, ha a pedagógus tisztában van ennek a feladatnak elméleti és gyakorlati aspektusával egyaránt. Ez a könyv ehhez nyújt segítséget. Nem könnyű olvasmány. Az első részben a problémamegoldás pszichológiai és neveléseméleti vonatkozásai kerülnek középpontba, amely a tudomány nyelvén kerül megfogalmazásra. Így hasznos lehet a téma iránt érdeklődő kutatók, oktatók, tanárjelöltek számára valamint a természettudományokat tanító pedagógusoknak is, akikkel szemben ma már elvárás, hogy munkájukat a tudományos igényesség és kutatószemlélet birtokában végezzék. A könyv második nagy egysége konkrét példát mutat be a természettudományos problémamegoldás fejlesztésére. Más esetekben az abban bemutatott segédanyagok mellékletbe kerülnek. Itt azonban a könyv céljának megfelelően teljes jogú részletet képviselnek, mert a gyakorlat leírása nélküle csorbát szenvedne. Nem kell hátra-

lapozni a hivatkozások elolvasása után, hanem a megértést és folyamatos gondolatmenetet megkönnyítvén a szomszédos oldalakon találjuk meg a szükséges munkalapokat és applikációkat. A könyvnek ez a része kifejezetten a gyakorló pedagógusok számára hasznos. A leírt módon, vagy abból szemezgetve, illetve ötleteket merítve alkalmazható az általános iskola alsó tagozatának természetismeret oktatásában. A munkalapokban megjelenő explicit fejlesztés példa lehet a középiskolai tanárok számára is, amelyet a problémamegoldás komplexebb jellegének megfelelően a későbbi korosztályok számára ki lehet egészíteni. Az utolsó fejezet a bemutatott fejlesztő program természettudományos problémamegoldás folyamatára gyakorolt hatásának vizsgálatáról számol be. Nem tér ki a vizsgálati eredmények teljes vertikumára, csupán azokat a lényeges elemeket mutatja be, amelyek konklúziójaként világossá válik, hogy melyek azok a tanítási módszerek, amelyek a természettudományos problémamegoldás folyamatát az adott életkorban a leghatékonyabb módon fejlesztik.

A könyv így túlmutat a tudományos kutatás közlésén. Kiegészül azokkal a gyakorlati instrukciókkal, ami a tudományos monográfiát kombinálja tantárgypedagógiai értelmezéssel és annak gyakorlatával. Egyszerre tudományos és a gyakorlat számára elméletileg megalapozott módszertani segédanyag.

A bemutatott „Rostock Modell” didaktikai program egy nemzetközi együttműködés eredménye volt, aminek mintájára újabb témakörök kerültek és kerülnek kidolgozásra. A program kidolgozói közül köszönetemet fejezem ki Ilona Katherina Schneider Professzor Asszonynak és Franz Oberlandernek a Rostocki Egyetem oktatóinak, Tóth Zoltánnak a Debreceni Egyetem docensének, Dobóné Tarai Évának, a Budapesti Kék Általános Iskola biológia–kémia szakos tanárának, a német és magyar PhD hallgatóknak és tanárjelölteknek a tématervek, munkalapok pontos kidolgozásában és a vizsgálatokban végzett csapatmunkáért. Köszönöm a kísérleti tanításokban résztvevő rostocki, debreceni és budapesti pedagógusoknak és kisdíjaknak azt az áldozatot és lelkesedést, ami nélkül a program nem valósulhatott volna meg.

Bevezetés

A 21. század elején az emberiség egy globalizált világba érkezett. A felgyorsult társadalmi és gazdasági fejlődés számtalan olyan léptékű problémát vet fel, aminek megoldása gyakran nemzetközösségek feladatává válik. A globalizáció a munkaerőpiacot sem kerüli el, ami a munkaadói oldalt ugyanúgy érinti, mint a munkavállalókat, az árucere-forgalmat, továbbá az információk terjedését is. Az ebből származó változások alapvető reformokat kívánnak meg az oktatásban is.

A gyorsan fejlődő információs társadalom a szocializáció egy új formáját hozza magával (Beck, 1986). A kedvezőtlen szociális helyzetből való szabadulás, a munkaidő rugalmasabbá válása és a munkahelyek decentralizálódása újszerű életkörülményekhez és életrajzi folyamatokhoz vezetnek. Az individualizáció és szabványosodás közötti harcban, állandó károsodások terhe mellett minden ember egyre inkább szembe kerül a ténnyel, hogy életének megtervezésében, egzisztenciájának biztosításában *cselekvő személy*é váljon. A szokványos életpályákat, mint szociálisan előírt mintákat, fokozatosan felváltják a választható életpályák, utat nyitva ezzel a személyiség korábbinál teljesebb, szabadabb és szélesebb körű kifejeződéséhez, új életpályák kibontakozásához.

A modern társadalmak fejlődését mára nem csak a rendelkezésre álló tárgyi eszközökben nyugvó fináncstőke alapján határozzák meg. Egyre nagyobb szerephez jut a humántőke is. A születések számának csökkenése arra inti a modern társadalmakat, hogy lehetőség szerint minden gyermeket megfelelően képezzen, és az erre fordított kiadásokat úgy fogja fel, mint beruházást a jövőbe. Ebben az értelemben minden gyermeket úgy kell támogatni, hogy *be tudjon illeszkedni a társadalomba*, személyisége ki tudjon bontakozni, továbbá szociálisan és gazdaságilag is *hasznos legyen a társadalom számára* (Kaufmann, 2005).

Az individualizált társadalomban az iskola a klasszikus funkciói mellett nagyobb hangsúlyt fektet az individualizáció társadalmi szintre emelésére. Ez azt jelenti, hogy a modern képzési folyamatok fontos feladata az életpaszthalatokhoz kötődő emocionális élmények feldolgozása és hasznosítása, amelyek társadalmi hatásokat céloznak meg. A *cselekvő személy*eknek megvan az az életpaszthalathoz kötődő tudásuk és képes-

ségük, hogy a megszerzett tudáskészletet saját emócióikhoz rendeljék, és ezáltal *új életszemléletre tegyenek szert* (Alheit, 1995). Ennek következtében az egyes személyek a *különböző magyarázat- és értelmezési koncepciókat az adott szituációnak megfelelően tudják aktiválni, alkalmazni és összekötni*.

Cselekvő, a társadalom számára hasznos és a megszerzett tapasztalatokat új szituációban alkalmazni képes személlyé csak az válhat, aki rendelkezik az ehhez szükséges képességekkel. Ezeket az általános képességeket az oktatás minden szintjén fejleszteni kell. A kompetenciák és képességek fejlesztése tudatos és tervezett feladat, ami azt jelenti, hogy meg kell teremteni az összhangot az életkori sajátosságok, a tantervi követelmények és az egyes tudományok területspecifikus jellege között. Ilyen képesség a problémamegoldó gondolkodás, amely a különböző életkorokban és tantárgyi kontextusokban más-más oldalról közelíthető meg. Lényeges, hogy kialakítása és fejlesztése kisiskolás korban elkezdődjön, mivel a problémamegoldás egy olyan komplex stratégiai jellegű képesség, amely a gyermek kognitív fejlődésével párhuzamosan építkezik. Ha kihasználatlanul hagyjuk az adott életkorban a problémamegoldó gondolkodás fejlődéséhez szükséges képességek fejlesztését, késleltetjük vagy meg is akadályozhatjuk az adott képesség későbbi életkorra jellemző kiteljesedését.

A múlt és jelenkori tanulásfelfogások többségének alapkonceptiója a tanulók gondolkodásának, ezen belül problémamegoldásának aktív tanuló részvétel útján történő fejlesztése. A cselekvés pedagógiája és a konstruktív pedagógia kiemelt szerepet tulajdonít az életszerű szituációkból és problémákból kiinduló tanítási és tanulási folyamatnak, amelynek során a tanulók jóslatokat fogalmaznak meg a probléma megoldására, amit megfigyelésekkel és kísérletekkel igazolnak. A konstruktív pedagógia nagy hangsúlyt fektet a problémák megoldásához szükséges előzetes ismeretek feltárására, mint ahogy a megoldások ésszerű magyarázatára is (Nahalka, 1998). A cselekvés pedagógiája és a konstruktív pedagógia problémamegoldásra vonatkozó alaptézisei kiindulópontot jelenthetnek egy olyan tanítási és tanulási stratégia kialakításában, amely a problémamegoldásra valamint a gyermeki gondolkodásra és személyiségfejlődésre vonatkozó eddigi kutatási eredményekkel ötvözve segíthet a kisiskolások természet-tudományos problémamegoldásának hatékony fejlesztésében.

A problémamegoldás fejlesztésére az iskolában számtalan különböző szervezeti forma és módszer kínálkozik. A különböző tudományok eltérő logikai rendszerük miatt más-más típusú problémákkal rendelkeznek, amelyek megoldási módja is különböző. A problémamegoldás alapstruktúrája azonban hasonló, így bármelyik tantárgy is vállalja fel annak fejlesztését, olyan alapvető képességgel vérteti fel a tanulót, amely transzferálható az élet más területére is.

A természettudományok tanítása sajátos helyzetben van ezen a téren. A biológia, kémia és fizika tantárgyak experimentális jellegük miatt kísérletekkel vallatják a természetet, amelyek logikai menete analóg a problémamegoldás folyamatával. Így ebben az esetben a fejlesztés lehetősége automatikusan adott. A természettudományos oktatás jelenlegi helyzete azonban ma arra enged következtetni, hogy az iskolák még mindig nem használják ki (vagy nem tudják kihasználni) a kísérletezés lehetőségét a tanítási órákon. A tanulók nem megfelelő természettudományos tudása és attitűdje azonban nem csak a kísérletezés hiányának következménye. Az okok vizsgálata sokrétű, összetett feladat. A probléma azonban létezik, amit különböző felmérések eredményei bizonyítanak. A nemzetközi felmérések az 1970-es évektől kezdődően mérik a tanulók ismeret- és alkalmazásszintű tudását. A természettudományok tanításának változásait és főbb irányait feltáró első jelentős megméréstések az 1983-as IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement), majd 1995-ben a TIMSS (Third International and Science Study) vizsgálatok voltak. Az utóbbi a megszerzett tudás alkalmazására, illetve a problémamegoldó gondolkodás képességének fejlettségi szintjére koncentrált. Itt vált világossá először, hogy a magyar középfokú oktatásból kilépő tanulók (18 évesek) nem tartanak lépést a felmérésben résztvett többi ország diákjaival (21 ország), ugyanis csak az utolsó helyek egyikét, a 18. helyezést tudták elérni. Az OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) kezdeményezésére létrejött PISA (Programme for International Student Assessment) vizsgálatokban a természettudományok területén kifejezett hangsúlyt fektettek a következő képességek mérésére:

- 1) annak felismerése, hogy egy kérdésre természettudományos vizsgálat ad választ;
- 2) a magyarázatul szolgáló bizonyítékoknak, adatoknak kiválasztása és interpretálása;
- 3) következtetések levonása, ezek értékelése;

- 4) a rendelkezésre álló adatok, bizonyítékok kritikus, körültekintő értékelése;
- 5) megállapítások, következtetések közvetítése, amelyek a probléma felismerését, azonosítását, a megoldás tervezési és végrehajtási fázisait foglalják magukba (Vári és mtsai, 2001).

A 2003-as PISA felmérés eredményeinek értelmében a magyar 14-15 éves tanulók komplex problémamegoldásban nyújtott teljesítménye a nemzetközi átlagnak megfelelő volt (Csapó, 2005; Molnár, 2006a). Ez az eredmény érdemben tíz év múltán sem változott., ami elgondolkodtató a hazai természettudományos oktatás jelenlegi színvonalát illetően. A természettudományos problémamegoldás nem megfelelő szintje mellett aggasztó tény a tanulók természettudományos tantárgyaktól történő fokozatos elfordulása. A tantárgyi attitűd-vizsgálatok arról számolnak be, hogy a kémia és fizika kedveltsége évek óta az utolsó helyeken van a tantárgyak sorában, és javulás továbbra sem tapasztalható (Csapó, 2000).

Ezeknek az eredményeknek a magyarázatára, az okok feltárására és a kialakult helyzet orvoslására a magyar oktatásügy több mint egy évtizede fokozott figyelmet fordít. A természettudományok iránti attitűd erősítése céljából különböző fórumokat és rendezvényeket szerveznek, iskolai természettudományos laboratóriumokat, élményparkokat kívánnak építeni. Ezeknek a szándékoknak az eredményeként elmozdulás történhet a holtpontról. Félő azonban, hogy mindez a természettudományok iránt egyébként is érdeklődő és tehetséges tanulók motivációjának további erősítését jelenti majd és nem oldja meg a kevésbé érdeklődő tanulók problémáját. A tehetségek gondozása és fejlesztése az oktatás elengedhetetlen feladata. Ennek színtere a tanítási óra és a tanítási órákon, valamint iskolán kívüli tevékenységek. A természettudományokban tehetséges és érdeklődő tanuló élvezi és kihasználja ezeket a lehetőségeket. A természettudományok tanulása belső motivációjuk eredménye, igényük van a tudományos ismeretek, a természettudományos megismerési módszerek, a kutatás elsajátítására. A kevésbé tehetséges és érdeklődő tanulók esetében azonban fokozottabban kell hangsúlyoznunk, miért kell természettudományokat tanulni, miért fontos a természettudomány a társadalomban és a mindennapi életben. Nekik kell többet segíteni abban, hogy megismerjék a természettudományos gondolkodás és problémamegoldás rejtelseit és csodáit, mert ezáltal olyan tudásra és képességekre tesznek szert, amit az élet más területén is alkalmazni tudnak.

Az oktatás felelőssége, hogy a gondolkodási képességek fejlesztése már kisiskolás korban elkezdődjön, mert az ebben az időszakban elért esetleges kisebb hatás is jelentős mértékben megnövekedhet később (Molnár, 2006b).

A természettudományos oktatás jelenlegi problémái határainkon túlra terjednek. A jobbitó szándék érdekében olyan nemzetközi együttműködésre épülő projektek jöttek létre, mint például a „Rostock Modell” magyar-német didaktikai program. A projekt célja a kisiskolások (általános iskola 1-4. osztály) természettudományos megismerésének és gondolkodásának vizsgálata és fejlesztése volt. A program hatásvizsgálata a természettudományos fogalmi fejlődésre, a fogalmi struktúrák és a problémamegoldás folyamatának elemzésére terjedt ki.

Ebben a könyvben ennek a didaktikai programnak az elméleti és azon hatásvizsgálattal tesztelt gyakorlati vonatkozásait szeretném bemutatni, amelyek valóban fejlesztik a 6-10 éves gyermekek természettudományos problémamegoldását, miközben élményként élik meg a természettudományok tanulását és ezáltal mélyebb és tartósabb tudásra tesznek szert. Olyan következetes és tudatos stratégiára mutatunk példát, amely a jelenleg hazánkban folyó természetismeret tanításához képest nagyobb intenzitással és rendszerességgel kívánja a természet-megismerés fontos kulcskompetenciáját jelentő problémamegoldás fejlődését megalapozni. Egy ilyen kísérleti program elolvasása után a gyakorló pedagógus arra a következtetésre jut, hogy ismét egy olyan kísérleti programról van szó, amivel a jelenlegi oktatási rendszerben nem tudunk mit kezdeni, mert a tantervi követelmények és a rendelkezésre álló tanórakeretek közepette ezt nem lehet megvalósítani. Ez valóban így is van. Azonban minden újabb próbálkozásban léteznek hasznosítható, jól alkalmazható elemek, amelyek további ötletekkel bővítve előbbre vihetik és hatékonyabbá tehetik a tanulás folyamatát. Ezért érdemes elolvasni ezeket a műveket, és keresni bennük a továbblépés lehetőségét.

A könyv elsősorban az általános iskola alsó tagozatában tanító gyakorló pedagógusok számára nyújt instrukciókat a problémamegoldás fejlesztésére vonatkozóan, amelyek azonban életkorhoz igazítva az oktatás bármely szintjén alkalmazhatók. Ezért ajánljuk középiskolai természettudományokat tanító tanárok, tanító- és tanárjelöltek, továbbá a felsőoktatásban természettudományos diszciplinák szakmódszertanát tanító oktatók számára is.

1. A problémamegoldás helye a természettudományos nevelésben

1.1. A természettudományos nevelés célja

A természettudományos nevelés céljai a mindenkori társadalmi-gazdasági igényekkel és a kor tudományos és technikai fejlettségi szintjével összhangban fogalmazódtak meg.

A különböző országok tantervi céljai az 1900-as évek elején a természet megismerésében az érdeklődés alapú tanulást helyezték középpontba. A közép- és felsőoktatásban folyó természettudományos tanítás módszerei között már jelen volt a kutatómódszer, amelynek a 20. század közepén szükségszerű következménye volt a kognitív képességek, beleértve a problémamegoldás fejlesztésének igénye a természettudományos nevelésben. A század második felében már az oktatás valamennyi szintjén jelen volt a természettudományok tanítása és a kutatás-alapú tanulás különböző megközelítései fogalmazódtak meg a tantervekben. Így az 1970-es évek fő irányzata a felfedezésez tanulás volt, ami a tanulás folyamatában szélsőségesen mellőzte a tanári instrukciókat. Az 1980-as években a tantervi célok a természettudományos oktatásban az autentikus problémákból kiinduló kutatás módszerét hangsúlyozták a tanítási órákon. 1990-től az Amerikai Egyesült Államokban és Európa nyugati országaiban a konstruktivizmus elterjedése volt megfigyelhető, amelynek eredményeként kialakult a tanulók előzetes tudására és érdeklődésére épülő, aktív önálló tanulói tevékenységet és tanári mentorálást igénylő kutatás-alapú tanulás. Ezzel párhuzamosan egyre több publikáció jelent meg a probléma-alapú és projekt-alapú tanulás témakörökben is. A 2000-es tantervekben az említett országokban egységes követelményként jelent meg a természettudományos ismeretek mindennapi életben történő alkalmazása, ezzel párhuzamosan a természettudományokban kialakítandó képességek transferrálhatóságának hangsúlyozása (Pine és mtsai, 2006).

Hurd 2002-ben összefoglaló tanulmányában megjegyzi, hogy a természettudományok tanításának céljai, kisebb eltérésekkel kezdettől fogva ugyanazokat az igényeket közvetítik: a tanulók érdeklődésére építő, a természettudós kompetenciáit figyelembevevő és kialakítandó, a természettudományos megismerés módszereit alkalmazó tanítás és tanulás az iskolában. Ezek a célok tartalmukban az adott kor társadalmi elvárásainak és pedagógiai illetve pszichológiai irányzatainak megfelelően változnak,

bővülnek, de középpontjukban mindig a természettudomány sajátosságai állnak.

A jelenlegi tantervi követelmények szemléletében felismerhető az a tény, hogy mára megváltoztak a fejlődési folyamatok végbemeneteléről, a haladás jelentéséről, a tudományos tézisekről, a törvények kifejezőerejéről, a valóságról, bizonyosságról és az objektivitásról vallott elképzelések, amelyek napjainkban a korábbihoz képest új, megváltozott világgépet alakítottak ki a természettudományok tanításában (1.1. táblázat).

| <i>A modern világgép</i> | <i>A posztmodern világgép</i> |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – folyamatos és egyirányú haladás – meggyőződés – a tudás egyetemessége – a tudás objektív megismerés – objektív tudományos módszerek – igazolható tények | <ul style="list-style-type: none"> – diszkontinuus fejlődés(ek) – nyitottság – a tudás kontextusra irányultsága és történelmi szemléletmódja – a tudás multiperspektivitása és relativitása – szociális komplexitás és kulturális diverzitás – az életformák sokfélesége |

1.1. táblázat

*A modern és posztmodern világgép összehasonlítása
(Schneider, 2006)*

A posztmodern világgép a *természettudományos ismeretek jellegében* a stabilitás és tartósság helyett azok változékonyságát vallja, amely mindenkor az adott kor tudományának fejlettségétől, a kutatás aktuális álláspontjától függ (Sadler, 2004; Hanson és Akerson, 2006). Ez a *változékonyság a megismerés módszereire* is vonatkozik, mivel a természettudományos problémák is különbözőek és nincs mindig algoritmus a megoldás folyamatára vonatkozóan (MacDonald és Gustafson, 2006). A problémák megoldása csak akkor lehetséges, ha a természettudós a megfigyeléssel és kísérletezéssel összegyűjtött adatait kreatívan rendezzi és értékeli (Sadler, 2004).

A természettudományos nevelés céljait jelentő alapelvek sorában a *természettudományok sajátosságainak* mai értelmezésén túl egy következő té-

nyező a *természettudományos műveltség*, ami az erre vonatkozó kutatásokban az alábbiakat jelenti:

- Felismerni és megérteni a természettudományos összefüggéseket (Cajas, 2001);
- Látni a természettudomány és a mindennapi élet kapcsolatát (Hurd, 1998);
- Felismerni a természettudományok politikai, etikai és morális interpretációját (Hurd, 1998);
- Alkalmazni a természettudományos ismereteket a társadalmi életben és döntéshozatalban, az ítéletalkotásban és a problémák megoldásában (Hurd, 1998);
- Felismerni, hogy a természettudományos törvények és fogalmak az időben változhatnak, fejlődhetnek (Hurd, 1998);
- Megkülönböztetni a valóságot a propagandától, a tényeket a koholmánytól, a tényleges tudást a megalapozatlan véleményalkotástól (Hurd, 1998);
- Felismerni, hogy a természettudományos megismerés egy olyan folyamat, amelynek során adatokat gyűjtünk, azokat analizáljuk, szintetizáljuk és értékeljük, majd az eredményeket tudományos és társadalmi kontextusban használjuk fel (Hurd, 1998);
- Felismerni, hogy a természettudományos megismerésben a kognitív dimenzión túl elengedhetetlen az emocionális, esztétikai, és morális tényezők figyelembevétele is (Hodson, 1998; Shapiro, 2004).

A természettudományos nevelés céljainak meghatározásakor nem feledkezhetünk meg annak *holisztikus* jellegéről, amely affektív és kognitív aspektusokat egyaránt magában foglal. Ez azt jelenti, hogy a tantervekben kettős célrendszer kialakítására kerül sor (1.2. táblázat).

| | | |
|------------------------|-------------------|---|
| <i>Általános célok</i> | <i>Attitűdök</i> | Önbizalom; a munkában való hit; önállóság; elkötelezettség. |
| | <i>Képességek</i> | Kommunikációs képességek: írásbeli, szóbeli, numerikus és információs kommunikáció; általános <i>problémamegoldóképesség</i> ; interperszonális képességek. |
| | <i>Ismeretek</i> | Használható természettudományos tények; a körülöttünk lévő világra vonatkozó ismeretek megszerzése, <i>megértése és értékelése</i> . |
| <i>Speciális célok</i> | <i>Attitűdök</i> | A természettudományok iránti érdeklődés, a természet tisztelete és szeretete; a megismerés korlátainak ismerete és tiszteletben tartása. |
| | <i>Képességek</i> | <i>Problémamegoldás természettudományos kontextusban</i> ; kísérleti adatok elemzése, reprezentációja; kísérletező, gyakorlati képességek fejlesztése. |
| | <i>Ismeretek</i> | A fontosabb tények, modellek és törvényszerűségek ismerete, azok <i>megértése, kritikai értékelése és alkalmazása</i> a problémák megoldásában. |

1.2. táblázat

A természettudományok tanításának holisztikus céljai
(Woolnough, 1994)

Ezek a célok egyrészt olyan általános elvárásokat fogalmazzak meg, amelyek szükségesek bárki számára az életben történő eligazodáshoz, másrészt speciális célokat sorakoztatnak fel, amelyek a természettudományokra jellemző attitűdök, képességek, és tevékenységek kibontakoztatására vonatkoznak. Kifejezett hangsúlyt kap mind általános, mind speciális

téren a *megértés*, az *értékelés*, de még inkább a *problémamegoldó képesség* fejlesztésének szerepe.

A különböző országok tanterveit összevetve és összegezve további közös célok fogalmazódnak meg a természettudományok tanításával kapcsolatban: *a kreativitás fejlesztése, kísérletek tervezése, elemzése, a csoportban végzett munka, problémák megoldása, és magyarázata, a hibák megtalálása és korrekciója* (Orlik, 2002).

A változtatás szükségessége immár nálunk is jelen van, kérdés azonban, hogyan zárkózzunk fel, hogyan találjuk meg azt az átmenetet, amely a régiben gyökerezik, mégis újként hat, és mindamelllett megőrzi a magyar oktatás kiváló eredményeit. „*Nem lennék híve egy gyors amerikanizálásnak, hiszen utaltam rá, a mi tradícióink mások. Ami nem jelenti azt, hogy a mi képzésünket nem lehetne kicsit gyakorlatiasabb irányba elvinni, s hogy nem kellene egy kicsit oldani ezt a sokszor túlzottan a részletekre összpontosított oktatást. Ugyanakkor azt is látni kell, hogy a magyar természettudományi oktatásnak számos előnye van, melyek közül talán a legfontosabb, hogy az oktatás során módjuk van a gyerekeknek a képességeiket próbára tevő feladatok megoldására. Nálunk még léteznek kemény követelmények, amelyek teljesítése erőfeszítést követel a gyerekektől. Ennek később megvan az előnye, nevezetesen az, hogy a magyar oktatásból kikerülők jól megállják a helyüket.*” (Csányi, 1999, 38.o.).

A hogyan tovább kérdésre több elképzelés is született már hazánkban. Az egyik irányzat természettudományos oktatásunk elavult diszciplináris jellegét hangsúlyozta, és a jövőt az integrációban látta. Egy másik kiegészítő szemlélet szerint felzárkózást jelenthet egy társadalmi orientációjú természettudományos oktatás, amely az STS (Science–Technology–Society) lényege, és amely a természetet nem önálló entitásként, az embert kiszakítva ismerteti meg a gyerekekkel, hanem az emberi társadalommal elválaszthatatlan egységben mutatja azt be. Éppen azokat a súlyos problémákat helyezi előtérbe, amelyeket az emberi civilizáció zúdított a bolygóra. Legfőbb célja az egyén felelősségtudatának kialakítása, a tudomány társadalmi hatásainak elemzése, az ember és természet viszonyának középpontba állítása a diszciplináris tárgyakra szinte kizárólagosan jellemző pozitivistá tudományközpontúság helyett (Nahalka, 1993).

A 2012-ben jóváhagyott Nemzeti Alaptanterv természettudományok tanítására vonatkozó céljai nem különböznek alapvetően a már említett céloktól. Más országokhoz hasonlóan építenek a *természettudományos*

megismerés sajátosságaira, a természettudományos műveltség összetevőire és a természettudományos nevelés holisztikus jellegére. A fejlesztendő képességek között kiemelt szerepet kap az elvonatkoztatás, a logikai következtetés, az adatok értékelése, a valószínűségi gondolkodás fejlesztése, a változók vizsgálata, az adatok, tények és a magyarázatok megkülönböztetése, a speciális (technikai, gazdasági, társadalmi, etikai) alkalmazások, kapcsolódások felismerése, mások nézőpontjának értékelése, a saját nézőpont kifejtése, valamint a tudományos közösség szerepének elismerése (NAT, 2012). Ezek között a képességek között helyet kaptak azok a szociális képességek is, amelyek a természettudományos nevelés szociális, társadalmi összefüggéseire utalnak. Ez jelentős előrelépés a magyar természettudományos oktatásban, ami korábban nem volt jellemző hazánkban. A 2012-es NAT alapján készült természettudományos tantárgyak kerettantervei is eltérnek céljaikban a korábbiaktól. Kifejezett hangsúlyt fektetnek a tanulók problémamegoldó gondolkodására, a problémacentrikus tanításra és tanulásra.

A természettudományos nevelés elsődleges célja a természet megismerése a természettudományos kutatás módszereinek segítségével. A kutatás és problémamegoldás logikai útja analóg, amiből az következik, hogy a természettudományos gondolkodás kognitív tényezői között elsődleges a problémamegoldás. Fejlesztésével az oktatás minden szintjén foglalkoznunk kell, mert ezzel nemcsak a természettudományos tudás hatékonyságát növeljük, hanem a természettudományos nevelés céljaival összhangban, az életben jobban eligazodni képes és sikeresebb embereket nevelünk. Ennek érdekében már kisiskolás kortól foglalkoznunk kell a problémamegoldás elemeinek és összetevőinek megismerésével, a kognitív képességfejlesztés előtérbe helyezésével (Chrappán, 2001).

1.2. A problémamegoldás, mint természet-megismerési kompetencia

A természettudományos nevelés egyik célja a közoktatásban a kutatók képesség- és készségrendszerének alapfokon (megfelelő tudományos intelligencia, elkötelezettség, pozitív attitűd és motiváltság, kreativitás, gondolati fegyelem, lényeglátás, precizitás, koncentrálóképeség, szorgalom, kitartás, kommunikációs készség stb.) történő kialakítása, továbbá a természet-megismerési kompetenciák alább felsorolt képesség és készség összetevőinek fejlesztése:

Matematikai készségek:

- Az SI mértékegységek használata;
- A hőmérséklet skálák alkalmazása, váltása;
- A mikroszkóp nagyításának kiszámítása;
- Táblázatok, grafikonok készítése és használata, adatok rendezése;
- Változók közötti összefüggések bemutatása.

Problémamegoldó készségek:

- A probléma felismerésének és megfogalmazásának képessége;
- Hipotézisalkotás és megfogalmazás képessége;
- Kísérlet tervezése és kivitelezése a hipotézisek igazolására;
- Ellenőrzés és következtetések levonása;
- A problémamegoldás mikrostruktúrája: osztályozás, sorrendfelismerés, összehasonlítás;
- Ok-okozati összefüggések;
- Megfigyelés és következtetés;
- A természettudományos ábrák és képek értelmezése.

Laboratóriumi készségek és technikák:

- Változók, állandók és kontroll használata;
- A mikroszkóp használata és karbantartása;
- Biztonságos laboratóriumi munkavégzés: Balesetek megelőzése, helyes és határozott döntés, munkavégzés laboratóriumban és terepen, a laboratórium rendjének megtartása, vészhelyzetek, balesetek kezelése (Nagyné, 2008).

A problémamegoldó gondolkodás a természettudományos problémák megoldásának kognitív háttere. A megoldás folyamata a természettudományos kutatás olyan tevékenységrendszer, amely sajátos módszerek segítségével vizsgálja a jelenségeket, azok külső és belső összefüggéseit, törvényszerűségeit.

A kutatás révén új ismeretekhez jutunk, vagy a korábbi ismereteket új összefüggésben tárjuk fel. A természettudományos kutatás alapját azon *megfigyelhető, empirikus és mérhető evidenciák* jelentik, amelyek révén magyarázni tudjuk a jelenségek okait (Bynum és Porter, 2005). A természettudományos kutatás minden esetben valamilyen *problémából* indul ki, amelynek megoldására *hipotéziseket* állítunk fel és azt *kísérletek, megfigyelések* segítségével teszteljük.

A természettudományos kutatás lényegét leíró korai elméleti modelleket követően az 1900-as években vált ismertté a *hipotetikus-deduktív modell*, amelynek struktúrájában a problémamegoldás logikai útja fedezhető fel.

A *hipotetikus-deduktív modell* értelmében a tudományos elméletek olyan általános hipotéziseket tartalmaznak, amelyekből meghatározott kezdő- és peremfeltételek mellett, egyedi jelenségek, tapasztalatok magyarázatai vagy jóslatai vezethetők le. A modell leírja a kutatás kognitív útját, amely analóg a természettudományos problémák megoldásának folyamatával. Így a természettudományos kutatás közvetlenül fejleszti a problémamegoldó gondolkodást, annak egyik legkézenfekvőbb módszere.

A hipotetikus-deduktív modell megkülönbözteti a kutatás elemeit és azt a tevékenységrendszert, amely az egyes elemek szolgálatában áll. A *kutatás elemeit* négy csoportba sorolja:

- 1) *Karakterizáció*: A kutatás tárgyát képező problémák, jelenségek definiálása, megfogalmazása. Megfigyelések és mérések.
- 2) *Hipotézisek*: Feltételezések sorozata, lehetséges megoldások felvetése, a megfigyelés, mérés és megoldás módjának feltételes, előzetes megadása, néhány törvényből és kiegészítő feltételből álló állításhalmaz.
- 3) *Predikció*: Az elméleti és hipotetikus magyarázatokból következő megoldás megfogalmazása, a hipotézisből következő logikai dedukció, az eredmények jóslása.
- 4) *Kísérletek*: A hipotézisek, predikció tesztelése (Feyerabend, 1978).

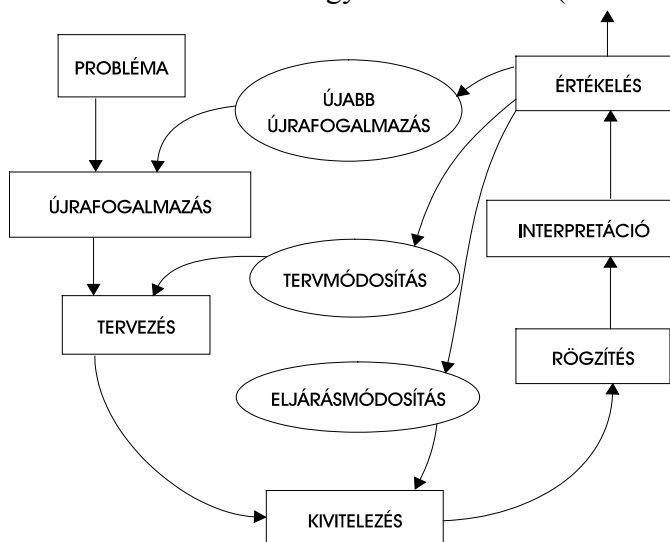
A modell elemei és tevékenységrendszere sajátos összefüggést mutatnak (1. 3. táblázat).

| <i>A modell elemei</i> | <i>A modell tevékenységrendszere</i> |
|------------------------|--|
| Karakterizáció | A probléma definiálása, információk gyűjtése, megfigyelések. |
| Hipotézisek | Hipotézis alkotása. |
| Predikció | A hipotézisből következő megoldás előrevetítése, jóslása. |
| Kísérletek | A kísérlet előkészítése, adatok gyűjtése, azok analízise, interpretálása, következtetések levonása, mely új hipotézisek megfogalmazásának kiindulópontja lehet. Az eredmények publikálása, újratesztelése. |

1.3. táblázat

A természettudományos kutatásra vonatkozó hipotetikus-deduktív modell elemeinek és tevékenységeinek összefüggése.

A hipotetikus-deduktív modell által leírt kutatási folyamat hasonlóságot mutat a problémamegoldás folyamatával, amely lineáris és az egyes lépésekhez történő visszacsatolásokat egyaránt tartalmaz (1.1. ábra).



1.1.ábra

A problémamegoldás folyamatának elágazó modellje (Assessment of Performance Unit, 1984)

A hipotetikus-deduktív modell érvényessége arra jogosít fel bennünket, hogy a problémamegoldó gondolkodást a természettudományos kutatás alapképességének tekintsük. Fejlesztése a természettudományos nevelés központi feladata.

Összegezve: A természet jelenségeinek és folyamatainak tanulmányozásakor olyan problémákkal és kérdésekkel találkozunk, amelyeket a természettudományos megismerés módszereivel válaszolunk meg. Ezeknek a módszereknek szerves része a természettudományos problémamegoldás, amely menetében hasonló a kutatás folyamatához. Ezért a természettudományos nevelés mindenkor nagy jelentőséget tulajdonított a problémamegoldás tanításának és fejlesztésének. Ezt tükrözik a tantervek természettudományos nevelésre vonatkozó céljai hazánkban és határainkon túl egyaránt.

2. A problémamegoldás fejlesztésének elméleti alapjai

2.1. A problémamegoldás fogalma

A problémamegoldásra vonatkozó első tanulmányok a 20. század elején jelentek meg a pedagógiai és pszichológiai szakirodalomban. Azóta a problémamegoldás különböző definíciói láttak napvilágot.

Az 1900-as évek elején a problémamegoldást egy olyan mechanikus, szervezett és gyakran absztrakt képesség együttesnek tekintették, amellyel egy meghatározott logikai struktúra mentén matematikai feladatok és rejtvények sikeresen megoldhatók. A megoldást egyszerű, korrekt válaszok jelentették. Az ehhez hasonló definíciók közös sajátossága volt, hogy azok a *konvergens gondolkodás és érvelés* jellemzőit foglalták magukba (Garofalo és Laster, 1985).

A *kognitív tanuláselméletek* elterjedésének időszakában a problémamegoldás fogalma is összetettebbé és absztraktabbá vált. Ezeknek a meghatározásoknak egy része a *problémamegoldás kompetencia elemeire*, míg mások annak *folyamat jellegére* koncentráltak.

Az *első*, a további fogalmaknak keretet adó definíció Duncker (1945) problémamegoldás definíciója volt, amely szerint *problémamegoldásról akkor beszélünk, ha a megoldó ismeri a megoldás célját, de nem tudja, hogyan érje azt el*. Ezt a definíciót fogalmazta újra Mayer (1992), aki szerint a problémamegoldás egy transzferálható kognitív folyamat, amelynek segítségével a kiindulási állapotból a célállapotba jutunk. Mayer (1992) hangsúlyozza, hogy a kognitív folyamat nem algoritmust jelent, hanem egy olyan kognitív rendszert, amely a megoldás érdekében újrastrukturálható. Ez a keret kiindulópont volt a kutatók számára, amelyet tovább lehetett bővíteni a problémamegoldás mikrostruktúráját jelentő kompetenciákkal és képességekkel, illetve a makrostruktúraként ismert folyamatokkal.

A *kompetenciaelemeket* tartalmazó definíciók sem egységesek, a problémamegoldáshoz szükséges különböző kognitív összetevőkre térnek ki. A kompetencia központú fogalmat valló kutatók között a legnagyobb egyetértés abban van, hogy a problémamegoldásban jelentkező nehézség nem csak a probléma belső sajátosságából hanem a megoldó előzetes ismereteitől és tapasztalataitól is függ (Dewey, 1910; Newell és Simon, 1972; Elshout, 1987; Schunk, 2000). Mourton és munkatársai (2004) szerint a problémamegoldás során az ismereteket részben a cél elérése érdekében

használjuk (előzetes ismeretek), másrészt a mélyebb megértés révén új fogalmak konstrukciójához jutunk (ismeretszerzés).

A kompetencia központú fogalmak sorában magasabb szintet jelent, amikor a *problémamegoldást a tudásszerző képesség részeként*, a kognitív képességek funkcionális rendszereként értelmezik, amely szoros kapcsolatban áll az ismeretszerzés és alkotás képességével (Caroll, 1993; Nagy, 2000).

Kutatók egy csoportja a problémamegoldásban a produktív gondolkodás és döntés szerepét hangsúlyozza, kiemelve, hogy a cél elérését a megoldási folyamat közben felmerülő ötletek jellege és a kivitelezés döntően befolyásolja. A definícióknak ez a csoportja joggal kapta a *kreatív problémamegoldás* jelzöt (Mitchell és Kowalik, 1999; Abu Jado és Nwfal, 2007; Quattami, 2010).

A *problémamegoldási folyamat* kutatásának eredményeként születtek azok a definíciók, amelyek a problémamegoldást a kognitív kompetenciák és a megoldási stratégiák komplex interakciójának tekintik. Ezekben a fogalmakban új elemként jelenik meg a szociális faktorok befolyásoló szerepe (Schoenfeld, 1983; Heppner és Krauskopf, 1987; Silver és Marshall, 1990). Funke (2011) a problémamegoldás három dimenzióját határozza meg: 1) kiindulási állapot; 2) cél állapot; 3) a cél eléréséhez szükséges operációs eszközök, amelyek a kiindulási és cél állapot között jelentkező akadályok leküzdéséhez szükségesek. Az operációs eszközök működtetéséhez, a megoldási folyamat végbemeneteléséhez a kognitív tényezőkhöz kívül elengedhetetlennek tartja a motivációt más affektív tényezőkkel együtt.

A különböző szemléletű definíciók összefoglalásaként Csapó Benő (1992) és Nagy József (2000) megállapítja, hogy a problémamegoldás egy heurisztikus keresés a problématerben, amelyben a kiinduló és a célállapotot a lehetséges lépések láncolata kapcsolja össze. Funkcióját tekintve olyan komponensrendszer, amelynek segítségével a hiányzó tudást olyan próbálkozások sorozata által tárjuk fel, amelyek kiterjedése a megoldás során felmerülő akadályok természetének függvénye (Nagy, 2000).

Széles körben elfogadott meghatározás Reeff, (1999, 48. o.) definíciója, amelyben egyértelmű a problémamegoldásban szerepet játszó gondolkodási és procedurális tényezők együttes szerepe a megoldás folyamatában: „*A problémamegoldás egy adott szituációban végbemenő célorientált gondolkodási és cselekvési folyamat, amelyben a megoldás rutinszerű*

megoldásokkal nem érhető el. A megoldás célja többé-kevésbé jól definiált, aminek az elérésére a megoldó nem biztos, hogy azonnal képes. A probléma abból adódik, hogy a célok és az azok eléréséhez szükséges operációk nem mindig felelnek meg egymásnak. A probléma szituáció megértése és lépésről lépésre történő transzformációja a tervezés és az érvelés során történik meg, ami a problémamegoldás folyamatát jelenti”.

A PISA felmérések a problémamegoldás értékelése során a Dossey és munkatársai (2000) által megalkotott komplex definícióból indultak ki, amely abban különbözik Reeff (1999) problémamegoldás elméletétől, hogy a megoldás eléréséhez nemcsak kognitív, hanem affektív tényezők is szükségesek. Dossey és munkatársa (2000) a problémamegoldást olyan kompetenciának tekintik, amelyben a cél elérése a kognitív és motivációs folyamatok kombinációjának tekinthető. Ebben az értelemben a problémamegoldás egy olyan folyamat, amely a problémamegoldó kognitív és affektív képességein keresztül valósul meg.

A problémamegoldásra vonatkozó legújabb kutatások a *komplex, statikus és dinamikus problémamegoldás* sajtságait vizsgálják.

Komplex problémamegoldásról akkor beszélünk, ha a probléma a kiinduló és célállapot között lévő dinamikus változó és intranszparens akadályok összessége (Molnár, 2006c). A komplex problémamegoldás tartalmazza a problémamegoldó és a probléma közötti interakciót továbbá a problémamegoldó kognitív, érzelmi, személyes és szociális képességeit és ismereteit (Frensch és Funke, 1995). A komplex problémamegoldás fogalma így integrálja a korábbi fogalom meghatározások valamennyi elemét.

A *statikus problémamegoldás* egy kevésbé komplex feladat, amelyben a problémák legtöbbször jól definiáltak. A megoldás útja a Pólya György-féle (1957) modellt követi: 1) A probléma és a megoldás céljának meghatározása; 2) A probléma értelmezése, reprezentációja; 3) A megoldási stratégia tervezése és kiválasztása; 4) A terv végrehajtása, monitorozása, szükség esetén annak módosítása; 4) Az eredmények értékelése.

A dinamikus problémamegoldás fogalma a számítógépek problémamegoldásban történő alkalmazását követően vált ismertté. Kidolgozóit a Heidelbergi Egyetem kutatói voltak (Greiff és Funke, 2010; Wüstenberg, Greiff és Funke, 2011). A dinamikus problémamegoldás fogalmát és jellemzőit hazánkban Molnár Gyöngyvér (2012) publikálta először. A dinamikus problémamegoldás abban különbözik a statikus problémamegoldástól, hogy a fő probléma megoldása során újabb és újabb problémahely-

zetek és kontextusok lépnek fel, amelyek megoldása szintén szükséges a fő probléma megoldásához.

A problémamegoldás fejlesztése csak akkor lehet sikeres, ha az tudatosan történik. Ez azt jelenti, hogy ismernünk kell a problémamegoldás minden összetevőjét és azok jellemzőit. Tanulóink csak akkor válhatnak sikeres problémamegoldóvá, ha ezeket az összetevőket a megfelelő életkorban és módszerekkel segítjük kialakítani és szinten tartani.

2.2. A problémamegoldás kutatásának története

A problémamegoldásra vonatkozó első pszichológiai vizsgálatok az 1900-es évek elejére tehetőek (Humphrey, 1963; Mandler és Mandler, 1964). A 20. században a problémamegoldás kutatásában négy alapvető elmélet vált uralkodóvá: 1) a korai koncepcionizmus; 2) asszociációs elmélet; 3) a Gestalt pszichológia; 4) az információfeldolgozás elmélete.

- 1) A pszichológia, mint tudomány kezdetei 1879-re nyúlnak vissza, amikor Wilhelm Wundt megnyitotta az első pszichológiai laboratóriumát Lipcsében. Annak ellenére, hogy Wundt (1873) óvva intett a komplex kognitív folyamatok kísérleti módszerekkel történő vizsgálatától, néhány hallgatója (Wurzburg-csoport) megkísérelte a gondolkodás folyamatát analizálni. Vizsgálati alanyaikat arra kérték, hogy írják le gondolkodásuk részleteit, miközben szóasszociációs problémákat oldanak meg. A kutatás nem vezetett újabb elméleti megközelítéshez. Ugyanakkor vitatkozott néhány olyan kulcsfontosságú filozófiai tétellel, amely a *gondolkodás mentális ábrázolását* vallja.
- 2) A problémamegoldás kutatásában az 1920-as évektől 1950-ig terjedő időszak elméleti irányzata az *asszociacionizmus* volt. Alapötlete, hogy a gondolkodás kognitív reprezentációja gondolatokból és a közöttük lévő kapcsolatokból (links) áll. A kognitív folyamatok úgy jönnek létre, hogy ezeket a gondolatokat a közöttük lévő kapcsolatok különböző asszociációs rendszerekké konstruálják (Mandler és Mandler, 1964; Mayer, 1992). Az asszociacionizmus klasszikus példája Thorndike (1911) macskákkal végzett kísérlete. A kutató egy ketrecbe éhes macskákat zárt. A ketrecben volt egy oszlop, amit ha a macskák megérintettek, akkor kinyílt a ketrec ajtaja és táplálékhoz jutottak. Próbálgatók sorozatán keresztül megtanulták, hogy az oszlop érintése táplálékot jelent számukra. Amennyiben a táplálék adása az oszlop érintésére

több alkalommal sem következett be, úgy a tanult magatartás kioltódott. Thorndike kísérletének eredménye bizonyíték az operáns tanulásra, amelynek során a tanult elemek új asszociációs kapcsolatai alakultak ki. Az asszociációs kapcsolatok azonban csak akkor váltak tartóssá, ha az azokat létrehozó ingerek ezt folyamatosan megerősítették. Thorndike (1911) szerint *a problémamegoldás nem más, mint hibás és sikeres próbálgatások sorozata*. Az asszociacionizmus kritikái leginkább a gondolkodási folyamatok transzferjének természetére vonatkoztak. Ettől eltekintve megalapozták a problémamegoldásra vonatkozó jelenlegi kutatásokat, beleértve a neurális hálózatok működésére vonatkozó különböző modelleket (Rogers és McClelland, 2004).

- 3) A *Gestalt-elmélet* (1930-as és 1940-es évek) vitatva a kognitív folyamatok asszociációs megközelítését, a problémamegoldást olyan kognitív folyamatnak tekinti, amelyben a problémák szerkezete a megoldás érdekében újrastrukturálódik. A koherens struktúrák létrejöttének a folyamatban nagyobb jelentőséget tulajdonít, mint az asszociációk megerősítésének. A Gestalt-elmélet követői a fő hangsúlyt a belátásra (insight) helyezték. *Belátásról* akkor beszélünk, ha a problémahelyzet újrasstrukturálódása vezet a probléma megoldásához, azaz megváltozik a probléma reprezentációja (Weisberg, 1995). Ez a definíció a problémastruktúra- és reprezentációbelső aspektusait, a probléma relációit, a struktúra megragadását és átfogását kiemelő korábbi gestalti megközelítésekre építkezik (Dunker, 1945; Luchins és Luchins, 1950; Wertheimer, 1959; Köhler, 1969; Mayer, 1979; Lénárd, 1984; Horváth, 1986). A gestalti koncepciókat tekinthetjük a mentális modellekre és sémákra vonatkozó legújabb kutatások kiindulópontjaként.
- 4) A problémamegoldás információfeldolgozás elmélete az 1960-as és 1970-es évek terméke. Kialakulásában jelentős szerepe volt a számítógépek kutatásokban történő elterjedésének. A számítógép analógiájára a problémamegoldáshoz szükséges agyi struktúrát és funkcióit egy adatokat és műveleteket tároló rendszerként képzelte el. (Molnár, 2006c). Newell és Simon (1972) azoknak a mentális állapotoknak és műveleteknek az összességére, amely közül csak egy vagy egynéhány vezet el a megoldáshoz, a *problématér* terminust használták. Egy másik, általuk bevezetett fogalom a *heurisztikus keresés*, amely alatt az új probléma megoldásához szükséges stratégiákat értették. A humán problémamegoldásra vonatkozó koncepcióik igazolására olyan számítógépes

szimulációkat alkalmaztak, amelyek az emberi gondolkodás analógiájának megfelelően oldották meg a problémákat. Az információfeldolgozó modell azzal a hibájával együtt, hogy kevésbé alkalmazható a rosszul definiált problémák megoldásának leírására, kulcsfontosságú kiindulópontja a mai kognitív kutatásoknak (Mayer, 2009).

Az elmúlt évszázad hetvenes éveiben az ismeretelméleti és kognitív pszichológiai kutatások hatására folyamatosan változott a problémamegoldás fogalma. Felismerték, hogy a laboratóriumi körülmények között elvégzett vizsgálatok eredményei nem általánosíthatók a komplex, életszerű problémákra, ami különböző nézeteket hívott életre Észak-Amerikában és Európában egyaránt.

Az *amerikai nézet* feladta az általános problémamegoldás elméletét, helyette a kijelölt terület szakértőjévé válás folyamatát hangsúlyozta. E szerint egy konkrét területen akkor tudunk megbirkózni egy problémával, ha tisztában vagyunk annak területspecifikus vonatkozásaival (Sternberg, 1995).

Az *Európában alkalmazott módszerek* és célok tekintetében két iskola különült egymástól, a *Broadbent* nevével fémjelzett angol és a *Dörner* által vezetett német iskola. Mindkét irányzat a valós élet problémáihoz hasonló felépítésű számítógépes feladatokkal dolgozik, amelyek relatíve komplex és szemantikailag gazdag problémák. Az amerikai szituációkkal szemben ezek a feladatok teljes egészében újak, több területet fognak át, így a kísérleti személyeket teljesen ismeretlen problémák megoldása közben figyelhetik meg. Mindkét európai iskola elveti a problémamegoldás behaviorisztikus, illetve neuropszichológiai megközelítését és egyetértene a kognitív paradigmával. A feladat tulajdonságaira, mint a feladat és megoldója viszonyára koncentrálnak (Sternberg, 1995).

A legújabb kutatások fő irányai: a) a döntési képesség és következtetés problémamegoldásban betöltött szerepére; b) az intelligencia problémamegoldással történő összefüggéseire; c) a szakértői problémamegoldásra; d) az analógiák szerepére; e) a matematikai és természettudományos problémamegoldás sajátosságaira; f) a problémamegoldás neuropszichológiai hátterére; g) a komplex problémamegoldásra; h) a megoldási stratégiákra vonatkoznak.

a) A *döntési képesség* mint kognitív folyamat tanulmányozása során a kutatók azt vizsgálják, hogy a megoldó hogyan választ két vagy több megoldási alternatíva közül (Barron, 2000; Kahneman és Tversky,

2000; Markman és Medin, 2002). A *következtetési képesség* Evans (2005) és Johnson-Lard (2005) szerint arra vonatkozik, hogy az adott konklúzió hogyan következik a megelőző következtetésekből. Tanulmányaikban arra hívják fel a figyelmet, hogy a következtetések során lényeges az előzetes döntések és információk ismerete. Mivel a problémák különböző területeken és kontextusban jelentkeznek, ezért a következtetésekben fontos előzetes ismeretek is az adott területhez tartoznak. Így a következtetéshez a probléma konkrét kontextusa vezet, ami azt jelenti, hogy az területspecifikus sajátsággal bír, és kevésbé befolyásolják a problémamegoldás általános logikai törvényszerűségei.

- b) Az *intelligencia problémamegoldásban* betöltött szerepére vonatkozó kutatások az egyéni különbségeket hangsúlyozzák (Guilford, 1967; Strenberg, 1999; Revákné, 2001; Strenberg és Grigorenko, 2003; Molnár, 2012). Az problémamegoldás és intelligencia kapcsolatát jelző korrelációs értékek különbözőek. Egyes kutatások gyenge (Beckmann és Guthke, 1995; Revákné, 2001), míg mások közepes vagy erős összefüggést igazoltak a két kognitív képesség között (Rigas, Carling és Brehmer 2002; Gonzalez, Thomas és Vanyukov, 2005; Wenke, Fresch és Funke, 2005; Wüstenberg, Greiff és Funke, 2011).
- c) A *szakértői problémamegoldás* tanulmányozása azokra az eltérésekre koncentrál, amelyek a szakértő és kezdő problémamegoldók megoldása között jelentkeznek (De Groot, 1965; Chase és Simon, 1973; Ericsson, Feltovich és Hoffman, 2006). Ezek a kutatások azt mutatják, hogy a szakértővé váláshoz legalább tíz év gyakorlat szükséges, azonban a területspecifikus problémák megoldásában szerzett rutin nehezen transferálható más területek problémáinak megoldására (Ericsson, Feltovich és Hoffman, 2006). Általános megállapítás az, hogy a szakértő problémamegoldó nem azért oldja meg sikeresebben a problémákat, mert jobb általános kognitív képességekkel rendelkezik, hanem mert több területspecifikus ismerettel és tapasztalattal bír. Ez azt támasztja alá, hogy jó problémamegoldóvá akkor válik valaki, ha azt minél többször gyakorolja.
- d) Az *analógiás gondolkodással* kapcsolatos kutatások és elméletek az 1980-as évek elejétől jelentek meg. Az érdeklődés középpontjába azok az eredmények kerültek, amelyek egyértelműen bizonyították, hogy a problémamegoldás nem követi mereven a logikai következtetési szabályokat, hanem erősen tartalomfüggő, tehát befolyásolják például a

múltbeli, hasonló fogalmi keretben való gondolkodási tapasztalatok, a probléma kontextusa vagy a probléma különböző bemutatási formái (Johnson-Laird, Legrenczi és Legrenczi, 1972; Holyoak és Koh, 1987; Ross, 1989). A problémamegoldásra vonatkozó elméletek többsége megegyezik az elvont szabályok vagy sémák szerepének fontosságát illetően, amelyeket a személyek a megoldási folyamat tapasztalataként sajátítanak el (Cheng és Holyoak, 1985). Az egyes elméletek között nagyfokú egyetértés van az analógiás gondolkodás, a problémamegoldás, az emlékezet, a transzfer és az indukció kölcsönhatását illetően (Holyoak és Thagard, 1989). Ez a kölcsönhatás az alapfolyamatokra vonatkozik: reprezentáció, előhívás, illesztés, adaptálás és következtetés (Keane, Ledgeway és Duff, 1994; Markman, 1997).

Az alapfolyamatok közül legtöbben és legtöbbit az illesztést tanulmányozták, de mindannyian egyetértenek abban, hogy mivel a forrásterületekről nem minden érvényes a célterületekre is, a cél- és forrásprobléma közötti természetes megfeleléseket intuitíve megőrző emberi gondolkodási folyamatok modellezésekor többszörös korlátokat vagy megszorításokat szükséges figyelembe venni. Ezek a megszorítások arra vonatkoznak, hogy az emberi kognitív rendszer a cél- és forrásprobléma információit milyen szempontok szerint szelektálja, dolgozza fel (Newell, 1990; Pléh, 1997). Az analógiás gondolkodás elméletei abban különböznek egymástól, hogy milyen szerepet tulajdonítanak a szemantikus, pragmatikus és strukturális korlátoknak az egyes alapfolyamatokban. A két legismertebb elmélet a szemantikus és a pragmatikus elvek mentén különíthető el. A *szemantikus megközelítés* lényegét Gentner (1989) fogalmazta meg, aki megkülönbözteti a két szituáció elemei közötti relációk és strukturák hasonlóságát a speciális, felszíni tulajdonságok hasonlóságától. A *pragmatikus megközelítés* ugyanakkor a kijelentések értelmezését emeli ki, azaz hogy a kijelentésekből levonható következtetések legtöbb esetben a közlési szándéktól és a befogadó ismereteitől függenek (Sperber és Wilson, 1981). Az analógiás gondolkodás kutatása terén a nyolcvanas évek óta sok kísérleti eredmény és modell is született (Keane, Ledgeway és Duff, 1994; Gentner és Holyoak 1997), amelyek lényegüket tekintve egyetértenek, azonban a szemantikus és pragmatikus modellek vonatkozásában további viták tárgyát képezik. Újabban olyan holisztikus törekvések is tapasztalhatók, amelyek az analógiás gondolkodás több részfolyamatának modellezését tűzték ki célul (Hummel és Holyoak, 1997). A legújabb

vizsgálatok egy része már az analógiás gondolkodás agyi feltérképezésével is foglalkozik, amelyek közös álláspontja, hogy annak színtere az agy dorsolaterális- prefrontális, illetve a baloldali prefrontális alsó kéreg területe (Holyoak és Hummel, 1998; Wharto és mtsai, 1998). Az *analógiatipikus alkalmazási területe a problémamegoldás*, amely a problémák megoldásában egy jól ismert séma szerint használható és gyakorolható. Az analógiás gondolkodás problémamegoldásban történő területspecifikus alkalmazását hazánkban Nagy Lászlóné (2000) vizsgálta.

A *matematikai és természettudományos problémamegoldásra* vonatkozó kutatások a tantárgyi tartalomhoz kötött problémamegoldásra koncentrálnak (Mayer, 2008). A kutatási eredmények azt mutatják, hogy a matematikai problémamegoldás fejlődése részben a matematikai (tények, fogalmak, definíciók, tételek), másrészt a problémamegoldásra vonatkozó ismeretektől (a megoldás folyamata, megoldási stratégiák) függ (Anderson és mtsai, 2001; Kilpatrick, Swafford és Findell, 2001; Mayer, 2008). A természettudományos problémamegoldás vizsgálatában nagy hangsúlyt fektettek a tanulók *előzetes tudásának* problémamegoldásban betöltött szerepére. Egy másik kutatási irány a *természettudományos tévképzetek* és a problémamegoldás közötti kapcsolat feltárása (Dunbar, 1993; Chinn és Malhotra, 2002). A *matematikai és természettudományos problémamegoldással foglalkozó tanulmányok egyaránt rámutatnak a tanulók területspecifikus ismereteinek meghatározó szerepére a problémamegoldás folyamatában*.

A problémamegoldás *neuropszichológiai hátterének* kutatása ma a megoldás közben lezajló agyi tevékenységekre koncentrálnak. Goel (2005) a következtetés agyi reprezentációjának vizsgálatakor kimutatta, hogy külön agyterületek felelősek a következtetés konkrét és absztrakt formáiért. A *munkamemória* kutatói egyrészt a munkamemória problémamegoldásban betöltött szerepét, másrészt a kognitív túlterhelés problémáit tanulmányozzák összekötve azt a tanításra és tanulásra vonatkozó módszertani kutatásokkal (Johnstone, Hogg és Ziane, 1993; Gathercole és mtsai, 2004; Brooks és Shell, 2006). A munkamemória a problémamegoldás lényeges háttértényezője, ezért egy későbbi fejezetben részletesen tárgyaljuk. A komplex problémamegoldás terminusát Dörner (1980) vezette be, és a problémamegoldás különös formájaként elkülönítette az egyszerű problémamegoldástól. Frensch és Funke (1995)-ben Dörner definícióját továbbfejlesztette, és a komplex problémamegoldást a kiinduló állapot, a cél ál-

lapot és a közöttük lévő akadályok dinamikusan változó rendszereként írta le, amelynek különböző dimenziói léteznek (lásd 1.2.1. fejezet).

A megoldási stratégiák vizsgálata az egyik legrégebbi kutatási területe a problémamegoldás kutatásának. Dewey (1910) óta különböző modellek születtek a megoldás folyamatának szemléltetésére. Ezek kezdetben lineárisnak, majd ciklikusnak képzelték el a problémamegoldás menetét. A folyamat modellek sorában meghatározó szerepe volt a Pólya György (1957) által leírt lineáris megoldási útnak, amelyet még ma is alapmodellnek tekintenek a matematikai és természettudományos problémamegoldás kutatói.

2.3. A probléma

Problémának nevezhető minden olyan helyzet, ahol a *cél elérésének útján a megvalósítás mikéntje számunkra ismeretlen* (Lénárd, 1984). Problémát jelent, ha a huzamosabb nélkülözés vagy averzív ingereltetés állapotában nem tudunk sikeres választ adni (Skinner, 1973). Értelmezhető a probléma úgy is, mint stimulus szituáció, amelyben nincs kész válasz (Davis, 1985). A problémaszituáció két alapvető összetevője: 1) az adott stimulus, eszközök, tudás, jártasság; 2) az elérendő cél, a megoldás (Mayer, 1979). A szituációban a megoldónak az ismert információkat számára új módon kell összekapcsolnia a megoldás elérése érdekében (Kantowsky, 1980).

A probléma fogalma gyakorlati szempontból nem más, mint a cél elérése egy akadályokkal teli úton (Johnson, 1972; Kahney, 1986; Fisher, 1999). A problémamegoldó kezdettől fogva több akadállyal találkozhat, ami alapján indokolt akadályokról beszélni, mint ahogy egy akadályon belül részakadályokról is (Gilhooly, 1988). A cél és az akadály felismerése teszi lehetővé a megfelelő döntések meghozatalát. A megoldó megfelelő kompetenciáinak hiányában a megoldási folyamat megszakad, ugyanakkor nem zárható ki annak véletlen megtalálása sem. Akadály adódhat akkor is, ha a megoldó képes a megoldásra, de a szituáció kezdeti kódolása nem aktivizálja a megfelelő ismereteket. Ekkor a probléma újraértékelése, a problémaszituáció vagy a cél reprezentációjának megváltoztatása segíthet. A probléma reprezentációja meghatározó (Newell és Simon, 1972; Hayes és Simon, 1976; Chi, Feltovich és Glaser, 1981; Dreyfus és Eisenberg, 1998; Mayer és Hegarty, 1998) a megoldás sikerét illetően.

A megoldás folyamatában a megoldó gyakran kerül szembe hasonló problémákkal, amelyeket különböző problématípusokba sorolhatunk (Anderson és Thompson, 1989; Ross és Kenedy, 1990; Novick és Holyoak, 1991; Mayer és Hegarty, 1998).

Gilhooly (1988) *ellenféllel rendelkező* és *ellenféllel nem rendelkező* problémáról beszél. Az előbbi egy gondolkodó ellenféllel történő viaskodás, míg az utóbbi egy olyan feladat megoldását jelenti, amelyen egy személy vagy csoport dolgozik, és amely a természet-tudományos problémák jellemzője a kutatásban és az oktatásban egyaránt.

Egy probléma lehet *szemantikusan gazdag* (jelentős ismeretanyaggal bíró) és *szemantikusan szegény* (kevés ismeretet igénylő) (Chi, Glaser és Rees, 1982). A természettudományos kutatás történetében folyamatosan bővültek a természettudományos fogalmak, összefüggések és törvényszerűségek, aminek következtében egyre több információ birtokába juthatunk. Ennek szükségszerű következménye a természettudományos problémák szemantikai gazdagsága. A természettudományok oktatásában ugyanakkor elsősorban a szemantikusan szegény problémák vannak jelen, amelyek megoldása egy kutatási problémához képest kevés információt igényel.

Mayer és Wittrock(2006) valamint Reitman (1965) a problémák *jól definiált* és *rosszul definiált* típusát különítik el. Az első esetben a probléma megfogalmazása tartalmazza a megoldáshoz szükséges lényeges információkat, a megoldás keresése egyértelmű, mint ahogy a megoldás ellenőrzése is. Ilyen megközelítésben a természettudományok oktatásában alkalmazott problémák és azok megoldása jól definiáltak tekinthető. Fredericksen (1984) hasonló felosztása a megoldás során alkalmazott algoritmusok funkciója alapján történik. A *jól definiált* problémák ily módon ismert algoritmusok segítségével oldhatók meg, és adott kritériumok léteznek a megoldás helyes voltának eldöntésére is. A legtöbb gyakorlásra használt iskolai feladatunk ilyen jellegű. A problémák további csoportosítása szerint létezik az *adott* probléma, amikor a cél és a stratégiák is adottak illetve a *cél* probléma, ahol csak a cél meghatározott (Bentley és Watts, 1989). A természettudományos kutatási problémák többsége cél jellegű, míg az iskolában alkalmazott feladatok az algoritmusra épülő, adott problémák sokaságát tárják tanulóink elé.

Greeno (1978) három problématípusról tesz említést: 1) A *következtetési problémák* esetében adott problémák sokaságából kell felismerni egy formát, egy szabályt, amely ily módon az induktív ismeretszerzési fo-

lyamat szerves részét képezi. 2) A *transzformációs problémáknál* csak a kiinduló állapot adott, ahol a feladat a műveletek azon sokaságának megadása, amely a célállapot elérését biztosítja. 3) A probléma részleteinek rendezésével a *rendezéses problémák* oldhatók meg.

A természettudományos problémák osztályozásakor indokolt a probléma *induktív* és *deduktív* következtető jellegéről beszélni. Az előbbi megfelelő számú információ birtokában, logikus eljárásokat alkalmazva jut el a konklúzióig, míg az utóbbi kevesebb rendelkezésre álló adat alapján bizonyít egy szabályt, törvényszerűséget. A természettudományos kutatásban a két problémátípus gyakran egységben jelenik meg úgy, ahogy az iskolai természettudományos problémamegoldás során is. Ez a felosztás analógja Pólya (1979) elgondolásának, miszerint a *meghatározó problémák* a probléma ismeretszintjének a meghatározását, míg a *bizonyító problémák* az állítás bizonyítását, vagy annak cáfolatát célozzák meg.

Borasi (1986) az oktatási vonatkozású problémák további típusait különítette el: gyakorlat, szöveges feladat, puzzle feladat, sejtés bizonyítása, valós probléma, problémás szituáció és szituáció. Ezek közül bármelyik jelen lehet a természettudományok oktatásában, bár prioritása a gyakorlatnak és szöveges feladatnak van.

Fentiek alapján *a kisiskolások problémamegoldó folyamatának fejlesztésére olyan problémafeladatokat érdemes alkalmazni, amelyek nem nehezítik meg a megoldást újabb, számukra addig ismeretlen információk keresésével. Ugyanakkor arra is figyelni kell, hogy a probléma autentikus legyen, azaz kapcsolódjon a mindennapi életükhöz. A kisiskolások megoldandó természettudományos problémái életkorukból adódóan legyenek szemantikusan szegény, ugyanakkor először jól- majd fokozatosan rosszul definiált, ellenféllel nem rendelkező, transzformációs és valós problémák.*

2.4. A problémamegoldás folyamata

A problémamegoldás folyamata azoknak az egymás után következő stratégiai lépéseknek a sorozata, amelyek révén a kiindulási állapotból a cél állapotba jutunk. A folyamat leírására az 1900-as évek elejétől különböző modellek születtek, amelyeket Lénárd (1978/1984) és Rowe (1985) rendszerezett (2.1. táblázat).

| <i>A modell leírója</i> | <i>A modellezett folyamat lépései</i> | <i>A modell típusa a folyamat iránya szerint</i> |
|-------------------------|--|--|
| Dewey (1910) | Nehézség érzése Lokalizáció és definíció Lehetséges megoldások Okfejtés Elfogadás vagy elvetés | Lineáris |
| Wallas (1926) | Előkészítés Lappangás Megvilágosodás Igazolás | Lineáris |
| Rossmann (1931) | Nehézség megfigyelése Analízis Információk áttekintése Megoldási javaslatok Ötlet Ellenőrzés, tökéletesítés korábbi lépések megismétlésével | Ciklikus |
| Young (1940) | Anyagfelhalmozás Az anyag asszimilációja Lappangás Ötlet Hasznosságra fejlesztés | Lineáris |
| Hutchinson (1949) | Előkészület Frustráció Belátás Felülvizsgálás | Lineáris |
| Vinacke (1952) | Találkozás a problémával Megoldásra irányuló munka (értelmi vagy szimbolikus folyamat, manipuláció, verbalizáció) | Lineáris |
| De Groot (1956) | Tájékozódás Felderítés Irányított vizsgálat Bizonyítás | Lineáris |

| | | |
|------------------------|--|----------|
| Pólya (1957) | <p>A probléma felismerése, megértése</p> <p>A probléma megfogalmazása, tervkészítés</p> <p>Terv végrehajtása</p> <p>Megoldás vizsgálata</p> | Ciklikus |
| Osborne (1963) | <p>A probléma mozzanatainak, fázisainak kigondolása.</p> <p>Megfelelő részproblémák kiválasztása.</p> <p>Segítő adatok keresése.</p> <p>Legmegfelelőbb adatforrások megválasztása.</p> <p>Lehetséges ötletek kigondolása</p> <p>Legmegfelelőbb ötletek kiválasztása.</p> <p>Lehetséges ellenőrző módok kigondolása.</p> <p>Legmegbízhatóbb ellenőrző mód megválasztása.</p> <p>Valószínű lehetőségek elképzelése.</p> <p>Végleges válasz</p> | Lineáris |
| Newell és Simon (1972) | <p>Bemenet: a probléma elolvasása és kódolása a munkamemóriában</p> <p>Belső reprezentáció: algoritmusok és heurisztikus módszerek keresése a hosszú távú memóriában.</p> <p>Végrehajtás és figyelés: A kiválasztott algoritmus és heurisztikus módszer végrehajtása. A probléma állapota és a végcél összehasonlítása, ellenőrzés.</p> <p>Újrafogalmazás: a probléma állapota és a végcél ellentmondása esetén a probléma újrafogalmazása, a folyamat újra futtatása.</p> | Ciklikus |

| | | |
|-----------------------|---|----------|
| Sternberg (1980) | Kódolás. Következtetés. Elrendezés, (fel)térképezés. Alkalmazás. Ellenőrzés. Válasz. | Ciklikus |
| Lénárd (1978/1984) | Ténymegállapítás. A probléma módosítása. Megoldási javaslat. Kritika. Mellékes mozzanatok említése. Csodálkozás, tetszés. Bosszankodás. Kétkedés. A munka feladása. | Ciklikus |

2.1. táblázat

*A problémamegoldás folyamatára vonatkozó modellek
(Lénárd, 1978/1984; Rowe, 1985)*

A 2.1. táblázatban szereplő modellek egy része a problémamegoldást visszacsatolások nélküli *lineáris* folyamatként képzelte el. Rossman (1931) tesz elsőként említést arról, hogy amennyiben a megoldás eredménye el-
lentmondásban van a megoldandó problémával, úgy a folyamat egyes lépéseit újra kell gondolni és megkeresni azt a fázist, ami az ellentmondás forrása. Így a folyamat visszacsatolásokat tartalmaz annak előző lépéseihez, azaz *ciklikussá* válik. Rossman (1931) elgondolása sokáig nem talált kellő visszhangra a kutatók körében.

A problémamegoldás folyamatára vonatkozó modellek sorában *mér-földkőnek* tekinthető Pólya György (1957) *ciklikus modellje* (2. 1. táblázat), amely még ma is gyakori idézettséggel rendelkezik a problémamegoldással foglalkozó tanulmányokban. A modell az első azoknak a *kognitív modelleknek* a sorában, amely a problémamegoldást kognitív lépések sorozataként értelmezi (2.1. táblázat). Pólya (1957) Rossmanhoz (1931) hasonlóan a problémamegoldást már nem egy egyszeri, egyirányú folyamatként képzelte el. Modelljében az utolsó lépés, a *megoldás vizsgálata* (a megoldás ellenőrzése, új, lehetséges megoldási alternatívák keresése, a

probléma esetleges újrafogalmazása) a folyamat előző lépéseihez történő visszacsatolást is magában foglalja. Elméletével áttörést hozott a problémamegoldás folyamatának klasszikus értelmezésében.

A megoldás folyamatának leírásában egy újabb jelentős állomás volt Newell és Simon (1972) *információfeldolgozó modellje*, amely Általános Problémamegoldó Modell néven vált ismertté (2.1. táblázat). Ez a modell a problémamegoldást a megoldáshoz vezető heurisztikus módszerek és szabályok alkalmazásaként írja le, amelyben lényeges szerepet tulajdonítanak a munkamemóriakódolási folyamatainak. Elméletük lendületet adott azoknak a kutatásoknak, amelyek a munkamemória és a problémamegoldás kölcsönhatásait valamint a problémamegoldás mentális hátterét vizsgálták.

A megoldási folyamatok sorában egy harmadik új irányt adó elképzelés Lénárd Ferenc (1978/1984) modellje volt (2.1. táblázat). Lénárd (1978) értelmezése szerint a problémamegoldás folyamatában két alapvető faktor játszik szerepet: a) a feladat objektív adatai; és b) a gondolkodó ember szubjektív tényezői: korábbi tapasztalatok, motívumok és érzelmi mozzanatok (Balogh, 1998). Ez a modell egyike azoknak, amelyek a problémamegoldást már a feladat és megoldója közötti interakcióként képzelel el, megalapozva ezzel a későbbi *komplex problémamegoldás* fogalmát.

Az 1980 utáni modellek szerkezetében is ez a három meghatározó elemélet (Pólya, Newell és Simon, Lénárd modelljei) volt megfigyelhető.

A *Pólya-féle modellt* követő folyamatstruktúrák az általa leírt négy fő stratégiai lépést vagy *reduktív* vagy *kibővített* formában tartalmazzák.

A reduktív modellek között Reif és Larkin (1993) illetve Gick és Holyoak (1980) modelljének értelmezésére térünk ki. Az első bemutatására azért kerül sor, mert bár reduktívan közli a Pólya-féle folyamatleírást, mégis előremutat a kognitív modellek sorában, és a folyamat *metakognitív jellegét* hangsúlyozza. A második olyan redukciókat hajt végre, amellyel egy, a *kisiskolások kognitív fejlettségének megfelelő*, jól megfigyelhető *struktúrát* hoz létre.

1) Reif és Larkin (1993) szerint a problémamegoldás a *megoldáshoz szükséges ismeretek* és a *megoldási stratégiák dimenzióiból* áll. Az *ismeretek dimenziója* hierarchikusan szerveződik, amely a megoldáshoz szükséges fogalmakat és szabályokat illetve a stratégiai elemek ismeretét tartalmazza. A *megoldási stratégiákdimenziója* a modell procedurális eleme,

amely szintén hierarchikus felépítésű és három *aldimenzióból* áll. Az első, a *probléma leírása*, az adott problémára vonatkozó információk összegyűjtését (beleértve a megoldás célját), a célok és a probléma releváns információk felhasználásával történő újrafogalmazását jelenti. A megoldási stratégiák második aldimenziójában, a *megoldás konstrukciója* során történik a probléma részproblémákra bontása, az alternatív megoldási utak kiválasztása és újragondolása, továbbá a megoldáshoz szükséges releváns információk alkalmazása. A harmadik aldimenzió a *megoldás értékelése*, amely a következtetéseket, a hibák megtalálását és korrekcióját foglalja magában (2.2. táblázat).

| <i>A Reif és Larkin modell dimenziói</i> | <i>A Reif és Larkin modell aldimenziói</i> | <i>A Reif és Larkin modell aldimenzióinak jelentése</i> | <i>A Pólya-féle modell dimenziói</i> | <i>A Pólya-féle modell dimenzióinak jelentése</i> |
|--|--|---|--|---|
| Ismeretek | Fogalmak és szabályok. | A megoldáshoz szükséges előzetes tudás. | A probléma felismerése, megértése. | A probléma megértése, a megfelelő ismeretek előhívása. |
| | Stratégiai ismeretek | A megoldáshoz szükséges procedurális elemek ismerete. | | |
| Megoldási stratégiák | A probléma leírása. | A problémára vonatkozó információk összegyűjtése, a probléma újrafogalmazása. | A probléma megfogalmazása, tervkészítés. | A releváns információk kiválasztása, rendezése, kritikus értékelése, a probléma reprezentációja rajzban, ábra vagy grafikon formájában. |

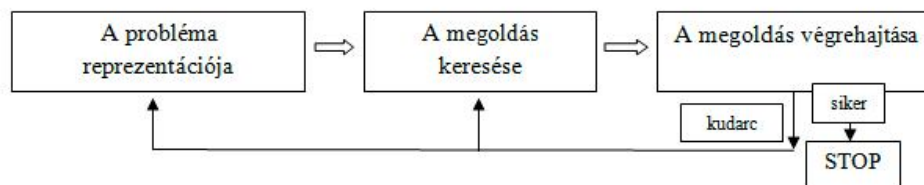
| | | | | |
|--|---------------------------|--|----------------------|--|
| | A megoldás konstrukciója. | A probléma részproblémákra bontása, a releváns információk alkalmazása, végrehajtás. | Terv végrehajtása. | A megoldáshoz szükséges procedurális tudás és annak használata, korábbi, hasonló szituációk tapasztalatainak felhasználása, új változók készítése, kombinálása, technikai eszközök használata. |
| | A megoldás értékelése. | Következtetés, a hibák keresése és korrekciója. | Megoldás vizsgálata. | A megoldás ellenőrzése, más megoldási lehetőségek keresése, az eredmény más probléma megoldására történő felhasználásának átgondolása. |

2.2. táblázat

A Reif és Larkin (1993) valamint a Pólya-féle (1957) modellek összehasonlítása

A 2.2. táblázat értelmezése szerint Pólya György (1957) a problémamegoldás folyamatát négy fő stratégiai lépésben foglalta össze, míg Reif és Larkin (1993) mindezt két alapvető fázisba sűrítette. Reif és Larkin modelljében formailag élesen elkülönül a problémamegoldás folyamatára vonatkozó deklaratív (ismeretek) és procedurális (megoldási stratégiák) tudás. Ugyanakkor Pólya (1957) a fő stratégiai lépések leírásakor elsősorban a folyamatra koncentrált és a részletek leírásakor a deklaratív tudást egységben kezeli a procedurális tudás alkalmazásával. Így Reif és Larkin

modellje hangsúlyosabban kiemeli a problémamegoldás metakognitív sajátosságait. A két *kognitív modell* hasonló abban, hogy a megoldás mindig a probléma felismerésével, megértésével és reprezentációjával kezdődik, amelyet a tervekészítés és annak végrehajtása, majd a megoldás ellenőrzése és értékelése követ. A folyamat során végig lényeges tényező a megoldáshoz szükséges előzetes ismeretek *felidézése* és alkalmazása.



2.1. ábra

A problémamegoldás folyamatának Gick és Holyoak-féle (1980) redukív modellje

A folyamat első dimenziója *a megoldás céljának* és *a probléma kiinduló állapotának megfogalmazását* tartalmazza. Ez a Pólya-féle (1957) modell első és a második, a probléma megfogalmazására vonatkozó elemét foglalja magában. A második dimenzió a *tervekészítést* (Pólya második dimenziójának másik eleme), míg a harmadik a *tervvégrehajtását* és a *megoldás ellenőrzését* jelenti (Pólya harmadik és negyedik dimenziója). Ez a modell kiemelten kezeli a megoldás tervezését, amelynek kulcsfontosságú szerepet tulajdonít a megoldás sikerét illetően. A Pólya György (1957) elméletére épülő redukív modellek között azért hangsúlyos Gick és Holyoak (1980) folyamat leírása, mert a kisiskolások értelmi fejlettségével összhangban csak azokat az elemeket és tevékenységeket fogalmazza meg, amelyek ebben az életkorban feltételezhetően már megfigyelhetők. *Így ez a modell vizsgálatunk kiindulópontja.*

A kibővített kognitív modellek közül Crebert és munkatársai (2004) modelljét emeljük ki, mert ahhoz a szerzők a folyamat többszemponútú értékelését is elkészítették. Ez az értékelés (amit a vizsgálatunkban mi is alkalmaztunk) a tanulókat a megoldás során észlelt problémamegoldó kompetenciák alapján különböző fejlettségi szintekbe sorolta (lásd később). A Crebert és munkatársai (2004) által vázolt modell folyamatában megegyezik Pólya György (1957) modelljével, de a dimenziók egyes tevé-

kenységeit fő fázisként kezeli. Így a Pólya-féle négy helyett hét lépést fogalmaz meg (2.3. táblázat). A modell érdekessége, hogy a problémamegoldást egy olyan tudatos folyamatnak képzei el, amelynek során a megoldó végig nyomon tudja követni tevékenységét és azt szabályozni is képes. Így ez a modell is egy *metakognitív elemekkel bővített* folyamat leírás.

| <i>A megoldás folyamatának lépései</i> | <i>A megoldás folyamatának lépéseinek jelentése</i> |
|--|---|
| A probléma azonosítása. | Adott probléma észlelése, megértése. |
| A probléma reprezentációja. | A kulcsszavak és fogalmak megfogalmazása, a probléma újrafogalmazása. |
| A problémához tartozó információk gyűjtése, rendezése és értékelése. | A releváns információk kiválasztása, osztályozása és kategorizálása. |
| A megoldási stratégiák konstruálása és kiválasztása. | Hasonló problémák megoldásában szerzett tapasztalatok gyűjtése. értékelése és kombinációja. |
| A megoldáshoz szükséges egyéb források számbavétele, tervezése. | Tervezés, a megoldáshoz szükséges idő, tárgyi és személyi feltételek mérlegelése. |
| A folyamat monitorozása. | A folyamat részleteinek nyomonkövetése, rögzítése, annak értelmezése. |
| A végső megoldás értékelése. | Többszemponútú értékelés (hasznosság, menedzsment, kutató, felhasználó szemszögéből). |

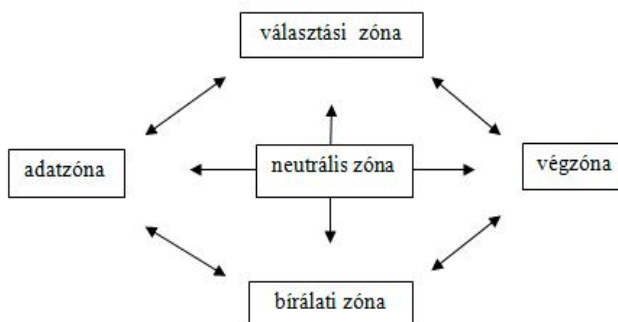
2.3. táblázat

Crebert és munkatársai (2004) folyamat modellje

Az *információfeldolgozó modelleket* Newell és Simon (1972) elmélete alapján általános problémamegoldó modell titulussal illetik. Erre példa Bransford és Stein (1984) IDEAL modellje, amelynek neve az egyes lépések kezdőbetűinek rövidítése: 1) A probléma azonosítása (**I**dentify); 2) A releváns információk kiválasztása, a probléma definiálása (**D**efine); 3) Megoldási alternatívák keresése (**E**xplore); 4) A stratégiák végrehajtása (**A**ct); 5) Értékelés, visszacsatolás (**L**ook back and evaluate).

Ez a modell tartalmában hasonló a Pólya-féle (1957) modellhez, azonban a megoldás folyamatában Newell és Simon (1972) információfeldolgozó modelljéhez hasonlóan a *heurisztikus módszereknek* tulajdonít jelentős szerepet.

A heurisztikus problémamegoldás egy modern változata Albrecht (2003) *mentális folyamat modellje*. Albrecht (2003) szerint a megoldás közben különböző mentális folyamatok (állapotok) játszódnak le a megoldóban. A megoldást kísérő mentális folyamatok összességét ezért mentális, vagy gondolati zónának (mindzone) nevezte el. A mentális zóna öt egymással összefüggő területből áll: 1) A *neutrális zóna* (the neutral zone) egy olyan diszpécser központ, ahol a megoldó gondolatai találkoznak, és ahova ismételten visszatér a megoldási folyamat monitorozása céljából; 2) Az *adat zóna* (the data zone) a megoldáshoz szükséges tények, fogalmak, igazságok, következtetések, hipotézisek, spekulációk, vélemények helye; 3) A *választási zónában* (the o zone) az ötletek és gondolatok mérlegelése, kiválasztása, a külső vélemények összegyűjtése történik. Ez a terület a divergens gondolkodás területe; 4) A *bírálati zóna* (the judgement zone) felelős a kritikus értékelésért, a vélemények és gondolatok értékelő elemzéséért, ami ezt a területet a konvergens gondolkodás zónájává teszi; 5) A *végzóna* (the end zone) a megoldás értékelésének zónája, ahol azt elemezzük, mit, hogyan, kivel és kinek hajtottunk végre (2.2. ábra).



2.2. ábra

Albrecht (2003) mentális folyamat modellje

Ez a modell a heurisztikus modellek folyamat elemeit egy mentális térben helyezi el, ami maga után vonja az azok agyi reprezentációjának leírására vonatkozó igényt. Ez a modell átmenet a problémamegoldás agyi folyamatainak feltérképezéséhez és a neuropszichológiai vizsgálatokhoz.

Mára világossá vált, hogy a problémamegoldást nem lehet elszigetelten csupán kognitív oldalról vizsgálni, mivel annak folyamata más külső és belső tényezők által is befolyásolt. Ezt ismerte fel Lénárd Ferenc (1978/1984), amikor a megoldás folyamatában a megoldó szubjektív jegyeinek is jelentőséget tulajdonított. Az ő modellje előfutára volt a későbbi és ma is elfogadott *komplex problémamegoldó modelleknek*.

Frensch és Funke (1995) a problémamegoldást egy olyan folyamatnak írta le, amelyben a megoldó és a megoldás egymással interakcióban áll, beleértve a probléma megoldója (területspecifikus és általános tudás, információfeldolgozó stratégiák, értékelés, nyomonkövetés, motiváció, kitartás, szorongás, stb.), a feladat (új, jól vagy rosszul definiált, intranszparens stb.) és a környezet (források, zavar, visszacsatolás, stb.) sajátosságainak kölcsönhatását. Olyan integrált modellnek tekinthető, amely magában foglalja a korábbi kognitív és információfeldolgozó modellek elemeit, kiegészítve azt a megoldó affektív, morális és emocionális tényezőivel. Ma már nem lehet a problémamegoldást annak komplex jellegétől eltekintve vizsgálni. Ezért vettük figyelembe mi is a fejlesztést szolgáló didaktikai program tervezésekor és értékelésekor a tanulók motivációs, emocionális, kulturális és szociális jellemzőit is.

A legújabb kutatásokban már a problémamegoldás tanulásával és megértésével összefüggő sajátos stratégiák jelennek meg:

- 1) A *logikus problémamegoldási stratégiát* elsősorban a természettudományok tanulásában alkalmazzák. Ennek a stratégiának a lépései hasonlóak a Pólya-féle (1957) modellhez (koncentrálás a problémára, a probléma természettudományos eszközökkel történő leírása, tervezés és végrehajtás, értékelés és válasz), amelyeket természettudományos tartalmak és módszerek segítségével sajátítanak el a tanulók (Heller és Heller, 1995).
- 2) A *számítógéppel segített problémamegoldási* stratégia egyszerű sémával rendelkezik: felkészülés – munka – ellenőrzés. Ezt a stratégiát leírói, Bolton és Ross (1997) olyan egyetemi hallgatók körében alkalmazták, akiknek a távolság miatt nem kellett bejárnia konzultációkra,

így a tananyag tanulása és az arra történő reflexiók is a számítógép segítségével történtek.

- 3) Egyre több publikáció jelenik meg a *kreatív problémamegoldás* témakörében is (Johnstone és Otis, 2006; Abu Jao és Nwafli, 2007; Walsh és mtsai, 2007; Cooper és mtsai, 2008; Bennett, 2008). Ez a stratégiai modell lépéseit tekintve hasonló a már itt leírt kognitív modellekhez, azonban a megoldás folyamatának minden részletében a kreatív gondolkodás elsődlegességét hangsúlyozza.

A megoldási stratégiák és folyamatok vizsgálata a problémamegoldás kutatásának egyik legrégebb és legvitatottabb területe. Ezt bizonyítják a folyamat leírására szolgáló modellek, amelyek között ugyan sok a hasonlóság, de az eltérés is. Ezek a különbségek legtöbbször abból adódnak, hogy még mindig nincs olyan kiforrott módszer, amelynek segítségével a megoldó gondolkodási folyamata pontosan nyomon követhető, és választai egyértelműen értékelhetők. A vizsgálati módszerek hiányosságaiból adódó bizonytalanságok leküzdésére kitörési pontot jelenthet a számítógépek segítségével történő problémamegoldás és azok vizsgálata, továbbá a problémamegoldás agyi folyamatainak feltérképezése.

Összességében levonható az a következtetés, hogy a kisiskolások értelmi fejlettségi szintjének megfelelő problémamegoldás folyamatát legkorrektebb módon a Pólya György (1957) elméletére épülő Gick és Holyoak (1980) háromlépcsős redukív modell írja le. Nem feledkezhetünk meg azonban arról sem, hogy a problémamegoldás egy komplex folyamat, ahol a megoldó motivációs, emocionális és szociális jellemzőit és a megoldás kontextusát is figyelembe kell venni. Ez utóbbi tényezőkre mindig kifejezett hangsúlyt kell fektetni, amikor a problémamegoldás fejlesztésére vállalkozunk.

2.5. Problémamegoldás és metakogníció

Az angol nyelvű szakirodalom egyik értelmezése szerint a metakogníció a *kognícióra vonatkozó kogníció* (cognition about cognition) (Csíkos, 2007). Ez a meghatározás elsősorban azokra a gondolkodási képességekre vonatkozik, amelyek révén ismereteket szerzünk, és azokat alkalmazzuk. Egy másik definíció szerint a metakogníció a *tudásra vonatkozó tudást* (knowledge about knowledge) jelenti (Csíkos, 2007). Utóbbi meghatározás a megismerési folyamatot már tágabban értelmezi, magában foglalva

a meglévő ismereteinkre és az azok megszerzéséhez szükséges kognitív képességeinkre illetve működésére vonatkozó tudást is. A jelenlegi kutatások és a pedagógiai, pszichológiai szakirodalom is ezt a definíciót tekinti elfogadhatóbbnak.

Brown (1987) a fenti két meghatározás ötvözeteként a metakogníciót a saját kognitív rendszerünkről alkotott tudásnak és az arra vonatkozó szabályozásnak tekinti (knowledge and regulation of one's own cognitive system). Schraw (2001) a metakogníciót a gondolkodásunkra és cselekedeteinkre vonatkozó reflektálásként értelmezi (capacity to reflect of one's own cognitive system), amely a tudásra vonatkozó ismereteket és azok kontrollját szintén magában foglalja.

Az itt említetteken túl a ma elfogadott definíciók értelmében a metakogníció olyan tudatos kognitív tevékenységet jelent, amely által tudomást szerezhethetünk saját megismerési folyamatainkról, gondolkodásunkról, azokat képesek vagyunk tervezni, nyomon követni, ellenőrizni és szabályozni.

A természettudományos tudás összetevőit tekintve a metakogníció elemeiként értelmezhetők a tanulás, az emlékezet, a gondolkodás, a döntési képesség és nem utolsósorban a problémamegoldás sajátosságai is. A metakogníció fejlesztésével az iskolában azért kell foglalkozni, mert ezáltal a tanulóknál stabilabbá válnak azok a kognitív sémák, amelyek hatékonyabb gondolkodóvá és problémamegoldóvá teszik őket.

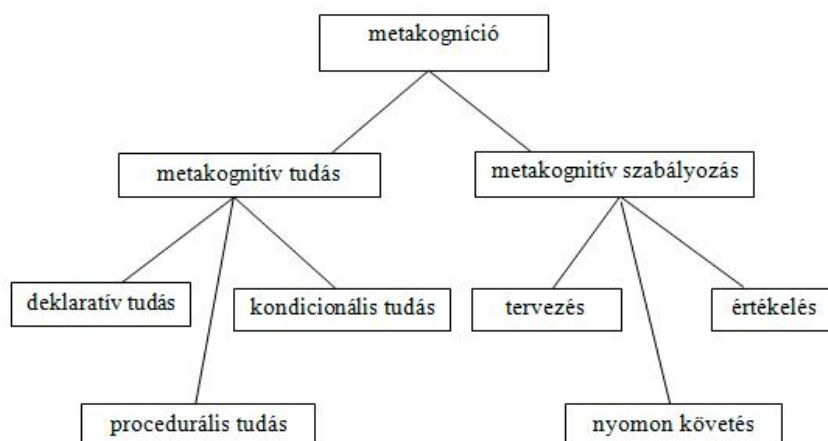
A metakogníció mint mentális tevékenység egy összetett rendszer, amelynek elemei egymással összefüggésben egy szabályozott egységet alkotnak. Flawell (1987) a metakogníció két alapvető összetevőjét határozza meg: 1) *metakognitív tudás*, 2) *metakognitív tapasztalat*. A *metakognitív tudást* további három részre osztja: 1) Személyi változók: arra vonatkozó képesség, hogy ismerjük és tisztában vagyunk saját magunk és mások képességeivel, ismerjük gondolkodásunk mikéntjét; 2) Feladatváltozók: a feladatok nehézségének értelmezését jelenti; 3) Stratégiaváltozók: azok a változók, amelyekkel elérünk egy kognitív célt (kognitív stratégia), például megoldunk egy problémát illetve amelyek segítségével megállapítjuk, hogy a problémát megoldottuk (metakognitív stratégia), a kognitív célt elértük. Ez utóbbi olyan magasabb szintű szabályozó folyamat, amely a kognitív stratégiával negatív visszacsatolásban áll.

A *metakognitív tapasztalat* olyan tudatos jelenség, amely egy intellektuális élményt kísér. Ilyen tapasztalat az, amikor például észrevesszük,

hogy értjük azt, amit nekünk mondanak. Más kutatók a metakognitív tapasztalatot *metakognitív kontrollként* nevesítik, amelyet a meglévő tudásunk működésének szabályozási és kontroll folyamataként értelmeznek (Nelson és Narens, 1990; Otani és Widner, 2005; Sungur, 2007).

Kluwe (1987) a Flavell (1987) által meghatározott két kategóriát a pszichológiában már ismert két fogalom mentén definiálta. A metakognitív tudást *deklaratív tudásként*, míg a metakognitív tapasztalatot *procedurális metatudásként* értelmezte. Kluwe (1987) szerint a deklaratív metatudás a saját képességeink, kognitív tevékenységünk ismeretét és az arra vonatkozó meggyőződést, míg a *procedurális metatudás* a kognitív folyamatok kontrollját (tervezés, nyomon követés, ellenőrzés) jelenti.

Schraw (2001) *metakogníció modelljében* ötvözte Flavell és Kluwe elméletét. A *metakognitív tudásnak* alárendelte a Flavell (1987) által leírt *deklaratív* (tudni, hogy mit) és *procedurális tudást* (tudni, hogy hogyan), amelyekhez horizontálisan hozzárendelte a *kondicionális tudást* (tudni, hogy miért és mikor). A Flavell (1987) által metakognitív tapasztalatként meghatározott összetevőt *metakognitív szabályozásnak* nevezte és ebbe az összetevőbe illesztette be a tervezés, nyomonkövetés és értékelés dimenziókat (2.3. ábra).



2.3. ábra

A metakogníció összetevői (Schraw, 2001)

Cooper és Urena, (2009) szerint a metakognitív szabályozás képessége meghatározó szerepet tölt be a problémamegoldás folyamatában, mivel a tervezés, nyomonkövetés és értékelés képességének szintjétől nagy mértékben függ az, hogy mennyire hatékony a problémamegoldás.

A metakogníció problémamegoldásban betöltött szerepére vonatkozó vizsgálatok arról számolnak be, hogy a metakogníció szintje jó előrejelzője a tanulók problémamegoldásban nyújtott teljesítményének (Lester, 1994; Desoete, Roeyers és Buysse, 2001; Veenman, 2005).

Anderson és Nashon (2006) a csoportban végzett problémamegoldás hatását tanulmányozta a fogalmi struktúrák változásaira középiskolás tanulók körében. A vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy a problémamegoldás során a magasabb metakogníciós szinttel rendelkező tanulók fogalmi struktúrái rugalmasabbak voltak, annak elemei könnyebben és gyorsabban szerveződtek át. A problémamegoldás útján történő ismeretszerzés náluk hatékonyabb volt, hamarabb érték el a szakértői tudásra jellemző fogalmi struktúrát. A metakogníció és problémamegoldás közötti erős korrelációról számolt be Kapa (2007) egy metakognitív tréning után. Vizsgálata során azt tanulmányozta, milyen hatással van a metakognitív tudás fejlődése a közeli- és távoli transzfer problémákból kiinduló megoldásban nyújtott teljesítményre. Az eredmények azt mutatták, hogy magasabb szintű metakognitív fejlettség birtokában a mindkét problémátípusból kiinduló megoldás sikeresebb.

Goos, Galbraith és Reenshaw (2000) szerint a metakogníció és problémamegoldás fő kapcsolódási pontjai a probléma megértéséhez és reprezentációjához szükséges *releváns információk* gyűjtése, szelektálása és *rendezése* a megoldás *tudatos tervezése*, valamint a *megoldási folyamat egyes lépéseinek tudatos nyomonkövetése*. Artz és Armour (1992) kimutatta, hogy a tanulók problémamegoldásban nyújtott sikertelenségének egyik oka az, hogy nem tudják monitorozni a megoldás közben mentális folyamataikat, nem ismerik a problémamegoldás egyes lépéseit. Ezért a problémamegoldás folyamatát *explicit módon* kell tanítani, ami különösen igaz a természettudományos problémamegoldásra, ahol például egy kísérlet elvégzésének sikere vagy sikertelensége gyakran azon múlik, hogy ismeri-e a tanuló a problémamegoldás logikai menetével analóg kísérletezés egyes lépéseit és azok egymáshoz való viszonyát.

Az itt bemutatott kutatási eredmények mind azt igazolják, hogy a problémamegoldás sikerességét befolyásolja az is, hogy a tanuló mennyi-

re tudatosan végzi feladatát a megoldás során, tisztában van-e azzal, hogy éppen mit, miért és hogyan csinál. Nyomon tudja-e követni a megoldás folyamatát? Ezért a tudatosságot fejlesztő implicit és explicit módszereknek egyaránt létjogosultsága van a tanítási órákon, amire az általunk alkalmazott didaktikai programban is láthatunk példát.

2.6. Munkamemória és problémamegoldás

A korábbi fejezetekben említést tettünk arról, hogy a problémamegoldás során lejátszódó mentális folyamatok megértése további neuropszichológiai kutatásokat generálhat. Ezek a kutatások azért is fontosak, mert eredményeik birtokában közelebb jutunk a tanulók eltérő problémamegoldó képességének megértéséhez és a fejlesztést szolgáló módszerek tudatosabb alkalmazásához.

A neuropszichológiai kutatások problémamegoldás szempontjából lényeges területei közé tartoznak a munkamemóriával kapcsolatos vizsgálatok, amelyeknek eddigi eredményeit Portoles és Lopez (2009) összefoglaló tanulmánya alapján ismertetjük. A két szerző kitér: 1) A munkamemória fogalmára és modelljeinek értelmezésére; 2) A problémamegoldásban nyújtott teljesítmény és a munkamemória kapacitásának összefüggéseire; 3) Továbbá olyan módszertani kérdésekre, amelyek a munkamemória túlterhelésének csökkentésével járulnak hozzá a hatékonyabb problémamegoldáshoz.

1) A *munkamemóriára vonatkozó fogalmak és modellek* között az egyik legismertebb és leggyakrabban idézett modell Baddeley (1995) munkamemória modellje. Az ő definíciója szerint a munkamemória olyan memória típus, amelynek feladata az információk átmeneti tárolása, és az azokkal történő manipuláció a kognitív folyamatok során. Baddeley (2002) szerint a munkamemória *fonológiai, téri-vizuális, epizódikus és központi végrehajtóegységekből* áll. A fonológiai egység felelős az akusztikus és verbális információk átmeneti tárolásáért és az azokkal történő manipulációkért. A téri-vizuális területeken a formákra, térbeli lokalizációkra és mozgásokra vonatkozó információk átmeneti tárolása és operacionalizálása történik. Az epizódikus terület a munkamemóriából és a hosszú távú memóriából összegyűjtött információk érintkezési területe, míg a központi végrehajtó egység a figyelem fenntartását és a három másik terület tevékenységét koordinálja. Baddeley (2002) fonológiai és téri-

vizuális egység működésére vonatkozó elgondolása széleskörű támogatásra talált a munkamemóriával foglalkozó kutatások körében (Barnard, 1999; Oberauer és mtsai, 2000). Brooks és Shell (2006) munkamemória modelljében már arra is találunk utalást, hogy a munkamemória kapacitása (adott idő alatt mennyi információegységet képes befogadni és működtetni) limitált és annak befogadó képessége erős összefüggést mutat a problémamegoldásban nyújtott teljesítménnyel.

2) A munkamemória kapacitása fontos szerepet játszik a problémamegoldásban (Welsh és mtsai, 1999). Alapvető összefüggést mutat olyan kognitív szabályozókkal és változókkal, amelyek előjelzői lehetnek a tudományos teljesítménynek. Így az: a) Az *M-operátor* (*M-operator*) és az *M-tér* (*M-space*) (*mentális kapacitás*) felelős a tanulók folyamat- és információs kapacitásának életkorral történő növekedéséért (Pascual-Leone és Goodman, 1979); b) Pascual-Leone (1989) nevéhez fűződik a *területfaktor* (*field factor*) (terület függőség és terület függetlenség) bevezetése, amely a *beágyazás képességének* működését reprezentálja. Azokat a tanulókat, akik gyengébb beágyazási képességgel rendelkeznek, és ezért nem tudnak megfelelően szelektálni az információk között, *terület függőnek*, míg az információkat rugalmasan kezelőket *terület függetlennek* nevezik; c) Pascual-Leone (1989) a mentális kapacitás (M-tér) és a beágyazási képesség kombinációjaként bevezette *amobil és fix kognitív stílus* (*mobile/fixed cognitive style*) fogalmakat. A mobil kognitív stílus a fix stílushoz képest a változó körülményekhez jobban alkalmazkodó, a megoldási variációkat rugalmasabban kezelő kognitív stílus.

Ezek a kognitív szabályozók és változók fontos előjelzői a problémamegoldásban nyújtott teljesítménynek. Így a nagyobb mentális kapacitással, jobb beágyazási képességgel és mobil kognitív stílussal rendelkező tanulók feltételezhetően sikeresebbek lesznek a problémamegoldásban (Stamovlasis és mtsai, 2002; Gathercole és mtsai, 2004;).

Johnstone és El-Banna (1986) munkamemória kapacitására vonatkozó modellje olyan képlettel szolgál, amiből a problémamegoldás tanításának módszereire következtethetünk:

$Z \leq X$: a megoldás sikeres, $Z > X$: a megoldás sikertelen

Z: a probléma mentális igénye, a megoldáshoz szükséges folyamat lépések száma, X: a megoldó munkamemóriájának kapacitása

Amennyiben a megoldási folyamatban alkalmazott lépések száma meghaladja a munkamemória kapacitását, a megoldás kudarcba fullad. Ezért a problémamegoldás tanításakor ügyelni kell a munkamemória túlterhelésének elkerülésére.

3) Arra vonatkozóan, hogy hogyan, *milyen módszerek segítségével* *vegyük figyelembe a munkamemória kapacitásának limitjét* a problémamegoldás fejlesztésében, a kutatások négy fő megközelítést adnak: a) Széleskörű és jól szervezett információs bázis kialakítása; b) A kognitív túlterhelés csökkentése a problémamegoldásban; c) A tanulók munkamemória kapacitásának növelése speciális tréningek segítségével; d) Külső reprezentációs eszközök alkalmazása a megoldás folyamatában.

a) A *széleskörű információs bázis* kialakítására vonatkozó tanulmányok többsége abból indul ki, hogy a szakértők problémamegoldása sikeresebb a kezdőkhöz képest. Ennek egyik okát abban látják, hogy a szakértő problémamegoldó jóval több problémamegoldásra vonatkozó információval rendelkezik, amelyek egy jól szervezett, integrált struktúrát képeznek. Ehhez képest a kezdők a megoldáshoz szükséges kevesebb ismerettel bírnak, és azok szerveződése is alacsonyabb szintű, mint a szakértők ismeretrendszere (Zajchowski és Martin, 1993). Azokat az ismereteket, amelyeket a munkamemória koherens rendszerbe szervez, a hosszú távú memória biztosítja. A szakértők azért rendelkeznek az ismeretrendszerek magasabb szintű kohéziójával, mert a hosszú távú- és munkamemóriájuk közötti kapcsolat gördülékenyebb, így a munkamemóriájuk kapacitása is kiterjedtebb, mint a kezdő problémamegoldóké (Ericsson és Kintsch, 1995). A szakértők időegység alatt nagyobb számú információ befogadására és feldolgozására képesek a munkamemóriában. Ezt a képességüket azonban hosszú évek gyakorlása során fejlesztik ki úgy, hogy fokozatosan növelik ezeknek az információ csomagoknak a méretét (Brooks és Shell, 2006). A munkamemória kapacitásának növekedése abból is adódik, hogy a problémamegoldásban szerzett rutinjuk révén egyre több tapasztalatra tesznek szert (beleértve a megoldáshoz szükséges deklaratív és procedurális ismeretek számának növekedését is).

Friege és Lind (2006) szerint a munkamemória operacionalizáló működése a problémamegoldásban szerzett rutin hatására tökéletesedik. Így a kezdők esetében még inkább a megoldásra vonatkozó deklaratív tudás jellemző és a *procedurális tudás csak később alakul ki* a problémamegoldás

gyakorlása során. Ezzel párhuzamosan nő a munkamemória operacionálizáló képessége és kapacitása is.

A szakértők nagyobb kapacitásuk miatt *hatékonyabbak* a megoldáshoz szükséges *törvények és összefüggések alkalmazásában* és az egyes *fogalmak megértésében*, valóságtartalmának megítélésében. A kezdők ugyanakkor a kisebb kapacitás miatt több fogalmi hiányossággal és tévképzettel rendelkeznek, ami megnehezíti a probléma sikeres megoldását (Camacho és Good, 1989).

De Jong és Ferguson-Hessler (1986) a jó és rossz problémamegoldók közötti különbségeket vizsgálva úgy találta, hogy a *jó problémamegoldók* elsősorban a megoldásra vonatkozó procedurális tudásban teljesítenek jobban, mivel a *megoldás folyamatára, annak lépéseire és azok alkalmazására vonatkozó képességük magasabb szintű*. Feltételezte, hogy ez az eredmény a munkamemória nagyobb kapacitásának és a fejlettebb operacionálizáló működésnek köszönhető.

b) A *munkamemória túlterhelése* akkor következik be, ha annak kapacitása kisebb, mint amit a feladat vagy probléma megoldásához szükséges információk mennyisége és feldolgozása igényel (Johnstone és El-Banna, 1986). A *túlterhelés csökkentésére* és elkerülésére Alloway (2006) a problémamegoldás tanításának és tanulásának folyamatában különböző módszereket javasol: egyszerű és lényegretörő instrukciók alkalmazása, a komplex és bonyolult megfogalmazás kerülése, a probléma és a megoldás részproblémákra és részlépésekre bontása, az emlékező képesség fokozatos fejlesztése, hatékony megoldási stratégiák megismertetése a tanulókkal, szavak helyett ábrák, diagrammok, rajzok használata, stb.

c) A *munkamemória kapacitásának növelésére* Yuan és munkatársai (2007) egyetemi hallgatókat olyan *tréningbe* vontak be, ahol hatékony információ szervezést és rendszerezést tanultak. Ezek a hallgatók sikerebbek voltak a problémamegoldásban.

Turley-Ames és Whitfield (2003) szerint kicsi az esélye annak, hogy a munkamemória fejlesztésére vonatkozó tréningek hatásosak legyenek a kisiskolás korban. Ezt cáfolták Klinberg és munkatársai (2005), akik figyelemhiányos és hyperaktív gyerekek munkamemóriáját kívánták fejleszteni egy számítógéppel segített kognitív tréning során. A tréning sikerrel járt, amit a problémamegoldásban nyújtott jobb teljesítménnyel is igazoltak. Hasonló eredményre jutottak Yuan és munkatársai (2007) is,

akik ugyanezt a tréninget egészséges kisiskolásokkal és serdülőkkel is elvégeztették.

d) A *problémamegoldás folyamatában szerepet játszó ismeretek külső reprezentációja* szintén egy olyan lehetőség, amely segíti a szükséges ismeretek megértését és azok struktúrázását, ezáltal a munkamemória kapacitásának növelését. Ilyen lehetőség például a probléma reprezentációja rajzban, grafikonok, táblázatok segítségével, az összefüggések ábrázolása fogalmi és gondolati térképekkel, a megoldás folyamatának kulcsszavakban, képekben történő rögzítése, stb. (Longo, Anderson és Witch, 2002; Cook, 2006).

A munkamemóriával összefüggő kutatási eredmények összefoglalásaként megállapítható, hogy a kisiskolás tanulók még kezdő problémamegoldók, akik inkább a megoldáshoz szükséges deklaratív tudással (a megoldáshoz szükséges területspecifikus ismeretekkel) rendelkeznek. Procedurális tudásuk (a megoldás folyamatára vonatkozó tudás, a folyamat egyes fázisainak megléte, konstrukciója) fokozatosan, a munkamemória túlterhelése nélkül fejleszthető az életkoruknak megfelelő módszerek segítségével. A fejlesztést szolgáló módszerek azonban nem minden tanuló esetében egyformán hatékonyak, mivel kognitív képességeik terén csakúgy, mint a munkamemória fejlettsége tekintetében különbözőek.

2.7. A természettudományos problémamegoldás

Bár a természettudományos problémamegoldás és kutatás kapcsolatáról már korábban tettünk említést, most ismételten visszatérünk annak tárgyalására. Ennek oka az, hogy speciális sajátosságainak megértéséhez kiindulópontként szükség van a problémamegoldás általános értelmezésére, fogalmának és folyamatának ismeretére.

Adey és Csapó (2012) szerint a problémamegoldás tudományos és hétköznapi tevékenységet egyaránt felölel. A problémamegoldás képességét a PISA felmérések matematikai és természettudományos kontextusban is mérik, hangsúlyozva fontosságát, másrészt rámutatnak arra, hogy olyan további képességeket is magában foglal, amelyeket a természettudományi tesztek nem vagy nem kellő részletességgel fednek le.

Az első fejezetben kiemeltük, hogy a problémamegoldó gondolkodás a természettudományos kutatás kognitív háttére, amelyet Murphy és McCormick (1993) a tudományos kutatás modelljeként értelmez.

A természettudósok birtokában vannak azoknak a módszereknek és eljárásoknak, amellyel a természetet vallatják és kutatásaikat végzik. Ezeknek a módszereknek és eljárásoknak az alkalmazásszintű ismeretére a vonatkozó tanulmányok a *természettudományos információk feldolgozására vonatkozó képesség (science process skills, SPS)* fogalmát vezették be (Wetzel, 2008; Ergül és mtsai, 2011; Walters és Soyibo, 2001; Aktamis és Ergin, 2007).

Az SPS két alapvető, egymásra épülő kategóriát tartalmaz: 1) A *természettudományos információk alapszintű feldolgozására vonatkozó képesség (basic process skills, BSPS)* a 10-12 éves gyermekek életkorának megfelelő szintet jelenti. 2) Erre épül az *természettudományos információk integrált feldolgozására vonatkozó képesség szintje (integrated science process skills, ISPS)* amely már a későbbi korosztályok jellemzője. (2.4. táblázat).

| <i>SPS kategória</i> | <i>Módszerek és eljárások</i> | <i>Életkor</i> |
|----------------------|---|--------------------|
| BSPS | Megfigyelés | 8-12 éves korig |
| | A megoldásra vonatkozó jóslat | |
| | Osztályozás és összehasonlítás, modellezés | |
| | Mérés | |
| | Adatok rögzítése és interpretációja | |
| | Az adatok táblázatokba és grafikonokba rendezése | |
| | Következtetés | |
| ISPS | Definiálás | 12 éves kortól |
| | Hipotézis alkotása | |
| | Kísérletezés | |
| | A változók azonosítása és ellenőrzése | |

2.4. táblázat

*Az SPS kategóriák módszerei és eljárásai az egyes életkorokban
(Ergül és mtsai, 2011)*

A természettudományos problémamegoldás folyamata a következő elemeket tartalmazza:

- *Kérdések feltevése*, amely megfigyeléseken, előzetes ismereteken és tapasztalatokon alapul;
- *Hipotézisek alkotása*, amely irányt mutat a további vizsgálatoknak;
- *Tervezés* a hipotézisek igazolására szolgáló vizsgálatok kivitelezésére;
- *A vizsgálat végrehajtása, adatok gyűjtése és pontos rögzítése*;
- *Értékelés*, az adatok alapján következtetések levonása;
- Újabb próbálkozások a megoldás sikertelensége esetén.

| <i>SPS módszerei és eljárásai</i> | <i>Természettudományos problémamegoldás folyamata</i> | <i>Pólya György (1957) kognitív modellje</i> |
|---|--|--|
| Megfigyelés | <i>Kérdések feltevése</i> , amely megfigyeléseken, előzetes ismereteken és tapasztalatokon alapul. | A probléma felismerése, megértése és megfogalmazása. |
| A megoldásra vonatkozó jóslat, hipotézisalkotás. | <i>Hipotézisek alkotása</i> , amely irányt mutat a további vizsgálatoknak. | |
| Osztályozás és összehasonlítás, modellezés. | <i>Tervezés</i> a hipotézisek igazolására szolgáló vizsgálatok kivitelezésére. | Tervkészítés |
| Kísérletezés, mérés. | <i>A vizsgálat végrehajtása, adatok gyűjtése és pontos rögzítése.</i> | Terv végrehajtása |
| Adatok rögzítése és interpretációja, a változók azonosítása és ellenőrzése. | | |
| Az adatok táblázatokba és grafikonokba rendezése. | | |
| Következtetés, definiálás. | <i>Értékelés</i> , az adatok alapján következtetések levonása. | Megoldás vizsgálata |
| | Újabb próbálkozások a megoldás sikertelensége esetén. | |

2.5. táblázat

Az SPS és a természettudományos problémamegoldás folyamatának összehasonlítása a Pólya-féle kognitív modellel

A 2.5. táblázatban összevetettük az SPS módszereit és eljárásait a természettudományos problémamegoldás folyamatának egyes lépéseivel. Az SPS egyes elemeit nem kategóriánként, hanem a természettudományos problémamegoldás fázisainak megfelelő csoportosításban tüntettük fel.

Az SPS és a természettudományos problémamegoldás folyamatának elemei teljes átfedést mutatnak, ami alátámasztja azt a tényt, hogy a természettudományos kutatás és problémamegoldás logikai struktúrája hasonló. Az átfedések a Pólya-féle (1957) kognitív modellel is szembevetők, ugyanakkor egyértelműen kirajzolódik a természettudományos problémamegoldás sajátos jellege más (például matematikai) problémamegoldással szemben:

- 1) A természettudományos problémák megoldása során a hipotézisek igazolása legtöbbször megfigyelések és kísérletek útján történik.
- 2) A kísérletek során adatokat gyűjtünk, táblázatokba, grafikonokba rendezünk és értelmezünk.
- 3) Az igazolt hipotézisek alapján elméleteket hozunk létre, amelyeket struktúra, folyamat vagy elméleti modellek formájában prezentálunk.

A problémamegoldásra vonatkozó kognitív modellek (Pólya, 1957; Gick és Holyoak, 1980) valamint a természettudományos problémamegoldás folyamatának kisiskolásokra vonatkozó BSPS kategóriája alapján a 6-10 éves korosztályra jellemző problémamegoldó folyamat struktúra a következő: 1) *A megoldás céljának meghatározása*; 2) *A probléma megfogalmazása*; 3) *A megoldásra vonatkozó jósolat, hipotézis*; 3) *Tervezés és végrehajtás*; 4) *Ellenőrzés, értékelés*.

2.8. A problémamegoldást befolyásoló tényezők

A problémamegoldó gondolkodás olyan teljesítményben realizálódó adottság (képesség), amelynek fejlettségi szintjét az öröklött sajátságokon túl intra- és interperszonális, valamint külső környezeti tényezők is befolyásolják. Ezért a problémamegoldás tanulmányozása csak akkor nyújt valós képet a tanulók teljesítményéről, ha azt a befolyásoló tényezőkkel történő összefüggésben is vizsgáljuk.

A kognitív képességek funkcionális rendszerét tekintve a problémamegoldás a tudásszerző képesség része, amely szoros kapcsolatban áll az ismeretszerzés és alkotás képességével (Carroll, 1993; Nagy, 2000). Ezért

minden olyan hatás, amely az ismeretszerzés folyamatában szerepet játszik, közvetve a problémamegoldást is befolyásolja.

Rheinberg (1980) a befolyásoló tényezők egymás közötti sokszoros összefüggésrendszerét tárta fel, amelyek különböző szintű hatásmechanizmusban realizálódnak. Bemutatja a problémamegoldásban nyújtott teljesítményt a tanulók oldaláról (ezek között a motivációt, szellemi képességeket, kognitív fejlettséget, tehetséget, intelligenciát, kreativitást), a nevelési-oktatási körülmények szempontjából (pl. az alkalmazott oktatási módszerek) és a környezeti tényezők szemszögéből (pl. családi milió).

Kulcsár (1982) szerint az iskolai teljesítmény (beleértve a problémamegoldást is) több tényező hierarchikus rendszerének eredőjeként jön létre. A *tanulók részéről* függ azok teherbíró képességétől, biológiai tényezőitől, egészségi állapotától, pszichológiai szempontból az *intellektuális*, érzelmi, *motivációs* összetevőktől, a személyiség irányulásától és önszabályozásától. Ezen összefüggésrendszerben a *tanár személyiségét* tekintve a szakképzettség, társadalmi megbecsülés, a hivatástudat és tanulók iránti beállítottság, míg a pedagógiai tényezők oldalán az *oktatási módszerek* és az iskolai követelményrendszer szerepel meghatározó elemként. A *társadalmi-gazdasági tényezők* figyelembevételkor a *család* szerkezetéről és érzelmi légköréről, illetve azok gazdasági és kulturális feltételeiről, az iskolai osztály létszámáról, a tanár-tanuló és tanuló-tanuló viszonyról tesz említést a kutató.

Az elmúlt évtizedekben szintén több olyan, az iskolai teljesítményre és problémamegoldásra ható változót vizsgáltak (idézi: Páskuné, 2002), mint a tanulási stratégiák (Andreassen és Salatas-Water, 1989), a társas viselkedés (DeBaryshe, Patterson és Capaldin, 1993; Wentzel, 1993), az iskolai énkép (Marsh, 1984), az iskola iránti elkötelezettség (Gamoran és Nysttrand, 1991) vagy a szülők nevelési stílusa (Steinberg, Lamborn és Mounts, 1989; Baumrind, 1991; Sallay és Münnich, 1999).

Fisher (1999) a problémák megoldásában három, egymással kölcsönös kapcsolatban álló tényező szerepéről beszél:

- 1) a *hozzáállás*, ezen belül az *érdeklődés*, *motiváció*, önbizalom, aggodalom, kétértelműség elviselése, feszültség, nyomás, kitartás, az idő előtti befejezés visszautasítása;
- 2) a *kognitív készségek és képességek*, mint a tudás, emlékezet, kritikai és *kreatív gondolkodás*, olvasási készség, térérzék, *metakogníció*;

3) a *tapasztalat*, amely a probléma tartalmának és összefüggéseinek ismeretét, a *megoldási stratégiákat*, életkort és a szociális, kulturális *háttér* tartalmazza.

Ugyanakkor kifejti, hogy a problémamegoldás kihívást és motivációt jelent, amely fejleszti a megfigyelést és a hipotézis felállításának képességét, kérdéseket és témákat vet fel, elősegíti a tervezést és a gondolkodást, erősíti az értékelési és oknyomozó készséget a kritikai és oknyomozó gondolkodás által, értelmessé teszi a tanulást és közvetlen élményt nyújt. A tanulás minden területéhez kapcsolódik, fejleszti az önbizalmat és hozzáértést, kapcsolatban van a tudás és készségek alkalmazásával, része az önálló gondolkodás megtanulása, a csoportmunka és az interaktív készségek.

Kulcsár (1982) és Fisher (1999) befolyásoló tényezőkre vonatkozó rendszere tartalmában hasonló. Különbség csupán az egyes faktorok elrendezésében és kategorizálásban van. Fisher (1999) hozzáállás, kognitív készségek és képességek tényezőcsoportjai Kulcsár (1982) rendszerében a tanulók személyiségjegyei közé kerültek besorolásra, míg a Fisher (1999) által *háttérnek* nevezett kategória Kulcsár (1982) megközelítésében a tanár személyiségét, az oktatási módszereket és a társadalmi-gazdasági tényezőket jelenti.

A problémamegoldás és befolyásoló tényezőinek összefüggéseit vizsgáló kutatások megerősítik ezeknek a tényezőknek a szerepét a megoldásban nyújtott teljesítmény vonatkozásában. Ezek a vizsgálatok integrálhatók a Kulcsár-féle (1982) rendszer egyes kategóriáiba:

A *tanulók személyiségére* vonatkozó kutatások sorában Nayab (2011) megállapítja, hogy a problémamegoldáshoz történő hozzáállásban jelentős szerepe van a megoldó mentális karakterének. Ez alapján négy csoportba sorolja a problémamegoldókat: a) a *szenzitív* típus a megoldásra vonatkozó döntésében elsődleges szerepet tulajdonít a tényeknek, a részleteknek és a realitásnak; b) az *intuitív* típusú személyiség megpróbálja megérteni a tények jelentőségét és a közöttük lévő összefüggéseket. Döntései során mérlegeli a jövőbeli események lehetőségeit és általában új, kreatív megoldásokat keres; c) az *agondolkodó* egyén logikus és objektív megoldásra törekszik; d) az *érzéki* típus gyakran helyezi előtérbe szubjektív érdekeit és érzelmeit a megoldás folyamatában.

A megoldó karakterének egy másik megközelítése szerint léteznek *introvertált* egyének, akik több időt fordítanak saját ötleteik átgondolására és

tisztázására mielőtt cselekednének, míg az *extrovertált emberek* hajlamosabbak ötleteik átgondolás nélküli kifejtésére. Ez utóbbi tulajdonság birtokában azonban felszabadultabban gondolkodnak és több megoldásra vonatkozó ötlettel élnek. A megoldás pontos és megfontolt kivitelezésében azonban az introvertált egyének a megbízhatóbbak (Nayab, 2011).

Nayab (2011) említést tesz még arról, hogy a problémamegoldásban sikeresebbek a *céltudatos és magas kockázatot vállaló* egyének. Az előbbieket kitartóbbak és nagyobb erőfeszítéseket tesznek a probléma gyökerének feltárására és a probléma megoldására, míg utóbbiak adaptívabbak és rutinosabbak, mivel életük során nagyon sok problémával találják magukat szemben.

A Nayab (2011) által leírt személyiségtípusok jellemzőinek ismerete hasznos lehet abban az esetben, ha a problémamegoldás kooperatív formáját választjuk, mivel az egyes típusok előnyös tulajdonságai ilyenkor együttesen érvényesülhetnek, kiegészíthetik egymást. Egy másik terület, ahol ezeknek a személyiség vonásoknak jelentősége van, a problémamegoldó megoldásban nyújtott teljesítményének értékelése. Attól például, hogy valaki látványosan nem aktív a megoldás során, nem azt jelenti, hogy nem végez komoly, megfontolt munkát. Csupán arról lehet szó, hogy egy introvertált egyén, ami miatt nem lehet negatívabban értékelni egy extrovertált, hasonlóan sikeres társához képest.

A tanulóra vonatkozó kognitív tényezők sorában Nagy (2000) operatív rendszere a problémamegoldás feladatmegoldással való szorosabb, míg az általános képességekhez (beleértve az intelligenciát is) fűződő lazább kapcsolatot mutatja be. A *problémamegoldó gondolkodás és az intelligencia* kapcsolatát több kutató vizsgálta. A kutatások egy része a problémamegoldó gondolkodás és intelligencia közötti független kapcsolatról számol be (Beckmann és Guthke, 1995; Revákné, 2001). Mások a két kognitív képesség között közepes vagy erős korrelációt írtak le (Putz-Osterloh és Lüer, 1981; Wenke, Fresch és Funke, 2005).

Molnár (2012) a problémamegoldás és intelligencia kapcsolatát vizsgáló tanulmányában megállapítja, hogy a diákok általános intelligenciaszintje fiatalabb és alacsonyabb képességszintű diákok esetében jobban befolyásolja és jelzi előre a diákok problémamegoldásban nyújtott teljesítményét, mint az idősebb, átlagosan magasabb képességszintűekét. A felső tagozatos és középiskolás diákok esetében közepes összefüggést talált az intelligencia és problémamegoldó gondolkodás fejlettsége között.

A *kreativitás és problémamegoldás* pozitív és erős kapcsolatát több kutatás is igazolta, amelynek következményeként a kreatív problémamegoldást ma a problémamegoldás egyik típusaként tartják számon (Johnstone és Otis, 2006; Abu Jao és Nwafli, 2007; Walsh és mtsai, 2007; Cooper és mtsai, 2008; Bennett, 2008). Ezek a kutatások egybehangzóan bizonyítják, hogy a kreatív gondolkodás a megoldás folyamatának minden részletében jelen van.

A kognitív befolyásoló tényezők vizsgálatának egyik területe a megoldáshoz szükséges előzetes *ismeretek minőségének és mennyiségének* hatása a problémamegoldásban nyújtott teljesítményre. Ezeket az ismereteket a kutatások két csoportba sorolják: a) *Konceptuális*, a megoldáshoz szükséges fogalmak és összefüggések ismerete; b) *Stratégiai*, a megoldás folyamatára vonatkozó ismeretek. A konceptuális ismereteknek a probléma reprezentációjában, míg a stratégiai tudásnak a megoldás minőségében, időtartamában illetve a következtetések tapasztalatokból történő levonásában van elsődleges szerepe (Litzinger és mtsai, 2010).

A problémamegoldás *affektív befolyásoló tényezőinek* sorában az egyik leggyakrabban vizsgált tényező a *tanulási motiváció*. Klein (1980) az 1960-as évek végén a matematika tantárgyban igazolta a tanulók matematikai önálló problémamegoldása (munkalapok segítségével) és a teljesítménymotiváció pozitív együttjárását. Csapó (1991) és munkatársai az 1980-as évek végén szerveztek kísérletet, melyben a kombinatív, a logikai és a rendszerezési képesség fejlesztését tűzték ki célul. A kísérletben háttértényezőként a motivációt is vizsgálták, azonban nem kaptak szignifikáns kapcsolatot a motiváció és a képességekben bekövetkező fejlődés között. Arra a következtetésre jutottak, hogy a vizsgált életkorban (10-13 évesek) a motiváció a kognitív képességek fejlődését nem befolyásolja lényegesen. Ebben a kísérletben azonban teljesítménymotivációt mértek, amelynek alapját az elsajátítási motiváció képezi. Mivel itt minden tanuló ugyanazt a feladatot oldotta meg, így nem érvényesült az optimális kihívás alapelve, amely egyébként a hazai és nemzetközi felmérések tipikus jellemzője és egyben a motivációval kapcsolatos mérések hibaforrása is lehet. Revákné (2001) a természettudományos problémamegoldásban nyújtott teljesítmény és az iskolai motiváció összefüggését vizsgálta középiskolás tanulók körében. A motiváció mérésére a Kozéki-Entwistle-féle (1983) iskolai motivációs kérdőívet alkalmazta. Egyedül a tudásszer-

zés vágya és a kognitív dimenzió mutatott értékelhető korrelációt, azonban ezek is csak gyenge kapcsolat indikátorai.

Több publikáció a problémamegoldás és motiváció pozitív együttjárásáról számolt be (Belland, Ertmer és Simons, 2006; Brush és Saye, 2008; Ravitz és Mergendoller, 2005). Ezek a tanulmányok kiemelik, hogy a problémamegoldásban akkor lesz motivált a tanuló, ha a problémamegoldás számára érdekes, autentikus problémából indul ki, abban minél több, önálló tevékenységet végezhet és folyamatos, reális visszajelzést kap a megoldási folyamat egyes fázisaiban elért eredményéről.

A *memória és problémamegoldás kapcsolatát* vizsgálva a munkamemóriára problémamegoldásban betöltött szerepét korábban már részleteztük (lásd 2.6. alfejezet). A további kutatások sorában Solso (1988) és Hale (1989) olyan *problémamegoldó memóriáról* beszél, amely egy korábbi problémamegoldó folyamat különböző elemeit magába foglaló epizodikus emlékre vonatkozik, mint például a megoldás lépései vagy a felhasznált műveletek. A problémamegoldó memóriára vonatkozó vizsgálatok többségének eredményei szerint annak struktúrája és minősége befolyással van a problémamegoldó transzferre (Egan és Greeno, 1974; Silver, 1981; Ruiz, 1987; Lovett és Anderson, 1994).

A memóriával kapcsolatos kutatások egy további iránya az információk tárolásának módjára vonatkozik, amelynek jeles képviselője, Solso (1988) három lehetséges verzióról tesz említést:

- 1) A *radikális képi hipotézis* alapján a vizuális és verbális információ a memóriában tárolható képekké alakítható;
- 2) A *fogalmi propozicionális hipotézis* értelmében az információ absztrakt propozíciók formájában tárolt;
- 3) A *duális kódolás feltételezésekor* az információ verbális és képi rendszerben is kódolható.

Az elkövetkezendő kutatások bizonyára tovább fogják ezeket a struktúrákat és funkciókat részletezni, finomítani. Az eredmények hozzájárulhatnak a problémamegoldás folyamatainak mélyebb értelmezéséhez, hiszen a problémamegoldó jártasság nagyrészt azon alapszik, hogy az információt hogyan tároljuk az emlékezetben, és hogyan hívjuk elő (Szabó, 1999).

A tanulói kognitív befolyásoló tényezők sorában csak röviden emlékezünk meg a *metakogníció* szerepéről, mivel erről is külön alfejezet (2.5.

alfejezet) szól. A problémamegoldás egy olyan folyamat, amely deklaratív és procedurális tudást egyaránt igényel. Ugyanakkor fontos, hogy a megoldó legyen képes szabályozni és ellenőrizni a megoldás menetét. Így kétségtelen, hogy a metakognitív tudás és a problémamegoldás között szoros összefüggés van, a metakogníció a problémamegoldásban nyújtott teljesítmény jó indikátora (Lester, 1994; Desoete, Roeyers és Buysse, 2001; Veenman, 2005; Anderson és Nashon, 2006).

- 1) A *tanárok* tanulói problémamegoldásban betöltött *szerepére* vonatkozó vizsgálatok tanulsága az, hogy a pedagógusoknak meg kell tanulni azokat az instrukciókat, módszereket és kérdéstechnikákat, amellyel a megoldás sikeresebbé tehető. A tanárok személyiségével kapcsolatban lényeges elvárás, hogy legyenek ösztönzőek és maguk is jó és rutinos problémamegoldó, kreatív egyéniségek (Tom és Valli, 1990; Stern, 1994).
- 2) Az *oktatási módszerek* befolyásának ma az egyik legkutatottabb területe a projekt-alapú (project-based learning, PBL), a probléma-alapú (problem-based learning, PBL) és a kutatás-alapú (inquiry-based learning, IBL) tanulás hatása a problémamegoldásra. A projekt-alapú tanulás kritikai gondolkodásra, problémamegoldó képességre és kreativitásra gyakorolt pozitív hatásáról adott számot Özdemir (2006), aki a geometria projekt-alapú tanulásának matematikai teljesítményre és attitűdre gyakorolt hatását vizsgálta. Hasonló eredményre jutott Bas (2011), aki ugyanezen hatásokat az angol nyelv tanulása kapcsán kutatta. Duran és Sendag (2012) az IKT-val támogatott kollaboratív tanulásra épülő természettudományos, mérnöki, technológiai és matematikai képzésben résztvevő egyetemi hallgatókkal végzett vizsgálata során a program problémamegoldásra kifejtett pozitív hatását bizonyította. Hasonló eredményeket találhatunk Defeyter és German (2003) tanulmányában, aki a probléma- és kutatás-alapú tanulás problémamegoldás hatékonyságában betöltött szerepére vonatkozó vizsgálatokat foglalta össze. Ezek a kutatások mindhárom tanítási és tanulási stratégia esetében azt emelik ki pozitívként, hogy a tanulók érdeklődésére, önálló tevékenységére épülő módszeregyüttesek, amelyek autentikus problémák megoldását várják a tanulóktól. Az oktatási módszerek problémamegoldásra kifejtett hatékonyságára vonatkozóan Péntek (2000) és Lin (2001) az *implicit és explicit tanítási módszerek* szerepét vizsgálták. Lin (2001) szerint az implicit (indirekt) módszerek a probléma-

megoldásban jobb teljesítményhez vezetnek. Péntek (2000) azonban fontosnak tartja a problémamegoldás explicit módját is, mivel így tudatosabbá válnak azok a kognitív sémák (például a megoldási folyamat lépéseinek ismerete és szabályozása), amely révén valaki jobb problémamegoldóvá válhat.

- 3) A problémamegoldást befolyásoló tényezők sorában utolsóként említjük a *társadalmi-gazdasági tényezőket*, beleértve a család és az iskola szerepét is.

Trudewind (1975) a családi környezet hatásmechanizmusát tanulmányozva külön teret szánt a szociális háttérnek és a szülő-gyermek interakció gyakoriságának. A két tényező közül az anya és gyermek közötti interakcióról bizonyosodott be, hogy a gyermek kognitív fejlődésében sokkal nagyobb szerepe van, mint a család anyagi háttérének.

Baumrind (1991) a szülői-nevelési stílus kisgyermekkorai fejlődésre gyakorolt hatását vizsgálta. Úgy találta, hogy az irányító típusú gyermeknevelési szokások a gyermek nagyobb önbizalmával, önkontrolljával és erősebb kíváncsiságával társul. Az irányító szülői-nevelési stílus kedvez a gyermek értelmi fejlődésének is.

Szinte minden problémamegoldásra vonatkozó vizsgálat foglalkozik a szülők, elsősorban az anya iskolai végzettségének szerepével. Ezek a vizsgálatok megállapítják, hogy a problémamegoldásban nyújtott teljesítmény egyenesen arányos az anya iskolai végzettségével. Ez az összefüggés azonban nem erős (*Ezhilrajan*, 2012). Ha azonban a problémamegoldás egyes összetevőivel mutatott összefüggést elemezzük, már nem ilyen egyértelmű a helyzet. Egyedül a problémamegoldás iránti attitűd az, ami tényleges és igen erős kapcsolatot mutat az anya iskolázottságával. Ez a tényező azonban olyan erős, amely az egész problémamegoldó teljesítményre rányomja a bélyegét (Zellman és Waterman, 1998; Farooque Umer és Viswanathappa, 2006; *Ezhilrajan*, 2012).

Ebben az alfejezetben áttekintettük azokat a legfontosabb tényezőket, amelyek a problémamegoldásban nyújtott teljesítményt befolyásolják. Kulcsár Tibor (1982) iskolai teljesítményt (ezen belül a problémamegoldást) befolyásoló tényezőkre vonatkozó hierarchikus modelljéből kiindulva bemutattunk néhány olyan kutatási eredményt, amely további vizsgálatokra ösztönözheti a témában érdekelt kutatókat. A befolyásoló tényezők rendszere olyan sok faktort tartalmaz, amelyek átfogó és együttes vizsgálá-

lata hosszadalmas folyamat. Ezért a problémamegoldásra kifejtett hatásuk tanulmányozása során egyidőben csak egy, vagy egynéhány tényező mérésére vállalkoznak a tudósok, mivel ezek önmagukban is egy teljes, komplex tanulmány tárgyát képezik. Ezeknek a tényezőknek a hatását általában a problémamegoldásban nyújtott teljesítmény vonatkozásában vizsgálják, ami módszertanilag a problémafeladatok és szituációk megoldásának eredménye és a befolyásoló tényezők közötti korreláció tanulmányozását jelenti. Kevés az a kutatás, amely a problémamegoldás valamelyik összetevője (például a mikrostruktúrát jelentő gondolkodási műveletek, megoldási folyamat, stb.) és a befolyásoló tényezők közötti összefüggésre tér ki, keresve ezzel a részletekben rejlő oksági kapcsolatokat (Revákné, 2001).

2.9. Összegzés

A problémamegoldás elméleti hátterét bemutató *második fejezetben láttuk, hogy a problémamegoldás fogalmának* fejlődése nyomon követte a pszichológiai és pedagógiai paradigmák változásait, és a kezdetben csak egyoldalú kognitív értelmezésből fokozatosan eljutott a problémamegoldás valósághoz közeli komplex állapotának leírásához. A problémamegoldásra vonatkozó kutatások ma már nem vonatkoztathatnak el attól a ténytől, hogy a problémamegoldó egy kognitív, affektív, effektív és szociális sajátosságokkal rendelkező személyiség, aki feladatát meghatározott körülmények között végzi.

A *problémamegoldás kutatásának történetét* áttekintve elmondható, hogy a neurobiológiai- és pszichológiai kutatások fejlődésével a problémamegoldásra vonatkozó vizsgálatok a kezdeti, sok bizonytalanságot magukban hordozó makroszintű megfigyelésektől a problémamegoldás részleteinek mélyebb feltárása, és a strukturális és procedurális elemek pontosabb feltérképezése felé tartanak. Ma már nem egyszerűen problémamegoldásról beszélünk, hanem a problémák megoldásának hálózatát (dinamikus problémamegoldás) kutatjuk a számítógépek segítségével, ami egyaránt tárgya és eszköze a mai problémák megoldásának. A dinamikus problémamegoldás egy olyan komplex folyamat, ami mögött összetett agyi asszociációs folyamatok állnak. *A neurobiológiai kutatások fő érdeme az lehet a jövőben, hogy a problémamegoldás* tényleges neurológiai hátterének feltárásával rávilágítson arra, hogy az eddigi megoldási folyamat mo-

dellek mennyire helytállóak, *léteznek-e az eddigieket cáfoló, bonyolultabb struktúrát feltérképező modellek* és ha igen, mennyiben változtatják meg a problémamegoldásról eddig alkotott elképzeléseinket és elméleteinket.

A *probléma fogalmára* és természetére azért tértünk ki, mert kerestük a vizsgált életkornak megfelelő problémátípust. Ezek a kisiskolás életkornak megfelelően a szemantikusan szegény, jól definiált, ellenféllel nem rendelkező, adott problémák megoldását igénylő és valós problémák dimenzióinak keresztmetszetébe helyezkednek el.

A fejezetben kiemelt hangsúlyt kapott a *problémamegoldás folyamatára* vonatkozó modellek tárgyalása. A megoldás folyamatára vonatkozó modellek tartalmát és formáját a probléma fogalmához hasonlóan a mindenkori pedagógiai és pszichológiai irányzatok befolyásolták. Így jutott el a problémamegoldás kutatása a kezdetleges modellektől a megoldási folyamat kognitív, információfeldolgozó és komplex értelmezéséhez. Ezek közül ma a problémamegoldás komplex modellje a legelfogadottabb, bár a kutatások többsége még mindig a Pólya György (1957) által leírt kognitív modellt alkalmazza. A pszichológiai kutatások (mint egy későbbi alfejezetben látni fogjuk) alapján feltételezhető, hogy vannak olyan 6-10 éves diákok, akiknek az értelmi képességei már meghaladják az életkorra jellemző szintet, így problémamegoldásuk is összetettebb társaikéhoz képest. Ennek az elvárásnak megfelelően a kisiskolások problémamegoldási folyamatának leírására legalkalmasabb a Pólya György (1957) elméletére épülő Gick és Holyoak (1980) háromlépcsős redukzív modell.

Ennek a modellnek a részleteit a *természettudományos problémamegoldás* sajátágaival ötvözve, amely figyelembe veszi azt, hogy a természettudományos problémamegoldás folyamata analóg a természettudományos kutatás logikai menetével, a kisiskolások problémamegoldási folyamata (többnyire még lineáris) a következő lépésekből állhat: 1) *amegoldás céljának meghatározása*; 2) *a probléma megfogalmazása*; 3) *a megoldásra vonatkozó jóslat, hipotézis*; 3) *tervezés és végrehajtás*; 4) *ellenőrzés, értékelés*.

A fejezet foglalkozott a metakogníció és a munkamemória problémamegoldásban betöltött szerepével is. Legfontosabb tanulság, hogy a tanulóknak ki kell alakítani a tanulás és problémamegoldás folyamatának tudatos ismeretét és szabályozását, továbbá a megfelelő önreflexiót. Mind ezt úgy kell megvalósítani, hogy ezzel ne terheljük túl a tanulók munkamemóriáját, és az instrukciókat folyamatosan, kis lépésekben adagoljuk.

A kérdés ebben az esetben az, hogyan, milyen módszerekkel győződjünk meg arról, hogy a tanulók számára mennyi az az információ mennyiség, amely még nem okoz túlterhelést számukra? A hatékony problémamegoldás érdekében ennek a kérdésnek a megválaszolása további kutatások tárgyát képezheti a jövőben.

Utolsóként a *befolyásoló tényezők* szerepével foglalkoztunk, amelyek vizsgálata hozzájárul ahhoz, hogy a problémamegoldás sajátosságait reálisabban értékelhessük és az abban mutatkozó különbségeket megérthesük. Az ideális az lenne, ha minden egyes vizsgálat egyidőben valamennyi befolyásoló tényezőre kitérne. Ez azonban azok nagy száma miatt nehézkes, így a különböző kutatásokban csak egy-egy befolyásoló tényező tanulmányozására korlátozódik.

Mint láttuk, a természettudományos problémamegoldás fejlődését számtalan tényező befolyásolja. Ezért egy olyan didaktikai program vagy módszertani, stratégiai eljárás megtervezésekor, ami következetesen, rendszeresen és átfogóan kívánja fejleszteni a tanulók problémamegoldását, a befolyásoló tényezők minél szélesebb körét figyelembe kell venni és a fejlesztő munkát azok keresztmetszetében kell elhelyezni. Óhatatlan tehát, hogy a tervezéskor a tanulót, mint komplex személyiséget tekintsük és a tanítás-tanulás folyamatában a gyermekek affektív, effektív és emocionális tényezőit is szem előtt tartsuk. A következő fejezetben így a kisiskolások mindazon személyiségjegyét körbejárjuk, ami a természettudományos problémamegoldás fejlesztésében az alkalmazott tanítási és tanulási módszerek elméleti alapját jelenti.

3. A kisiskolás gyermek

3.1. Az affektív tényezők szerepe kisiskolás korban

A gyermek olyan tanulásra és kommunikációra kész személyiség, aki-ben él a tanulás iránti igény. Ezzel a tulajdonsággal már az óvodáskorú gyermek is rendelkezik, amelyet magával visz az iskolába. Iskolai tanulmányait sokféle tényező befolyásolja, így az óvodásból iskolássá válás él-ményei, vagy az, ahogyan a tanárát észleli és szemléli. Az iskolai szocia-lizáció folyamatában döntő szerepe van annak, hogy észlelései mennyire vannak összhangban elvárásaival, milyen a csoportban elfoglalt helyzete, továbbá, megfelelő-e számára a tanulási környezet. A tanulás szempont-jából lényeges sajátosságai azok a kognitív képességek, amelyek megha-tározóak az ismeretek elsajátításának és alkalmazásának szintjében. Az általános iskola első osztályában az iskolai tanulást a gyermekszerep egyidejű megtartása mellett jelentősen befolyásolja az óvodásból iskolás-sá válás ténye.

| <i>Gyermekszerep</i> | <i>Diákszerep</i> |
|--|--|
| Fő tevékenység a <i>játék</i> . | Fő tevékenység a <i>tanulás</i> . |
| A tanulás <i>szabad</i> , nem kötött, spontán, érdeklődés irányította tevékenység. | A tanulás <i>kötött</i> , célratörő, ellenőr-zött és normák szerint vezérelt tevékenység. A játékot alá kell ren-delni a tanulásnak. <i>Kötelességei</i> vannak. |
| Védelmet és biztonságot élvez az intézményi struktúra valamennyi szintjén. | Az eddiginél strukturáltabb intéz-ményrendszerbe kell beilleszke-dnie. |
| Életének középpontjában a család áll. | Szocializációja kibővül a családon kívüli társas kapcsolatokra is. |

3.1. táblázat

*A gyermekek kettős szerepe az általános iskolában
(Schneider és Oberlander, 2008)*

Amikor a gyermekek iskolába mennek, kettős szociális szereppel kell szembenéznük. Gyermeki mivoltuk mellett meg kell birkózniuk az újon-

nan belépő diákszereppel is (3.1. táblázat). A gyermek- és diáklétet a tapasztalatszerzés különféle területei kötik össze, amelyek átfedik ugyan egymást, mégis jelentős feszültségforrást indukálnak egymás között. Az egyik oldalon a gyermeki tapasztalatok és szükségletek állnak, a másik oldalon az a felnőttek által megfogalmazott igény, hogy a gyermekek szisztematikusan szerezzék meg a számukra szükséges és elvárható műveltséget. Ez a kettősség olyan feszültséget okoz a tanulóban, amelynek elviseléséhez szükségük van a pedagógusok támogatására.

Otto (1965) reformpedagógus szerint a sikeresen kezdeményezett és támogatott tanulási folyamatok feltételezik, hogy a tanár tudja, hogy érzi magát a gyermek tanulás közben. Míg az alapvető emóciók (pl. az öröm, a bánat, a harag, a félelem) veleszületettek, a komplex érzések (pl. a büszkeség, a bűn, a szégyen) a szociális tanulási folyamatok eredményei. Az emóciók egy szubjektív színezetet adnak az észlelésnek, amely a különböző dolgokról alkotott tudás differenciálódásához és a jelentések különbözőségéhez vezetnek.

Az *emóciók* jelentős szerepet játszanak az emlékezés és tanulás folyamatában is. Egyénivé teszik azt, míg ha az érzelmek túl erősek, blokkolhatják is a tanulási folyamatot (Schneider, 2003a).

Az emocionális állapot a szükségletekben is visszatükröződik. Az alapvető elemi szükségletek (például a táplálkozás, biztonság szükséglete, stb.) is öröklött tulajdonságok, míg az összetett szükségleteket ezzel szemben a közvetlen szociális tértől való függőségben sajátítjuk el. Maslow (1970) szerint ezek a szükségletek hierarchikusan épülnek föl. Az alapot a fizikai biztonság szükséglete képezi. Erre épül a szeretet, a rokonszenv és a törődés igénye, ami a személyes autonómia és a mások általi elismerés szükségletének alapját képezik. Egy magasabb szint az önmegismerés igénye, míg a hierarchia csúcsán az önmegvalósítás szükséglete áll, ami a reflexió, az intuíció és az öntranszcendencia által realizálódik. Ahogy a racionalitás és az emocionalitás kölcsönösen befolyásolják egymást, a tanulás és a szükségletek is szoros kapcsolatban állnak egymással. Egy olyan didaktikai koncepciónak, amelynek középpontjában a tanuló gyermek áll, ismernie kell a gyermek iskolai szükségleteit, és tekintettel kell lennie azokra. Az általános iskoláskorú gyermekeknek az iskolával szemben a következő szükségleteik vannak:

- 1) *Biztonság*: az iskolában testileg és pszichikailag is biztonságban akarják magukat érezni;

- 2) *Remény*: mindig hinni akarnak abban, hogy a jövőben is megadatik nekik az alkalom, hogy megmutassák magukat;
- 3) *Méltóság*: a pozitív énképejlődéshez támogatást remélnék;
- 4) *Elfogadás*: szeretnék elismertek és megbecsültek lenni és a közösség tagjaként érezni magukat;
- 5) *Befolyás*: szeretnék az őket személyesen érintő eseményeket az iskolában is befolyásolni;
- 6) *Öröm*: olyan dolgokban fognak szívesen részt venni, amelyek örömet és elismerést jelentenek számukra.
- 7) *Kompetencia*: szeretnék a megszerzett ismereteiket tudni, feladatokban alkalmazni, a feladatokat jól megoldani (Schneider és Oberlander, 2008).

A problémamegoldás olyan folyamat, amelynek sikere függ a tanulók emocionális hozzáállásától is. A kisiskolás gyermek sokkal inkább emocionális, mintsem kognitív személyiség. Ezért a problémamegoldás tanításának tevékenységrendszerét és módszereit úgy kell tervezni és alkalmazni, hogy maximálisan figyelembe vegyünk a kisiskolások érzelmeikkel kapcsolatos igényeit is.

3.2. A kisiskolás társas kapcsolatai az iskolában

Az iskolai osztályban a gyermekek többsége tipikus viselkedésmódot (stréber, szimpatizáns, szenvedő, stb.) alakít ki, ami a helyzettől és kihívástól függően erősen változhat. Az *egy osztályba járó diákok közötti szociális kapcsolatok* jelentős mértékben befolyásolják minden egyes diák tanulási iránti attitűdjét, mivel a tanulás folyamatára a szociális interakciók jelentősen hatást gyakorolnak. Ez a hatás különösen akkor érezhető, amikor egy diák iskolát vált és az új osztályában szemmel láthatóan másképp viselkedik, sokszor meglepve ezzel környezetét és saját magát is.

Minden osztályban kialakulnak szociális hierarchiák. Az általános iskolában (a negyedik osztályig) a strukturálódási folyamatok a nemek szerint specifikusan és viszonylag egyértelmű tendenciák mentén történnek. Arra a kérdésre, kik a kedvelt gyerekek a negyedik osztályban, a lányok kedvelt és népszerűtlen lányokról, míg a fiúk hasonlóan kedvelt és népszerűtlen fiúkról beszélnek. Ebből az egyértelmű meghatározásból kiderül, hogy legtöbbször elsődlegesen a saját nemükhöz tartozókra vonatkoz-

tat (Breidenstein és Kelle, 1998). Azoknak a gyerekeknek, akik a nemek szerinti csoporthierarchia csúcsán állnak, legtöbbször erős az öntudatuk és bizonyos területen rendkívüli képességekkel rendelkeznek. A csoportban elfoglalt kivételes helyzetük kiemeli őket, és erre gyakran hivatkoznak. A hatalmi játék jelensége azt mutatja, hogy legtöbbször nemcsak egy gyerek van, aki irányítani akar. A vezető pozíciókért folyó konkurenciaharc leggyakrabban a cselekvésszintjén játszódik le. Schneider, (2003b) szerint az iskolai osztályban a szociális hierarchia különböző szintjei figyelhetők meg:

1) *Racionális szint:*

- *Elfogadottak:* bármelyik gyermek vagy olyan tanuló lehet, aki a többi csapattag számára szubjektív vagy objektív jelentőséggel bír;
- *Semlegesek:* azok a gyerekek, akiket elfogadnak résztvevőként, illetve terület-specifikus elfogadottsággal bírnak;
- *Nem elfogadottak:* a népszerűtlen gyerekek és a kiegyensúlyozottak csoportjából azok, akiket nem fogadnak el gyenge öntudatuk vagy torzult énképük miatt.

2) *Emocionális szint:*

- *Kedvencek:* szociális kompetenciával és gazdag szociális kapcsolattal bírnak, közvetlenül vagy közvetve ők az események mozgatórugói, és a csapatból a legtöbb gyerek nyíltan elismeri őket;
- *Kiegyensúlyozottak:* nem érzékelhetők első látásra a csoportban, beilleszkednek, illetve alárendelik magukat, nem nyomulnak, inkább várakozó álláspontra helyezkednek;
- *Népszerűtlenek:* legtöbbször gyenge szociális kompetenciával és kevésbé rugalmas magatartással bírnak, gyakran egocentrikusak, kevésbé kiegyensúlyozottak, játékkompetenciájuk csekély, gyakran csúfolják őket.

3) *Működési szint:*

- *Kezdeményezők:* közvetlenül vagy közvetve a dominanciára és a hatalomra törekszenek, kezdeményezők, határozott öntudattal bírnak, harciasak;

- *Követők*: legtöbbször a csapat mozgatórugói, szociális közeget képeznek a tevékenységek számára, képesek rugalmasan váltogatni a csoportokat;
- *Kiközösítettek*: szinte semmilyen szociális kapcsolatuk nincs a csoportban, visszahúzódók, viselkedésüket nem tudják megfelelően, szituáció szerint változtatni, a játékoknál „levegőnek nézik” vagy teljesen kiközösítik őket.

A *tanár és tanuló közötti kapcsolat* egy további, a tanulást lényegesen befolyásoló tényező. A tanári tekintélyt az általános iskolában a gyerekek életkortól függően eltérően érzékelik és értékelik. Schneider (2003b) szerint az általános iskolában öt különböző tekintélyformát lehet azonosítani, amelyeket a „nem abszolút tekintély”, „funkcionális tekintély”, „kívánt tekintély”, „relatív tekintély”, és „racionális tekintély” fogalmakkal lehet leírni.

Az egyes tekintélykategóriák azt mutatják meg, hogy a tanár mely képességei és viselkedésmódjai azok, amelyek megalapozzák tekintélyét a diákok szemében.

Az *első osztályos gyermekek* a tanárnak funkciója és az azzal járó hatalom alapján megkérdőjelezhetetlen, *abszolút tekintélyt* tulajdonítanak. A tanár a gyerek szemében bizonyos fokig megelőlegezett bizalmat élvez, ami a gyerekek egy barátságos, megértő, empatikus tanár utáni vágyából származik, aki kedveli őket, ha szükséges, mindig ott van, segít nekik, és megvédi őket feltéve, hogy a gyerekek elképzeléseit nem terhelik negatív másodlagos élmények (Schneider, 2003b).

Mintegy fél év iskolai tapasztalat után a tanárkép kezd elmozdulni az abszolút tekintélytől a *funkcionális tekintély* irányába. A feladatkörhöz tartozó tekintély megmarad, de a gyerekek bizalmát egyre inkább ki kell vívni a tanár barátságos fellépésével és didaktikai kompetenciájával. Ekkor a tanulók a tanártól már egy fölérendelt segítő irányítást várnak el. Már az első osztály közepén sok gyerek képes a saját viselkedésének és teljesítményének kritikus önreflexiójára, úgy, hogy a pedagógiailag tapasztatos tanári kritikát építő jelleggel fogadja be. A pedagógiai kompetenciához az is hozzátartozik, hogy a tanár közvetíti a gyerekek felé, hogy komolyan veszi őket.

A *második osztályban* a gyermekek már azonosulnak a diákszereppel, és integrálódnak az iskolai életbe, már nem ők az „újak”. A magától ér-

tetődő diákperspektívából adódóan egyre távolodó reflexióik vannak tanáraikról. Éppen csak igénylik, hogy a tanár egyfajta tekintélyt képviseljen számukra. Gyermek kijelentései támasztják alá Ainsworth (1978) és Damon (1989) megállapításait arról, hogy egy bizonyos korig egy gyermek a felnőttek tekintélyét keresi, igényli és elfogadja vezetésüket.

A funkcionális és *kívánt tekintélyben* közös, hogy azok a didaktikai és pedagógiai kompetenciák meglétére épülnek. Azonban a funkcionális tekintélytől eltérően a kívánt tekintély formája felöleli a tanuló egyéniségének a tanár általi nagyobb mértékű figyelembevételét is. A gyermekeknek ebben a korban fontos, hogy komolyan vegyék és önálló individuummal rendelkező személynek tekintsék őket.

A *harmadik osztályban* relatívvá válik a kívánt tekintély. A gyermekek már a tanár személyiségének részletei iránt érdeklődnek és az erre vonatkozó információk a tájékozódás motiváló funkcióját vehetik át. Összességében a gyermekek kritikusabbá válnak, és nagyon fontosnak tartják a kölcsönös méltányosságot. Ha egy tanár elismeri, hogy hibát vétett, ez a tekintélyének inkább használ, mint árt. Ebben a fázisban a gyermekek intenzíven foglalkoznak a tanáruk személyiségével és elkezdnek egy reflektált tanárképet kialakítani.

A *negyedik osztályban* ez a tanárkép a tényleges tanári viselkedés értékelési mércéjévé válik. A tízévesek szemében egy tanárnak már fellépésével és tevékenységével kell tekintélyt szereznie. A tanári tekintély *racionálissá* válik. A gyerekek ilyenkor nem a funkció alapján definiálják a tekintélyt, hanem az ember tudás- és kompetenciaspektruma alapján, ami kifejtí ezt a funkciót. A tanár rendelkezik a szükséges tárgyi- és módszertani tudással, és képes ezt közvetíteni. A személyi tekintély egyik alapja a didaktikai, a tanulás sikerét biztosító kompetencia mellett egy, a gyermekek tovább differenciálódó igazságosság igényét figyelembe vevő pedagógiai szuverenitás. A kölcsönös méltányosság kívánalma ebben az összefüggésben kibővül a megfelelés és a megkérdőjelezhetőség kívánalmával. Ráadásul a gyerekek egyre inkább az egyéni sajátosságaikkal vannak elfoglalva és a saját érdeklődésük felé orientálódnak. Annak a tanárnak van tekintélye, aki ismeri ezeket a gyermeki elvárásokat, figyelembe veszi őket, és érzékenyen bánik velük (Schneider és Oberlander, 2008).

Mivel a problémamegoldásnak mind a tanuló-tanuló mind a tanár-tanuló interakciók fontos befolyásoló tényezői, ezért ezeket a szemponto-

kat lényeges figyelembe venni a megoldás munkamódjának kialakításában illetve a helyes tanári hozzáállás tanúsításában.

3.3. A kisiskolás gyermek kognitív jellemzői

3.3.1. A kognitív fejlődés elméletei

A gyermekek kognitív fejlődésére vonatkozó két fő elmélet *Piaget univerzális vagy kognitív konstruktivizmus elmélete* és a *neopiaget-iánus irányzat*, ezen belül a *Vigotszkij* által képviselt *szociális konstruktivizmus (vagy ismert szociokulturális elméletként is)*. Az ezt követő elméletek közül az információfeldolgozás elmélete, továbbá az ezekből kinőtt új irányzatok érdemelnek említést.

Piaget kognitív fejlődésre vonatkozó első tanulmányai a múlt század 20-as éveiben jelentek meg. Későbbi munkáiban újabb és újabb eredményekről számolt be, amelyeket az 1969-ben Inhelderrel írt gyermekpszichológia könyvében foglalt össze.

Piaget kognitív fejlődésről vallott nézetében biológiai és ismeretelméleti hatások figyelhetők meg (Tóth, 2000). Annak ellenére, hogy a fejlődésben az *érettségnek* és a *külvilágból érkező tapasztalatoknak* nagy jelentőséget tulajdonított, a fő hangsúlyt mégis az egyensúly megteremtésére helyezte (Piaget, 1977; Wadsworth, 1996). Az *egyensúlyteremtést* az önszabályozás azon formájának tekintette, amivel a gyermek stabilitást visz a világról alkotott képébe, megértve ezzel a tapasztalatok közötti ellentmondásokat. Amennyiben a gyermek az új tapasztalatokat hozzá tudja igazítani a már meglévő kognitív vagy viselkedés jellegű *sémáihoz*, a tapasztalatok asszimilációjáról, míg ha a sémáit változtatja meg úgy, hogy azok képesek legyenek a tapasztalatok befogadására, *akkomodációról* beszélünk (Tóth, 2000). A kognitív fejlődéshez mind az asszimilációra, mind az akkomodációra szükség van. Az akkomodáció egy kognitív konfliktus megoldását jelenti, amelyben az egyensúlyteremtés lényeges szerephez jut (Piaget, 1977; Wadsworth, 1996).

Piaget (1977) értelmi fejlődésről vallott nézete szerint a gyermek kognitív fejlődése genetikailag meghatározott, egymástól jól elkülöníthető szakaszokra (0-2 éves korig a szenzomotoros, 2-7 éves korig a művelet előtti, 7-11 éves korig a konkrét műveleti, míg 11 éves kortól a formális műveleti szakasz) osztható.

Piaget (1977) vizsgálta az egyensúlyteremtés tanulásban betöltött szerepét is. Álláspontja szerint a tanulás feltétele a megfelelő kognitív struktúrák kialakulása, amely lehetővé teszi az ismeretek és tapasztalatok megfelelő reprezentációját és azok aktiválódását. A gyermekek nyelvi fejlődéséről is hasonlóan gondolkodott. A nyelv mint a gondolkodás szimbóluma csak a megfelelő kognitív struktúrák létrejötte után aktivizálódhat. A nyelv a gondolkodással szoros kapcsolatban áll, azzal együtt fejlődik, attól elválaszthatatlan. A nyelvi fejlődés a gondolkodás fejlődésének függvénye.

A kognitív fejlődés *neopiaget-i elméletének* képviselői egyetértenek Piaget elméletének bizonyos területeivel (a kognitív fejlődési szintek elfogadása, Piaget vizsgálati módszerei, egyensúlyeltéréssel kapcsolatos nézetek, a kognitív reprezentációk környezettel kölcsönhatásban történő kialakítása, a kognitív képességek egyre magasabb absztrakciós szint felé történő fejlődése). Ugyanakkor túlmutatnak azon a vizsgálati módszerek tökéletesítése, továbbá a fejlődési stádiumok életkori határainak megkérdőjelezése és a környezet fejlődésben meghatározóbb mivoltának hangsúlyozása révén (Anderson, 1983; Case, 1985; Siegler, 1989; Flavell, 1985; Carey és Gelman, 1991; Nagyné, 2006).

A neopiaget-iánusok egyik leggyakrabban idézett képviselője Vigotszkij (1971). *Szociális konstruktivizmus elméletében* a kognitív fejlődés genetikai tényezői mellett a környezet hatásának is nagy jelentőséget tulajdonított. Az értelmi fejlettség bizonyos szintjeinek megjelenésében és azok időtartamában az öröklöttség és a környezet interakcióját hangsúlyozta, amelyben a környezet befolyásának elsődlegességét emelte ki. Megalkotta a „*legközelebbi fejlődési zóna*” fogalmát, amely szerint a gyermek segítséggel magasabb fejlettségi szintet tud elérni, és ebben fontos szerepe van a nyelvnek. Ezek szerint egy 6 éves gyermek képes lehet problémákat megoldani a 9-12 évesek szintjén is.

Vigotszkij (1971) szerint a nyelv és a gondolkodás fejlődése az első két évben egymástól elkülönül, de hasonló mértékben fejlődik. Ezt követően a gyermek a nyelvet már gondolkodásának eszközeként használja, gondolatait nyelvi formába önti. A nyelv és a gondolkodás közötti kapcsolat ekkor már reverzibilis, a gondolkodás hatással van a nyelvhasználatra, míg a nyelvhasználat révén a gondolkodás is fejlődik.

A kognitív fejlődés *információfeldolgozás elméletének* képviselői az értelmi fejlődést a piaget-i és neopiaget-iánus elméletekkel szemben fo-

lyamatosnak tartják, amelyben a genetikai és környezeti tényezőknek (nevelés) egyaránt fontos szerepet tulajdonítanak.

Az információfeldolgozás elméletének speciális területe a *konstruktivizmus*, amely a tanulást aktív, konstruktív folyamatnak tartja. A kognitív fejlődésben jelentős szerepet tulajdonít a tanulás folyamatának, az új információk korábbiakhoz történő kapcsolásának. Figyelembe veszi, hogy a tanulók eltérő előzetes tudással rendelkeznek, így a különböző információfeldolgozás lehetőségét megfelelő tanulási környezet révén biztosítja (Nagyné, 2006).

A kognitív fejlődésre vonatkozó legújabb kutatások sajátos nézeteket képviselnek. Az egyik legismertebb a „*fogalmi váltás*” elmélete, ami a területspecifikus ismeretszerzés folyamatának kognitív fejlődésben betöltött szerepét hangsúlyozza (Carey, 1987). Egy másik elképzelés szerint a *gyermek értelmi fejlődése egyedi*, amelyben életének eseményei és háttere játszanak jelentős szerepet (Ackermann, 1998). A *szituatív megközelítés* a tudás kontextusfüggő sajátosságát hangsúlyozza. Egyik legnagyobb ellentmondása a piaget-i elmélettel szemben, hogy nem szükséges formális gondolkodás a magasabb szintű intelligenciához, és hogy a kognitív fejlődés nem mindenre kiterjedő fejlődés, hanem kontextusspecifikus folyamat (Nagyné, 2006).

3.3.2. A kisiskolás gyermek gondolkodása

Piaget (1977) elmélete alapján az általános iskola *1-4. osztályos tanulóira az értelmi fejlődés konkrét műveleti szakasza* jellemző. Ebben a fejlődési stádiumban a gyermekek már képesek a tárgyak egyszerre több tulajdonságát is figyelembe venni, és több kritérium alapján kategorizálni (*decentrálás*). Megértik, hogy a tárgyak bizonyos tulajdonságai akkor is változatlanok maradnak, ha azok egyéb jellemzői megváltoznak (*konzerváció*). Látják a konzerváció *logikai szükségszerűségét*, bizonyos tulajdonságok megőrzésének tényét a látszat megváltozása ellenére is. Felfogják, hogy ha egy mennyiséghez semmit sem adnak és semmit sem vesznek el belőle, az változatlan marad (*változatlanul hagyás*). Képesek egy probléma két vonatkozását összevetni annak megítélése végett, hogy azok kiegyenlítik-e egymást (*kiegyenlítés*). Rájönnek arra, hogy bizonyos műveletek megváltoztathatják vagy megfordíthatják más műveletek hatását (*megfordíthatóság*). Az *egocentrizmus csökkenése* miatt belátják, hogy ugyanarról a dolgról mások másképpen gondolkodhatnak, így azok né-

zópontjait is érdemes figyelembe venni csakúgy, mint azt, hogy mások milyennek látják őket (*szociális nézőpontváltás*). A konkrét műveleti gondolkodásnak köszönhetően változnak társas viszonyaik is. Társas viselkedésüket a szabályok figyelembevétele és betartása jellemzi. A viselkedések megítélésében szem előtt tartják a szándékokat (*autonóm moralitás*), a büntetést a bűnnel arányosnak ítélik meg (Cole, M. és Cole, S. R., 2001).

A modern csecsemőkutatásban általánosan elfogadott, hogy a csecsemő tudata éppolyan absztrakt, komplex és teljesítőképes mint a felnőtté. Az iskola előtt álló gyerekek agya aktívabb, gondolkodása rugalmasabb a felnőttekéhez képest. Háromévesen egy ember agya nagyjából kétszer olyan aktív, mint egy felnőtté. Ez a nagyfokú aktivitás körülbelül a nyolcadik, kilencedik életévig marad meg (Gopnik, 2000). Más szóval a tanulás és fejlődés soha többé nem jár olyan szorosan együtt, mint az általános iskolás korban.

Amikor a gyerekek iskolába mennek, az intuitív tanulás útján már régóta kifejlesztették elképzeléseiket a fizikai világról, a gondolkodás világaról és magukról, ami a diáklétük folyamán a tudatalattiba kerül. Ezek olyan erős elképzelések, amelyek megmaradnak a tudás felé vezető fő útvonalakban.

A kognitív fejlődésre vonatkozó legújabb nézetek szerint a fejlődésben a viszonylag domináló állandó változások mellett stagnációk, zavar vagy ugrások mutathatók ki, miközben nemcsak a minőségi tökéletesedés, hanem éppen ellenkezőleg, a tudás, a képességek, és a személyiségkép minőségi romlása is bekövetkezhet (Matthews, 1995). Egyes kutatások szerint az addigi tapasztalataiktól és aktuális tudásuktól függően a tanulók legkésőbb nyolc- éves korukra teljes mértékben képesek az absztrakt gondolkodásra, amelynek eredményeit legtöbbször a mindennapi élet nyelvén képesek megfogalmazni (Tomesello, 1999; Stern 2003; Tóth és mtsai 2007; Revákné és mtsai, 2008). Más természettudományos szakterületet érintő vizsgálatok arról számolnak be, hogy nyolc- tízéves gyerekek a nekik megfelelő cselekvésorientált utasítások alapján képesek egyszerre két dimenziót (súly, térfogat) figyelembe venni és helyes következtetéseket levonni (Krist és Wilkening 1993; Wilkening, 1994; Janke, 1995). Ezek a vizsgálatok szintén az absztrakt gondolkodás képességét hivatottak igazolni.

Schneider (2003a) a nyolc-tízéves gyerekek gondolkodásának azon vonásaira világít rá, amelyek relevánsak a természettudományos tanulási folyamat szempontjából (3.2. táblázat).

| <i>Iskola előtt álló és iskolakezdő gyerekek</i> | <i>Nyolc-tízéves gyerekek</i> |
|--|---|
| Legtöbbször spontán irányítják gondolkodásukat a jelenségekre. | Leggyakrabban konkrét, szemmel látható valóságos helyzeteket (példákat) használnak gondolkodásuk kiindulópontjaként. |
| Viszonylag gyorsan kimerülnek az intenzív, megerőltető gondolkodásban. | Az induktív eljárást részesítik előnyben, deduktív szakaszokkal tűzdelve. |
| A közvetlen valóságra kérdeznak rá és megerősítést várnak. | Magyarázó és értékelő egységként a saját tapasztalati úton szerzett modelljüket használják, amit előzetes tapasztalatok útján alkotnak meg. |
| Elfogadják a felkínált (egyszerű) magyarázatot és megismétlik őket. | Magyarázataik számára axiomatikus feltételeket találhatnak ki. |
| Részlegesen, de felismerik a metaforákat pl. mesékben. | Gondolkodási folyamataik annál rugalmasabbak, minél szélesebb, sokoldalúbb a tudásuk egy témával kapcsolatban. |
| Gondolkodásuk legtöbbször kétpólusú: helyes-helytelen, jó-rossz. | Feltevéseikben, indoklásaikban építenek az ok-okozati összefüggésekre. |
| Felveszik az irányított gondolatimpulzusokat, de az eredeti gondolkodásmintájuk nagyon erősnek bizonyul. | Önállóan veszik fel a gondolatimpulzusokat. |
| Egyszerű összehasonlításokat tudnak végrehajtani. | Analógián alapuló következtetéseket vonnak le, és összehasonlításra törekszenek. |
| A dolgokat és jelenségeket a tulajdonságok és funkciók segítségével próbálják megmagyarázni. | Képesek a felismeréseket áthelyezni, és ezzel felismerni az ellentmondásokat. |

| | |
|--|--|
| A gondolataikat még nem tudják nyelvileg megfelelően kifejezni. | Tudásuk bemutatását az absztrakció irányába kvalifikálják, mely még szinte teljesen a gyermeki köznyelvhez kötött. |
| „A többiek“ véleménye nagy befolyást gyakorol a gyermekek gondolkodására. | |
| Az önigazolás igénye rendkívül nagy jelentőségű. | |
| A magas emocionalitás első körben blokkolhatja a racionalitást. | |
| A gyerekeknek viszonylag stabil ön- és világképük van forgatókönyvek, prototípusok és klisék formájában. | |
| A számukra különös részletekre koncentrálnak. | |
| Filozófiai és kreatív fantáziával tűnnek ki. | |

3.2. táblázat

*Az általános iskolás gyerekek gondolkodási sajátosságai
(Schneider, 2003a)*

A 3.2. táblázat állításai alapján a 8-10 éves gyermekek már képesek természettudományos kísérletek elvégzésére, problémák megoldására. Ebben a munkában azonban még szükségesek számukra a *megfelelő instrukciók*, amelyek nemcsak a tanár, hanem a diáktársak részéről is érkehetnek. Lényeges, hogy a megismerési folyamat illetve problémamegoldás mindig *autentikus*, konkrét, megfigyelhető, érzékelhető vagy a gyermek által már átélt, megtapasztalt jelenségből, problémából induljon ki. Mivel *előzetes ismeretei* gyakran tévképzet forrásai lehetnek, lényeges, hogy azt feltárjuk és korrigáljuk. Ennek egyik módja a *kooperatív munka*, amelyben a tanulók egymás között felszabadultabban mondják el a problémával kapcsolatos előzetes információikat és gondolataikat, amelyeket a csoportban lévő többi tanuló véleménye alapján a gyermek mérlegel és meg is változtathat.

Ezek a szempontok megfontolás tárgyát képezik a természettudományos megismerés és problémamegoldás tanításának tervezésekor és annak kivitelezésekor.

3.3.3. Természettudományos gondolkodás és problémamegoldás kisiskolás korban

A természettudományos gondolkodás definiálásakor a különböző nézetek a természettudományos megismerés folyamatát és az ehhez szükséges képességeket emelik ki. Korom és munkatársai (2012) szerint a természettudományos gondolkodás specifikus elemei a *tudományos információk feldolgozásához, az empirikus vizsgálatokhoz, a modellalkotáshoz és a tudás adaptivitásának teszteléséhez szükséges készségek és képességek*. A természettudományos gondolkodás hasonló értelmezését olvashatjuk Chaille és Britain (2003) kisgyermekek természettudományos tanulásával foglalkozó tanulmányában, ami a természettudományos gondolkodást a világ felfedezésére, kérdések feltevésére, adatok gyűjtésére és a válaszok megtalálására vonatkozó tudásként definiálja. Ez utóbbi megfogalmazás már specifikus abban az értelemben, hogy a gyermek természettudományos gondolkodásának sajátosságait írja le. A kicsik még természetes kíváncsisággal fordulnak a természet jelenségei felé, azokról egyszerű és egyéni elképzeléseik vannak (Wilson, 2007). Egyszerű evidenciákban (ismeretekben, tényekben) gondolkodnak, amit később kezdenek összeegyeztetni a különböző teóriákkal. Az ismeretek jelentésének és felfogásának gyermeki értelmezése után azokat elméleti alapon kategorizálják. Ez a képességük vezet el az adatok gyűjtéséhez és azok bizonyos szempontok szerinti csoportosításához, továbbá az adatok értelmezése alapján kezdetleges következtetések és érvelések megfogalmazásához (Klahr, 2000, Lo és mtsai, 2002; Rhodes, Brickman és Gelman, 2008; Kuhn és Pease, 2008).

Az általános iskola 1–2. osztályában a kérdések feltevése, egyszerű *megfigyelések* tanári instrukciók segítségével történő végzése, tervezése, a megfigyelési eredmények megfogalmazása kerül előtérbe. A 3–4. osztályban az egyre önállóbb megfigyelések köre bővül. A megfigyelt tulajdonságokat képesek összehasonlítani, és ez alapján csoportosítani, rendszerezni. Kezdetben a tanulók a tárgyak vagy jelenségek egy tulajdonságát vizsgálják, amelyet a többi érzékszervet is bekapcsoló, többféle tulajdonságra figyelő tapasztalatszerzés követ. A különböző érzékszervekkel észlelt információk feldolgozása magában foglalja a sorbarendezést, az osztályozást, a térbeli kapcsolatok felismerését, a mérést és a számszerűsítést. A mérhető tulajdonságok vizsgálata lehetővé teszi a becsléssel és a

méréssel ismerkedést, a mérőeszközök, a mértékegységek, az egyszerű vizsgálati eljárások megismerését.

A *tapasztalatok rögzítése* kezdetben az íráskészség fejletlensége miatt elsősorban szóban, és rajzban történik. A 3-4. osztályos gyermek tapasztalatai rögzítésére már táblázatot, vagy egyszerű modelleket is képes alkalmazni.

A 3–4. osztályos tanulók még kevésbé képesek *több változó egyidejű kezelésére*. Ebből adódóan a tevékenységek tervezésekor célszerű figyelni arra, hogy a feladatok minél kevesebb változót tartalmazzanak. A tanulók ebben az életkorban kezdik felismerni a megfigyelés és a következtetés, illetve a tény és a vélemény közötti különbséget. Ekkor kezdődik a közvetlen tapasztalás útján nem megszerezhető ismeretek forrásaival való ismerkedés, az egyszerűbb *ismerethordozók körében való tájékozódás*. Már *egyszerű vizsgálatokat és kísérleteket* is végeznek, amelyekben a tanulók konkrét gondolkodása miatt lényeges a vizsgálati objektum fizikai jelenléte vagy közvetlen, érzékszervek útján történő érzékelése.

Ebben az életkorban a tanulók között már lehetnek a formális gondolkodás szakaszában lévő gyermekek is. Ezért a természettudományos megfigyelések és vizsgálatok tervezésénél arra is figyelni kell, hogy ezek a tanulók már képesek a problémák önálló megfogalmazására, egyszerű kísérletek tervezésére, előrejelzések, kezdetleges hipotézisek megfogalmazására, kísérlet végrehajtására, több változó egyidejű figyelembevételére és kezelésére, a megfigyelések, tapasztalatok saját szavakkal történő megfogalmazására, rögzítésére, az előzetes elképzelések és tapasztalatok, mérési eredmények összevetésére, az eltérések okainak keresésére, a mérés pontosságának értékelésére (Korom és mtsai, 2012).

A természettudományos megismerés és gondolkodás a tudomány experimentális jellegénél fogva nem nélkülözheti a *problémamegoldó- és laboratóriumi készségeket, jártasságokat* sem, amelyek kialakításhoz és fejlesztéséhez fontos kísérletezni. A kísérletezés logikai struktúrája magában hordozza a kutatómódszer alapját jelentő problémamegoldás folyamatának stratégiai lépéseit. A hazai központi tantervek (NAT, 1995, 2003, 2007, 2012) meghatározzák a természetmegismerés azon fejlesztési feladatait, melyekből Nagy Lászlóné (2008) kiemelte a természetismeret és biológia tantárgyakra vonatkozó legfontosabb feladatokat 1-12. osztályig. Ha a természetismeret (1-4. osztályig) fejlesztési feladatait a prob-

léramegoldó gondolkodás szemszögéből elemezzük, kirajzolódik a problémamegoldás startégiái folyamata (3.3. táblázat).

| <i>Természetismeret (1–4. osztály)</i> | |
|---|--|
| <i>Fejlesztési feladat</i> | <i>A problémamegoldás stratégiai folyamata</i> |
| Irányított észlelés, tapasztalás. | Problémafelvetés |
| Kérdések önálló megfogalmazása. | Hipotézisalkotás |
| Megfigyelés, kísérlet, vizsgálat végzése tanítói instrukciókkal, levegő, talaj, víz vizsgálata. | Tervezés, végrehajtás |
| Eredmények rendezése, elemzése, értelmezése. | Értékelés |
| Megfigyelés, kísérlet eredményeinek megfogalmazása saját szavakkal rajzban, írásban. | Prezentáció |

3.3. táblázat

A természetismeret tantárgy fejlesztési feladatainak és a problémamegoldó gondolkodás stratégiai elemeinek összefüggése az általános iskola 1–4. évfolyamán (Nagyné, 2008)

A 3.3. táblázatban bemutatott összefüggés egyértelművé teszi, hogy a problémamegoldás folyamatának melyek azok a fázisai (problémafelvetés, hipotézisalkotás, tervezés, végrehajtás, értékelés, prezentáció), amelyek elemzésének létjogosultsága van az általános iskola alsó tagozatában. Ezek a fázisok összhangban vannak a Gick és Holyoak-féle (1980) háromlépcsős kognitív modell összetevőivel.

A szakirodalomban kevés olyan tanulmány van, amelyik a *kisiskolások természettudományos problémamegoldó folyamatának* részleteit vizsgálja. Ezek a tanulmányok egyetértenek abban, hogy ebben az életkorban a problémamegoldást még nem lehet egy komplex, kiteljesedett, minden részletében tökéletesen vizsgálható folyamatként értelmezni. Britz (1993) a kisiskolások problémamegoldását egy négy lépcsős folyamatnak tekinti: 1) A probléma azonosítása; 2) A megoldásra vonatkozó variációk keresése

ötletbörze segítségével; 3) A megoldás kiválasztása és végrehajtása; 4) A megoldás értékelése. Mulligan (2001) gyermeki problémamegoldásra vonatkozó ötlépcsős modellje teljes hasonlóságot mutat Britz (1993) modelljével azzal a különbséggel, hogy a harmadik fázist megbontja, és külön lépésnek tekinti a megoldás keresését és a végrehajtás folyamatát. Ezek a szerzők azt is megjegyzik, hogy a kisiskolás gyermekeknek még nehézségei vannak a probléma pontos reprezentációjában, mivel sok esetben még nem rendelkeznek az ahhoz szükséges ismeretekkel és nyelvi kifejezőképességgel. Hipotéziseik és jóslataik fantáziadúsak, sokszor rögtönzösen alapulnak és kevésbé átgondoltak. Ugyanakkor igen nagy számú jóslattal élnek, amelyek között a megoldásra vonatkozó helyes alternatívák is megtalálhatók. Az információk keresésének módja, továbbá a helyes hipotézisalkotás csakúgy, mint a megoldás többi lépése, tanítható. Ez különösen fontos az általános iskola alsó tagozatában, ahol a megfelelő tanári instrukciók nélkül a gyermeki problémamegoldást a káosz uralhatja, és a folyamat átmehet értelmetlen találgatásokba.

A sikeres problémamegoldás gyermekkorban is igényli a problémamegoldó kompetenciák meglétét és fejlesztését. Mayer és Wittrock (2006) szerint a problémamegoldó kompetenciák az ismeretek szerzését és új szituációkban történő alkalmazásának képességét foglalják magukba. A legfontosabb problémamegoldó kompetenciákat a PISA felmérés tartalmi keretei a következőkben foglalják össze (OECD, 2010):

- 1) *A megoldáshoz szükséges kognitív folyamatok megléte, és működése*, amelyek a megoldásban mutatott tevékenységek és a megoldás produktuma által érzékelhetők. Ez a kompetencia tartalmazza a megoldásra vonatkozó ismeretek reprezentációját és annak manipulációját, a megoldás stratégiájának tudatos magyarázatát, a divergens és kritikai gondolkodás képességét (Mayer, 1992; Mayer és Wittrock 2006).
- 2) *A problémaszituáció megértése* a probléma létezésének érzékelésével kezdődik, amit a probléma megértése követ. A probléma gyakran változhat a megoldás során annak dinamikus természete miatt. A helyes reprezentáció így a gondolkodás rugalmasságát és megfelelő döntési képességet igényel (OECD, 2010).
- 3) *Lényeges annak belátása, hogy a megoldás nem mindig rutinszerű és nyilvánvaló folyamat*. Ennek oka az, hogy olykor hiányozhatnak a megoldáshoz szükséges ismeretek, vagy a megoldás módja lehet a meg-

szokottól eltérő, esetleg a régi megoldási módot kell új szituációban alkalmazni (OECD, 2010).

- 4) A megoldás sikerét jelentősen befolyásolja *a megoldó érdekeltsége és motivációja a probléma megoldásában*. Fontos, hogy kellő *önbizalommal* rendelkezzen és *higgyen* abban, hogy képes a probléma megoldására (Mayer, 1992; Mayer és Wittrock 2006).

Ezeknek a kompetenciáknak egy része már kisiskolás korban is létezik (a megoldáshoz szükséges előzetes ismeretek, érdekeltség, motiváció, ön-bizalom) és további fejlesztésre szorul. A megoldási folyamatra vonatkozó tudásuk azonban még hiányzik, amit csak később a problémamegoldás gyakorlásával érhetnek el. Knoblich, Ohlsson és Raney (2001) egyetért Britz (1993) állításával, miszerint a kisiskolás problémamegoldó kompetenciái közül a leggyengébb láncszem a probléma reprezentációja és a korrekt hipotézisalkotás, aminek okát ők is az ismeretek hiányában és azok kezdetlegességében látják.

A kisiskolás gyermek kognitív sajátosságait összegezve a legfontosabb tanulságok: 1) A kisiskolás gyermekek többsége a *kognitív fejlődés konkrét gondolkodás szakaszában* van. A genetikai adottságok és a környezet egymásra hatása eredményeként előfordul, hogy a gyermekek értelmi fejlődése felgyorsul és néhányan már formális gondolkodásra is képesek. 2) A természettudományos megismerés során tanári instrukciókkal *megfigyeléseket, méréseket, becsléseket és egyszerű kísérleteket végeznek*. 3) *Természettudományos problémamegoldásuk még kezdetleges*. A probléma reprezentációja még nehézkes, aminek okai között a megoldáshoz szükséges releváns ismeretek hiányát, illetve a nyelvi kifejezőképesség fejletlenségét (a természettudományos ismereteiket és gondolataikat még gyakran hétköznapi nyelven fejezik ki) említhetjük. A hipotézisalkotás még inkább jóslatnak tekinthető. Bár ötletgazdag, de sokszor a megoldásra vonatkozó átgondolatlan feltételezések halmazát jelenti. 4) A problémamegoldó kompetenciák kialakítása érdekében a problémamegoldást tanítani, tanulni és gyakorolni kell. A természettudományos problémamegoldás tanításakor a tanulók emocionális és motivációs tényezőit is figyelembe kell vennünk.

3.4. A tanulás jellemzői kisiskolás korban

3.4.1. Tanuláselméletek

A tanulásra vonatkozó elméletek a tanulás fogalmát és sajátosságait különböző nézőpontból közelítik meg. Ezért még ma sem létezik mindenki által elfogadott, egységes tanulási definíció. A hazai pedagógiai gyakorlatban az egyik legismertebb és legelfogadottabb Nahalka István (1998, 118. o) tanulás definíciója: „*A tanulás egy rendszerben vagy irányító részrendszerében a környezettel kialakult kölcsönhatás eredményként előálló, tartós és adaptív változás*”.

A tanulásról több tudományos kutatáson alapuló koncepció jött létre, ezek az ún. tanuláselméletek. Tanulmányunk céljait figyelembe véve a felsoroláson túl csak azoknak a tanuláselméleteknek a rövid bemutatására térünk ki, amelyek a fejlesztést szolgáló didaktikai programra hatással voltak.

A pszichológia és pedagógia fejlődésével a tanulás különböző nézőpontjai alakultak ki. Így az empirizmus, a *behaviorizmus*, ezen belül a klasszikus és operáns kondicionálás elmélete, a szociális tanuláselmélet, a *kognitív tanuláselméletek*, közöttük a tanulás gestalti értelmezése, Piaget kognitív konstruktivizmusa, Vigotszkij szociokulturális konstruktivizmusa, Bruner felfedezési tanulásfelfogása, valamint a *tanulás humanisztikus megközelítése* (Tóth, 2000). A modern tanulásfelfogások sorában kiemelendő a cselekvés pedagógiájának és a konstruktivizmusnak a tanulás értelmezésére gyakorolt hatása, továbbá a projekt és probléma-alapú illetve a kutatás-alapú tanulás.

Vigotszkij (1971) *szociokulturális konstruktivizmusa* szerint a tanulás a gyermek és környezete közötti intarakciókra épülő folyamat. A *legközelebbi fejlődési zóna* fogalmának értelmében a gyermek megfelelő segítség mellett magasabb kognitív fejlettségi szintre kerülhet, azaz a tanulás segíti és megelőzi a kognitív fejlődés folyamatát. A természettudományos problémamegoldás kisiskolás korban történő tanulása különös odafigyelést igényel a pedagógus részéről. Ahhoz, hogy az egyébként konkrét gondolkodás fázisában lévő tanuló képes legyen a már inkább formális tanulás stádiumára jellemző kognitív tevékenységre, meg kell teremteni az ehhez szükséges feltételeket, ami ebben az életkorban a tanulók emocionális és motivációs sajátosságainak figyelembevételével kezdődik. Ez a gyermek érzéseire történő reflexiót, az érdeklődésére épülő aktív tanulói tevékenység-

get igénylő természettudományos tanítási módszerek alkalmazását, a tanulók gondolatainak és véleményének folyamatos megnyilvánulási lehetőségét, az azokra történő visszajelzést jelenti. A természettudományos fogalmak kísérletek, megfigyelések segítségével történő tanulása és megértése szintén feltétele annak, hogy a gyermek magasabb fejlődési szintre kerüljön.

A természettudományos problémamegoldás fejlesztésének egy másik, fontos tanuláselméleti alapja a *konstruktivizmus*. Ez az irányzat a tanulásban az új információk értelmezését a gyermek már meglévő és kognitív rendszerében megtalálható szervezett információkhoz viszonyítja. Ezért ebben a folyamatban lényeges szerepe van a tanulók előzetes ismereteinek és azok feltárásának. A konstruktív tanulásfelfogás szerint a tanuló a tudást nem egyszerűen befogadja, hanem létrehozza, megkonstruálja (Nahalka, 1998). Az előzetes ismeretek feltárásában lényeges szerepe jut az olyan tanulási környezetnek, amelyben a gyermek hangosan mer gondolkodni. Ezt legtöbbször tanulótársai között teszi meg, ami miatt a konstruktivista tanulás egyik előnyt élvező módszere a kooperatív tanulás. A konstruktivista tanulási környezet további összetevői a problémamegoldás során az életszerű, autentikus problémák megoldása, a tanulás céljainak folyamatos hangsúlyozása és tudatosítása, továbbá a folyamatos önreflexió.

3.4.2. A gyermek tanulásának neurobiológiai értelmezése

A tanulás során az agy asszociációs tárában kódoljuk az információkat, amelyből a tartalmak a hasonlóság elvén hívhatók elő. Az asszociációkra épülő információs minták lényegesen befolyásolják, hogy mit érzékelünk, és ezt hogyan értelmezzük. Az agy akkor is megfelelő („jó”) interpretációs forma után kutat, ha az információ nem teljes, és magától is kiegészíti azt anélkül, hogy ez a személyben tudatosulna. Az észleléseknek folyamat- és eredményjellegük is van egyszerre. Mint folyamatok, elvárások által irányítottak, és ezzel az aktuális tudástól erősen befolyásolt kutatásként és összehasonlításként mutatkoznak. Mint termék, magyarázatként és interpretációként nyilvánulnak meg, amelyek aztán, mint tudás, ismét meghatározzák az észleléseket (Singer, 2003).

Az agy és a tanulási folyamatok fejlődése, amely az agy plaszticitása miatt lehetséges, kölcsönösen befolyásolják egymást. A tanulás folyama-

tában változik az agy mikrostruktúrája és működése. A neuronális térkép újjászerveződik, de az agy különböző stimulusokra reagál. Greenough, Black és Wallace, (1987) felvázolja az agyi plaszticitás azon neuronális mechanizmusainak modelljét, amelyek a tanulási folyamatok alapjául szolgálnak. Megkülönböztet egy *tapasztalatelváró* és egy *tapasztalatfüggő* agyi plaszticitást.

Az evolúciósan meghatározott tapasztalatelváró agyi plaszticitás olyan speciális jellemzők alapjául szolgál, mint a látás, beszéd, a szenzorikus és motorikus képességek. Ezt a túlnyomórészt genetikailag vezérelt plaszticitást az első életévekben tapasztalható szinapszisok számának növekedése gerjeszti. Ha nem rendkívül extrémén negatív körülményekről van szó, minden környezet elég ösztönzést biztosít ennek a fejlődésnek. Ezt a tanulási szakaszt bizonyos képességek elsajátításának kritikus fázisaként (*szenzibilis szakasz* vagy *fejlődésablak*) is jelölik. A kritikus szakaszokat különösképpen a specifikus képességek esetében kísérik figyelemmel. Ezek egy olyan időszakot jellemeznék, amelyben ezeknek a speciális képességeknek a fejlődése megy végbe. Természetesen nem úgy kell ezeket az időszakokat elképzelni, hogy hirtelen kezdődnek és végződnek, mint például ahogyan egy ablakot zárunk be. Bruer (2003) fejlődésrezervoárokról beszél, amelyek fokozatosan használódnak el. De mivel az egyes agyi régiók időben nagyon különbözően érnek, az egyes rezervoárok is különböző ideig állnak a fejlődési folyamatok rendelkezésére.

A gyermekkor az, amelynek során intenzív tanulási folyamatok zajlanak. Egy gyermeknek születésekor már ugyanannyi idegsejtje van, mint egy felnőttnek. A születés utáni első hónapokban gyors szinapszis képződés kezdődik, ami az agykéreg típusától függően három hónaptól kettő, három és öt évig tart (Bruer, 2003).

Amikor körülbelül háromévesen a szinapszisok sűrűsége elérte a csúcspontját, úgy működik, mint egy belső fejlődési stimulus, bekapcsolja az idegi szabályozóköroketés funkciója az alapvető képességek első jeleiként mutatkozik meg. Beáll egy platófázisra, ami – megint az agyi területtől függően – megmarad a következő hat-hét évben. A tanulási folyamatok ilyenkor különös mértékben függenek a személyes tapasztalatoktól. Egy hároméves gyermek agya például kétszer olyan aktív, mint egy felnőtté. Ez a legintenzívebb tanulás szakasza, amelyben egy ingergazdag környezet, ami sok tapasztalatszerzést tesz lehetővé, stimulálja és segíti a tanulási folyamatot.

Körülbelül a tizedik életévtől a pubertáskorig (egyed agyi területeken a 18. életévig) csökken a szinapszis sűrűség, amíg be nem áll a felnőtt agyának megfelelő szintre. Azon idegi kapcsolatok, amelyek kevésbé vagy egyáltalán nem aktiválódnak, fokozatosan kioltódnak. A szinapszisok eliminációja a teljes kognitív teljesítőképesség eléréséhez szükséges folyamat. Bizonyos agyi területek neuronjainak axonjai az érésük alatt a gyermekkorban a pubertáskorig idegrosttá fejlődnek, amely döntően megemeli a feldolgozó kapacitásukat, vagyis az idegi összeköttetések hatékonyabban dolgoznak. Másrészt minden neuronnak gondoskodni kell az anyagcseréjéről. Egy kétéves gyermek agya például kétszer annyi energiát használ fel, mint egy felnőtt agy. Ez az abszolút magas energiaráfordítás, miután az agy finomszerkezete kialakult, a szinapszisok leépítésével optimalizálódik. A fejlődő agy neurobiológiai keretét szab arra vonatkozóan, mit tanul a gyermek és milyen sorrendben tanulja azt. Először csak egyszerű struktúrákat tud az agy feldolgozni, majd erre építve a gyermek egyre komplexebb struktúrákat tud elsajátítani. A tanulás tehát neurobiológiai szempontból egy kumulatív folyamat (Spitzer, 2002, Schneider és Oberlander, 2008).

A kisiskolás neurobiológiai sajátosságai alapján igen intenzív tanulási képességgel rendelkezik, ami azt jelenti, hogy az életkorának megfelelő terhelés mellett és célzott tanítási és tanulási módszerek segítségével az életkorát meghaladó ismeretekre tehet szert, vagy azok megalapozása történhet (pl. részecskeszemlélet magalapozása (a víz részecskékből áll) az általános iskola 1. osztályában).

3.4.3. Az iskolai tanulás dichotómiái

Az iskolába való lépés előtt többnyire intuitíve tanulnak a gyermekek, amely az iskolába lépéskor szembekerül az *iskolai tanulóssal* (Gardner, 1994). Az iskolai tanulás egy didaktikailag előkészített, célorientált és mindig értékelt tanulás, ami kumulatív és példaszzerű tartalmak segítségével megy végbe (Schneider és Oberlander, 2008).

Az iskolai tanulás dichotómiái:

- 1) Egyszerre a *jelenre vonatkozó* és a *jövőre irányuló* folyamat, amelyben a gyermekek tisztában vannak a tanulás ráfordítás-haszon arányával. Tanulásuk annál tartósabb lesz, minél értelmesebbnek, hasznosabbnak és sikeresebbnek élik meg azt. Az iskolai tanulás ugyanakkor egy

hosszan tartó folyamat, amelynek újra és újra meg kell teremtenie a tartalmakhoz való kapcsolódás lehetőségét (Klafki, 1964).

- 2) Egy *szisztematikus rendszer*, amely figyelembe veszi bizonyos tartalmak egymás közötti hierarchiáját (Tóth és mtsai, 2007). Ugyanakkor *nyitott* a gyermekek érdeklődésére és kérdéseire.
- 3) *Irányított és önálló tanulás* is egyszerre, ami megfelelő szakértői tudást és kontrollt igényel. Egyszerre segíti a tanuló önállóságát és felelősségérzetét is.
- 4) *Eredmény- és folyamatorientált tanulás*. A modern tanulási stratégiák mind tartalmilag, mind módszertanilag fokozottan a folyamatorientációra helyezik a hangsúlyt, és így célzottan olyan metakognitív kompetenciákat támogatnak, mint a tanulás tanulásáról és az önálló tanulás képességéről való tudást.
- 5) Az iskolai tanulás *szociális összefüggésekben individuálisan* zajlik. A különböző munkaformák, mint az önálló munka, a párban végzett munka és a csoportmunka figyelembe veszik az egyén és a közösség kettősségét a tanulásban, és egyidőben lehetővé teszik a személyes- és szociális kompetencia fejlődését is.
- 6) Poddjakov (1981) két tendenciára hívja fel a figyelmet, amelyek a tanulási folyamat során hatnak, és egymást kölcsönösen befolyásolják:
 - a) *Az érthető ismeretek bővülnek* és elmélyülnek.
 - b) Ezek köré formálódik egy *kallódó, bizonytalan ismeretekből álló kör*, ami feltételezések és kérdések formájában tartósan stimulálja a szellemi aktivitást. Meg van arról győződve, hogy a gyermekben mindig lesznek bizonytalan ismeretek, amelyek szerkezete és sajátosságai lényeges befolyást gyakorolnak a gyermek megismerő tevékenységére. A gyermek szellemi fejlődését nem csak az egzakt ismeretek és képességek struktúrája, és az azokkal való ténykedés határozza meg, hanem a még éppen születendő, nem teljesen egyértelmű ismeretek szerkezete is.

3.4.4. Az iskolai tanulás mint társas folyamat

Minden tanár tisztában van azzal, ha sikeres tanulást akar kezdeményezni, figyelembe kell vennie tanítványai már meglévő tudását. Tanítása során olyan, a diákok számára megfelelő didaktikai eljárásokat alkalmaz, amelyek révén az egyes diákot képessé teszi arra, hogy világ- és énképének, valamint cselekvésrepertoárjának megfelelően tudja az új ismerete-

ket a már meglévő sémáihoz igazítani. Ebben a folyamatban a kiindulópontot a tanuló aktuális tapasztalatai jelentik, amelyek alapján önállóan tud cselekedni. Vigotszkij (1987) szerint ahhoz, hogy kihasználjuk az iskolai tanulás fejlesztési lehetőségeit, minden gyermek számára meg kell határozni a legközelebbi fejlődési zónát. Ezzel Vigotszkij (1987) különbséget tesz a között a két szint között, amelyen a gyermek irányítás mellett vagy egyedül képes megoldani feladatait. A megoldott feladatok és gyakorlatok transzferálhatók az új fejlődési zónára. A tanulás fő jellemvonása (főleg az első szinten) az együttműködés. A következő fejlődési övezet szociális interakcióra és inputra utalt: *„Ha egy gyermek ma egy másik ember segítségével képes megbirkózni valamivel, akkor azt holnap már önállóan is véghez tudja vinni.”* (Vigotszkij, 1987, 448. o.) Az együttműködés szerepét hangsúlyozva vallja, hogy a személyes önmegvalósításnak és a szociális kiegyenlítődésnek a csoportmunkában kéz a kézben kell járnia. *A tanulás mindig egy mélységesen szociális folyamat*, amelynek során az együttműködés sokféle formában mehet végbe. Tartalmazza a tanár gyakorlatra és elméletre vonatkozó instrukcióit, a gyerekek közötti páros- és csoportmunkát, a szakértőkkel való eszmecserét és a médiák használatát. Bruner (1973), amerikai tanuláspszichológus Vigotszkijhoz hasonlóan megállapítja, hogy az iskolás gyermeknek olyan problémákkal kellene konfrontálódnia, amelyek tapasztalati horizontjának határán vannak, és azt a rákövetkező fejlődési szint felé mozdítják. A jól kidolgozott közepes nehézségű kérdésekkel lehet leginkább előmozdítani az intellektuális fejlődést. A tanári kérdések, illetve elvárások megítélésének mércéjét, azok felosztását „könnyű”, „közepes” és „nehéz” típusúra mindig a gyermek egyéni fejlettségi szintje határozza meg. Azok a kérdések egyszerűek egy gyermek számára, amelyeket egyedül, segítség nélkül képes megválaszolni. A közepes nehézségű kérdésekkel erőfeszítések árán, adott esetben mások segítségével tud boldogulni. A gyermek az olyan kérdéseket érzi nehéznek, amelyeket általában segítséggel sem tud kielégítően megoldani. Sem a könnyű, sem a nehéz kérdések nem indítanak be tanulási folyamatot. Az első esetben a gyermek alulmotivált, a második esetben pedig túl sokat várnak el tőle.

3.4.5. Az iskolai tanulás mint hosszan tartó folyamat

Aebli (1994) az iskolai *tanulás időbeli lefolyásának* elemzése során kiemeli, hogy az iskolai tanulás egy hosszan tartó folyamat. Ezt az állítását a tanulásban lejátszódó folyamatok időigényességével támasztja alá:

- 1) A gyermekeknek időre van szükségük ahhoz, hogy *gondolataikat, elképzeléseiket kidolgozzák, megfogalmazzák, megvitassák és leteszteljék.*
- 2) Idő kell az *ismétléshez, a gyakorláshoz* és az elképzelések kipróbálásához.
- 3) Időt kell kapniuk *a játékra és a mozgásra.*
- 4) A gyermekeknek időre van szüksége *figyelmük irányításához, koordinálásához és kiterjesztéséhez.* Alkalmat kell nekik adni arra, hogy a figyelem fókuszálásával elég hosszú ideig és elmélyülten foglalkozhassanak egy tárggyal vagy jelenséggel és megismerjék azt. Maria Montessori (2002) a tanulás ilyen irányított és elmélyült formáját a *figyelem polarizációjának* nevezi.
- 5) A gyermekeknek időre van szükségük a *fogalmi gondolkodásuk fejlődéséhez is.* Vigotszkij(1987) a fogalmi gondolkodás fejlődésének kiindulópontját abban látja, hogy minden gyermek egy megfejtett, szimbolikus világba születik, ami a gondolatok szavakba öntésének módját is meghatározza számára. Hallja a szavakat a felnőttektől, felfogja őket és felhasználja a másokkal való kommunikációban. Amíg azonban a felnőttek képesek az elvont fogalmi gondolkodásra, addig a gyermekek adott fogalom meghatározására használt verbális kifejezései jelentésükben még nem feltétlenül egyeznek meg a fogalom valódi jelentésével. Az elvont fogalmi gondolkodás kialakulása az intellektuális funkciók hosszú távú fejlődési folyamatának van kitéve, amely a kisgyermekkorban veszi kezdetét, és a késő gyermekkorig tart. Ez a folyamat cél-, feladat- és igényorientált cselekvésekben megy végbe. A feladatok, a célok és az igények szükséges elemei a fogalomképző folyamatoknak, mert a gondolkodási folyamatokat ezek indítják be. Az iskola előtt álló gyerekek már képesek cél-, feladat- és igényorientált cselekvésekre. Megvannak a feltételeik ahhoz, hogy a fogalmak alkotásához szükséges intellektuális funkciókat kifejlesszék. A fogalmak jelentésére használt első gyermeki kifejezések és szavak a valóság *szinkretisztikus* leképeződései (Schneider, 2003a). Ez azt jelenti, hogy gyermekek a világban észlelt tárgyakról és jelenségekről alkotott saját benyomá-

saikat tartják a tárgyak és jelenségek valós tulajdonságainak. Közvetlen észleléseik keretében a különböző tárgyakat és jelenségeket szubjektív, spontán, gyorsan változó kritériumok alapján kapcsolják össze. Így a világ sajátos és egyéni leképeződéseit hozzák létre. A gyermekek világról alkotott fogalmai nyelvileg fejeződnek ki, olyan szavak segítségével, amelyeket a gyermekek a környezetükből vesznek át. Ezek a szavak és kifejezések azonban a fogalmaknak gyakran csak funkcionális megfelelői. Ez azt jelenti, hogy a gyermek a szó és kifejezés mögött még nem a fogalom valódi jelentését látja. Ezért a fiatalabb gyermekek, beleértve a kisiskolás korosztályt is, még egy hosszán tartó fogalomalkotási folyamat elején járnak.

3.4.6. A tanulás mint belsőleg motivált tevékenység

Az általunk alkalmazott didaktikai program egyik alapkoncepciója, hogy a gyermekeket ténylegesen a tanulási folyamat alanyának tekintjük. Ez a gyermekek tanítási-tanulási folyamatba való tudatos és felelősségteljes bevonását jelenti. Ehhez figyelembe kell venni a gyermekek iskolai tanulás iránti igényeit. A gyermeknek akkor van kedve és hajlandósága a tanuláshoz, ha:

- értelmét és hasznát látja a feladatnak;
- sikert és megerősítést remélhet;
- úgy látja, szem előtt tartják azt, ami iránt érdeklődik;
- tudja, miről van szó, mit kell, illetve akar elérni;
- a követelményeket kihívónak, ugyanakkor elérhetőnek éli meg;
- beigazolódni látja azt az elvárását, hogy tanulása sikeres lesz

(Hodson, 1998; Schneider, 2003a).

Ebben a folyamatban a belső motiváció egy igen döntő tanulási tényező. Ekkor a tanuló önmaga miatt hajtja végre a tanulási cselekvést, mert kíváncsi és ösztönözve érzi magát a tanulás folyamatában. Minden tanuló más személyiség, következésképp minden gyermek más-más motivációs mintával rendelkezik. Ezért tudnunk kell azt, hogy tanulónk milyen motívummal rendelkezik az általa előnyben részesített tanulásformával szemben (3.4. táblázat).

| <i>Motívum</i> | <i>Előnyben részesített tanulás</i> |
|------------------------------|--|
| Teljesítményigény | Egy versenyhelyzethez igazított tanulási környezet |
| A kíváncsiság kielégítése | Önmaga által irányított és problémamegoldáshoz igazított tanulás |
| Kötelességteljesítés | Világosan definiált célok és egyértelmű instrukciók |
| A szociális kapcsolat igénye | Egy együttműködéshez igazított tanulási környezet |

3.4. táblázat:

*Az előnyben részesített tanulásforma motivációs háttere
(Schneider és Oberlander, 2008)*

Ha az iskolai tanulás különböző motívumai szerint variáljuk a tanulási környezetet, akkor minden gyermek igényeivel szemben korrekt módon járunk el. A cél az, hogy a gyermekek belső motivációját felkeltsük és ébren tartsuk. Annak az esélye, hogy ezt elérjük, nagyobb, ha az alkalmazott feladat a következő fejlődési zónában van, és a gyerekek kooperálhatnak egymással a tanulás folyamatában. Ha ez a tanulás során egyedül is megy, kitűzik a cselekvés kereteit, megbeszélik a megfelelő szabályokat és a feladatukra koncentrálnak. Ahhoz, hogy a tanár a tanulás kognitív és emocionális tényezőit egyidejűleg szem előtt tartsa, figyelnie kell arra, hogy:

- a gyerekek a figyelmüket egy érthető, jól körülhatárolt cselekvéstérre irányítsák (→ a tanulási célok ismerete);
- a jól körülhatárolt cselekvéstér keretein belül sokféle cselekvésre legyen lehetőség (→ az önállóság és a kooperáció lehetősége; korlátolt nyitottság);
- a cselekvésre vonatkozó követelmények összefüggőek és egyértelműek legyenek, világos, egyértelmű visszajelzéssel járjanak együtt (→ a tanulás kritériumainak ismerete, a tanulás reflexiója);
- minden gyermek számára jelezze azt a meggyőződését, hogy képes megbirkózni a feladattal, ha igyekszik, és ha segít a problémák megoldásában (→ az önérték erősítése);
- a gyerekek közös munkáját megszervezi és támogatja (→ a következő fejlődési zóna, mint a közös munka zónája);
- minden lehetséges zavaró tényezőt kizár (→ szelektív és polarizált figyelem) (Schneider, 2003a).

3.4.7. A természettudományos tanulás sajátosságai

Singer (2003) szerint a természettudományos tanulás egy harmadik-személy-perspektívából történő és *objektív jelenségekre (pl. mozgás, erő, szaporodás, égés, stb.) irányuló megismerési folyamat*. A természettudományos fogalmak és összefüggések objektív jellege és a természettudományos megismerés módja a természettudományokat a történelem során kialakuló *sajátos kultúrává* tette (Berger és Luckmann, 1991).

A természet objektív jelenségeivel a gyermek születésétől fogva találkozik, annak szerves része. Ismereteit tapasztalatok útján szerzi és integrálja gyermeki gondolkodási sémáiba. A világról alkotott képe még az óvodában is *naiv elképzelések* halmaza. Amikor a gyermekek iskolába mennek, ezeket a naiv elképzeléseket viszik magukkal. Az iskola kezdetén a *tudományos koncepcióik még hiányoznak*. A természettudományos szaknyelv és szimbólumok használata, az elméletek megértése és létrehozása, a modellezés, a rendszer és a komplexitás megértése még kezdetleges szinten vannak (Shepardson és Britsch, 2001; Ford, 2006; Liu és Lesniak, 2006).

Ahogy a természettudomány a tudományok egy sajátos kulturája, úgy a természettudományos tanulás is sajátos jelleget ölt. Az általános iskolás gyermekek számára ebben a tanulási folyamatban a kiindulópont a *természettudományos megismerés iránti érdeklődés felkeltése*. Ebben elsődleges szerepe van a gyermek *felderítő, kutató tevékenységének*, amely által eljutnak az általános felismerésekhez. A megismerés induktív útja azonban a természettudományos megismerés során együttjár a deduktív megismerési móddal, a kettő szerves egységben jelenik meg (Schneider, 2003a).

A természettudományos vizsgálatok és megfigyelések elvégzéséhez a kisiskolás korban még *ösztönzés és instrukciók szükségesek*. Kezdetben csak a jelenség egy adott jellemzőire tudnak koncentrálni, amit később egy többszemponú irányított megfigyelés követ. A megfigyelés folyamata csak akkor lehet sikeres, ha ehhez a tanulók rendelkeznek azokkal a fogalmakkal és ismeretekkel, amelyek segítségével a megfigyelés tapasztalatait ki tudják fejezni. A megfigyelések során nemcsak az előzetes ismeretek alkalmazása történik, hanem a tanulók új ismereteket is szereznek. Ezek az ismeretek azonban akkor válnak tudásuk részévé, ha azokat különböző kontextusokban alkalmazni is tudják (Hodson, 1998).

Schneider (2003a) megkérdőjelezi a kisiskolás korban történő természettudományos tanulás létjogosultságát, amit a természettudományos megismerés absztrakt mivoltának tulajdonít. Hogy mégis indokolt ebben az életkorban a természet rejtelmeit tanulni, azt a következőképpen indokolja:

- 1) A fogalmi gondolkodás fejlődése konkrét cél-, feladat- és igényorientált cselekvések összefüggésében megy végbe, amelynek során a feladatok, célok és igények intellektuális gondolkodási folyamatokat indítanak be. Az általános iskolás gyermekek már képesek ezekre a cselekvésekre, amelyek kezdeményezése és támogatása segíti azoknak a szellemi funkcióknak a fejlődését, amelyek szükségesek a fogalomalkotáshoz.
- 2) Az általános iskolás gyerekek intellektuálisan a *pszeudo (ál)- és potenciális (rejtett) fogalmak* szintjén mozognak. A pszeudofogalmak empirikus általánosítás útján, a potenciális fogalmak pedig a jellemzőket elhatároló absztrakció útján keletkeznek. Mindkét, a fogalmi gondolkodás alapját képező szellemi műveletre képesek az általános iskolás gyerekek. Ez azt jelenti, hogy az általános iskolában végzett természettudományos tanulásnak az empirikus általánosító és az absztrakciós teljesítmény elősegítésére egyaránt nagy hangsúlyt kell fektetnie, mivel a természettudományos gondolkodás jövőbeni fejlődésében mind a pszeudo- mind a potenciális fogalmaknak jelentős szerepe van.
- 3) A természettudományos tanulás nem jelent egyet a természettudományos tartalmak tanulásával, megismerésével. Lényeges kiegészíteni azt a természettudományos megismerési módszerek elsajátításával. Az általános iskolások számára intellektuálisan mindkét aspektus elérhető. A nyolcéves gyerekek képesek a reverzibilis, az ok-okozati és a feltételes gondolkodásra. Ez azt jelenti, hogy képesek felismerni, milyen kapcsolat van az állatok és a növények között, és hogy milyen következményei lehetnek az ember tevékenységének a természetre és környezetre nézve. A számukra bemutatott természettudományos módszereket képesek elsajátítani, képesek megtanulni mi az, hogy tudományos kérdés, és fel is tudnak tenni effajta kérdéseket. Képesek feltevéseket megfogalmazni, megfigyeléseket és egyszerű kísérleteket végezni.
- 4) A természettudományos tanulás rá van utalva a természettudományos fogalmak, összefüggések és modellek bevezetésére. Az alkalmazott

fogalmak befolyásolják a tanulást. A tanár által bevezetett fogalmakat, mint pszeudofogalmakat, illetve potenciális fogalmakat fogják fel a gyerekek. Ezeket tudják használni és ezek a szellemi tevékenységek készítik elő a fogalmi tudás következő szintjére való átmenetet.

A természettudományos tanulási folyamat elején a tanár irányítja a diákokat. A helyes didaktikai eljárás az, ha először megállapítja, hogy milyen előzetes elképzeléseik vannak már a gyermekeknek az elsajátítandó természettudományos jelenségről. Ezeket az elképzeléseket a tanár a tanulási folyamat aktív komponenseiként használja fel (Pugh, 2004; Chiu és Lin, 2005; Liu és Lesniak, 2006). Az *előzetes fogalmak feltárásán* túl lényeges a tanulási egység jelentésének, *céljainak és kritériumainak* együttes *kidolgozása* és megbeszélése (Hodson, 1998).

A tanár feladata, hogy a tanulókat érzékennyé tegye az őket körülvevő világ *természettudományos problémáival* szemben. A természettudományos problémák feltárása a tanulás egyik *kiindulópontja*. A tanulás során a tanulók önállóan létrehozott összefüggéseket állapítanak meg tapasztalataik és a természeti jelenségek között, miközben egy *sajátos kérdés- és beszédkultúrát* sajátítanak el. A tanulás e szakaszában a tanár kerüli a „zárt” kérdéseket, mivel a kérdésnek ez a formája hátráltatja a gondolkodás fejlődését, nem ad lehetőséget a kreatív gondolatok minél szélesebbkörű nyelvi kifejezésére (Shapiro, 1995; Liu és Lesniak, 2006).

A tanár az egyes jelenségeket besorolja egy nagyobb kapcsolatrendszerbe, ami az elméletalkotás (feltételezés, hipotézisalkotás, kísérlet) első kísérleteit teszi lehetővé. Bevezeti a gyermekeket a természettudományos munkamódszerekbe, és megszervezi azok szisztematikus alkalmazását.

A hétköznapi és a természettudományos magyarázatok még túlnyomórészt a gyermekek nyelvén kerülnek megfogalmazásra. A szemléltetést részletes, a tanulók életkorának megfelelő magyarázat kíséri. Lépésről lépésre tanulják meg, hogyan kell a táblázatokból, diagramokról leolvasni az adatokat, és hogy hogyan tudják ezeket maguk elkészíteni. Minden tanulási tevékenységük kapcsán visszajelzést kapnak a tanáruktól és diák-társaiktól haladásukat illetően.

3.4.8. A természettudományos problémamegoldás tanulásának folyamata kisiskolás korban

Reif és Larkin (1993) többéves vizsgálatuk során a természettudományos problémamegoldás nehézségeit tanulmányozták középiskolás tanulók körében. A vizsgálat részeként a problémamegoldásra vonatkozó deklaratív és procedurális ismeretek szerepét egyaránt elemezték a nehézségek kialakulásában. Úgy találták, hogy a megoldás folyamatára vonatkozó procedurális tudás hiányának nagyobb szerepe van a megoldás sikertelenségében. Ezért olyan tréninget szerveztek, ahol a megoldás folyamatának tudatos alkalmazását tanították a tanulóknak, akik ezáltal jobban teljesítettek a természettudományos problémák megoldásában. A vizsgálat lényeges következtetése volt, hogy *a problémamegoldás folyamata tanulható és tanítható*, kiemelve a problémák reprezentációját, a megoldásra vonatkozó döntési képességet, a megfelelő megoldási módszerek kiválasztását, és a hibákból történő következtetések levonásának képességét. Silver és Marshall (1990) középiskolás tanulók matematikai problémamegoldásban nyújtott teljesítményét tanulmányozva hasonló következtetésre jutott. A matematikai problémafeladatokban elért eredmény erős összefüggést mutatott a problémamegoldás folyamatának tudatos alkalmazásával. Azok a tanulók, akik megtanulták a megoldás folyamatának módját, sikeresebbek voltak a matematikai problémafeladatokban. Ebből az eredményből vonták le ők is *a problémamegoldás tanulhatóságára és taníthatóságára* vonatkozó következtetésüket.

A természettudományos problémamegoldás mint kognitív képesség fejleszthető, folyamata tanulható és tanítható az iskolában. A gondolkodás fejlesztésére vonatkozó kutatások két fő álláspont köré csoportosíthatók: 1) Az explicit mód a tantárgyaktól és tantervektől független fejlesztést jelent, míg az 2) implicit fejlesztés a gondolkodást az egyes tantárgyakba ágyazva fejleszti (Molnár, 2006c).

A problémamegoldás fejlesztésében az *explicit és implicit fejlesztési mód a direkt és indirekt fejlesztés kifejezésére* szolgálnak. Lin (2001) a problémamegoldásról vonatkozó deklaratív tudás fejlesztésének eredményeiből arra következtetett, hogy a tudásra vonatkozó meggyőződések, illetve tárgyi tudás tekintetében leginkább az *implicit módszerek* az eredményesek. Péntek Imre (2000) értelmezésében az implicit fejlesztés a kontextuális diverzifikációt és a kontextus-struktúrálást jelenti. Azaz, mi-

nél több és változatosabb helyzet (feladatok különböző tantárgyi tartalomhoz kötve és különböző szituációkban) megteremtését annak eldöntésére és felismerésére, hogy az adott probléma megoldása helyes-e vagy sem: hogyan, hányféleképpen gondolkodhatunk egy problémáról; értjük vagy nem értjük a feladatot stb. Lin (2001) azt is megjegyzi, hogy ha a feladatmegoldás mikéntjére vonatkozó metakognitív kifejezéseket (például elolvasom a feladatot, megértem, átgondolom, helyes vagy nem helyes) összegyűjtjük, tudatosan bemagoltatjuk és alkalmazzatjuk a gyerekekkel, akkor nem sokat érünk el a fejlesztés terén, sőt időnként a megoldás lelassítását, és a teljesítmény csökkenését érzük el vele.

A procedurális tudás fejlesztése terén ugyanakkor a tantárgyi tartalomhoz kötött *explicit stratégiafejlesztésnek* tulajdonítanak nagyobb jelentőséget (Gredler, 1997; Mayer, 1998). Ez különösen azokban az esetekben igaz, amikor az alacsony teljesítmény oka éppen a feladat- vagy problémamegoldás stratégiájának hiánya.

A „fogalmi váltás” elmélete szerint a kognitív képességek fejlődése, beleértve a problémamegoldást is, az iskolában többnyire valamilyen tantárgy keretében a tantárgy ismeretanyagának elsajátítása közben történik, amelyek azt követően transzferálhatók más tudományterületre, illetve jól alkalmazhatók a mindennapi élet problémáinak megoldásában is (Carey, 1985). Mai oktatási rendszerünk a tanóra keretében történő ismeretelsajátítást részesíti előnyben, így ezt a lehetőséget kell figyelembe vennünk a fejlesztés során. A természettudományos tantárgyak közös experimentális jellege lehetővé teszi, hogy a fizika- biológia- és kémiaórán elsajátított problémamegoldó stratégiákat a másik természettudomány problémáinak megoldásában is használhassuk. Így a problémamegoldás tantárgyi tartalomhoz kötött fejlesztése a természettudományos tantárgyak közötti belső transzfert, míg a mindennapi élet problémáinak megoldásában egy kifelé irányuló, külső transzfert tesz lehetővé.

A természettudományos problémamegoldás fejlesztését már kisiskolás korban érdemes elkezdni. A kognitív fejlődés piaget-i felfogás szerint a problémamegoldás fejlesztésének feltétele a formális gondolkodás megjelenése, ami 11 éves korra tehető. A *neo-piaget-i elméletek* azonban azt vallják, hogy akár egy nyolcéves gyerek is eljuthat az értelmi fejlődés legmagasabb szintjére. Így semmi akadálya sincs annak, hogy próbálkozássokat tegyünk már az általános iskola alsó tagozatában is. A kisiskolás gyermekek ezen képességeit leginkább a hangos gondolkodás módszerével

érdemes fejleszteni és mérni is. Életkori sajátosságuk a közvetlen, szorongásmentes környezetben történő felszabadultabb, őszintébb és nyíltabb gondolat kifejezés, amely révén könnyebben juthatunk a gondolkodást kísérő információkhoz is. Már ekkor érdemes megtanítani őket a természettudományos problémák megoldási módjainak alapjaira, a problémamegoldás elemi stratégiáira. Ezek a stratégiák később bővülnek, amely egy korán elsajátított, biztos alapokon nyugvó stratégiai tudásra építkezve jobb problémamegoldóvá és gondolkodóvá teheti tanulóinkat.

A problémamegoldás fejlesztésére a legtöbb példát a matematika tantárgyban találjuk. Az egyik leghíresebb ezek közül a „flamand fejlesztő program”, amely Verschaffel és munkatársai (1999) nevéhez fűződik. A kísérleti tanítás során a tanulás és tanítás tartalmát, a problémák jellegét, az oktatási technikákat és az osztálytermi kultúrát variálta a problémamegoldás és a metakognitív tudás fejlődése érdekében. Ez a kísérlet a procedurális tudás mellett voksolt, amelyet explicit módon fejlesztett. Az általa alkalmazott és tudatosított stratégia öt lépcsőből állt: 1) Mentális modell alkotása a valóságos tapasztalatok felhasználása révén, 2) megoldási terv készítése, 3) Számítások elvégzése, kivitelezése, 4) Az eredmények értelmezése, 5) a megoldás értékelése. Ez a stratégia alapjaiban megegyezik a Pólya György (1957) által felvázolt lineáris problémamegoldó stratégiával.

Csikos Csaba (2007) a külföldi vizsgálatok mintájára és tapasztalataira építve általános iskolás negyedik osztályos tanulókkal a metakognitív stratégiák fejlesztésén keresztül kívánta a tanulók matematika tantárgyban elért teljesítményének növelését elérni. Kísérleti tanításainak során nagy hangsúlyt fektetett a metakognitív stratégiák megismertetésére (deklaratív metatudás), és azok használatának elősegítésére (procedurális metatudás). A stratégiai elemek a következők voltak: a matematika feladatok eredményeinek értelmezése, hétköznapi tudás felhasználása, megoldás tervezése, megoldások értékelése, hibakutatás, integrálás, ami szintén analóg a problémamegoldás menetével.

A természettudományos problémamegoldás fejlesztésére a legtöbb példát a fizika és kémia tantárgyakban találjuk és azokat is középiskolások vagy egyetemisták körében (Bolton és Ross, 1997; Johnstone és Otis, 2006; Bennett, 2008; Gok, 2010). A természettudományos problémamegoldás folyamatának tudatosítására végzett fejlesztő kísérletet Revákné (2003), amelynek során a megoldási folyamat tudatossága és a megoldáshoz szükséges gondolkodási műveletek szintje között keresett összefü-

gést. A kísérletet a középiskolai biológia tantárgyban végezte. A megoldási folyamat tudatossága és a gondolkodási műveletek szintje között pozitív együttjárást igazolt.

A kisiskolások körében végzett fejlesztő kísérletek száma kevés, amelyek a Pólya-féle modell (1957) alapján a megoldási folyamat tudatosítását kívánják elérni (Brown, 1990; Britz, 1993; Mulligan, 2001; Defeyter és German, 2003; Elliot, 2007) Ezeknek a fejlesztő kísérleteknek a tanulsága minden esetben az, hogy a kicsiknek még nehézkes a megoldás céljait és problémáit megfogalmazni, illetve a megoldás folyamata végig tanári segítséget igényel.

Mivel ezek a fejlesztő kísérletek a problémamegoldási modellek szűk körét alkalmazzák, kétséges, hogy mennyiben tükrözik a gyermeki gondolkodás sokszínűségét. Lefedik-e a gyermekekre jellemző megoldási folyamat ezektől a modellektől eltérő „szabálytalanságait”? Létezik-e a klasszikus modellektől eltérő, a folyamat lépéseit más sorrendben struktúrázó gyermeki problémamegoldás?

A problémamegoldás iskolai tanulási folyamatának alapfeltétele a jól szervezett, strukturált tanulási környezet megteremtése. Ez magában foglalja a megfelelő osztálytermi környezetet, a tanuláshoz szükséges időt, a tanulás emocionális és motivációs feltételeit, a tanulás szociális kapcsolat rendszerét, a pedagógus problémamegoldás tanításához szükséges kompetenciáit és a megfelelő tanulási és tanítási módszereket (Mayer, 2008).

Reynold és Muijs (1999) szerint a természettudományos problémamegoldás tanulásához szükséges környezet összetevői:

- A *megfelelő tér és hely* biztosítása az osztályteremben történő kísérletek és vizsgálatok elvégzéséhez, aminek kialakításába a gyermeket is érdemes bevonni.
- A megoldás folyamatához szükséges *elegendő idő* biztosítása. A kisiskolás gyermek megfigyelései során elmélyülten, teljes figyelem koncentrációval tanulmányozza a természet jelenségeit, amit ha idő hiányában megszakítunk, veszélyeztetjük a megoldási folyamat iránti érdeklődését és a megoldási végigvitelét.
- A *pedagógus mint moderátor*, aki végig figyelemmel kíséri és instrukcióival segíti a tanulók problémamegoldásának folyamatát. Folyamatos kapcsolat tart a tanulókkal, monitorozza a megértés, az ismeretsajátítás és a képességek fejlődésének folyamatát, feltárja és korrigálja a tanulók tévképzeteit, munkájukat konstruktív módon segíti.

- A tanulás szociális jellegének kiaknázása, a *kooperatív problémamegoldás* előnyben részesítése. Ez kisiskolás korban azért fontos, mert a tanulók a megoldáshoz szükséges különböző képességekkel rendelkeznek, amelyek a kooperatív munka során kiegészítik egymást és sikeresebb megoldáshoz vezethetnek.
- A tanulók *széleskörű aktivitásával* az ismeretelsajátítás hatékonyságának növelése, amelynek fontos elemei a tanulók előzetes tudásának feltárása, az új ismeretek megszilárdítása és elmélyítése. A megoldáshoz szükséges *sokféle forrás és eszköz felderítése és felhasználása*, ami abból következik, hogy a kisiskolás gyermek a legtöbb ismeretét a tárgyakkal történő manipuláció során szerzi meg (Brown, 1990). A különböző tárgyakat a problémamegoldás során sokrétűen és kreatívan alkalmazza, mivel még kevésbé hajlamos a tárgyakhoz kötődő funkcionális fixációra (adott tárgynak csak egy, a korábbi tapasztalatokra épülő funkció tulajdonítása) (Defeyter és German, 2000).

A kisiskolás gyermekek tanulási folyamata (beleértve a problémamegoldás tanulását is) még fokozottan igényli a tanári irányítást és instrukciókat. A pedagógus akkor lesz képes a gyermekekből jó problémamegoldót nevelni, ha önmaga is az, és így példakép illetve modell lehet a tanulók számára. Amennyiben ez a feltétel teljesül, úgy képes lesz hatékonyan irányítani a problémamegoldás tanulási folyamatát és alkalmazni a megoldás tanításának princípiumait:

- A kisiskolás gyermek még inkább emocionális, mintsem kognitív személyiség. A tanulás folyamatában elsődleges szerepe van a téma iránti érdeklődés felkeltésének és fenntartásának. Ez a problémamegoldás esetében csak akkor lehetséges, ha a kiinduló probléma a gyermek számára *autentikus, való életből származó probléma*.
- Már a kisgyerekeknek is *látnia kell a megoldás célját*, amit csak tanári segítséggel és folyamatos megbeszéléssel lehet biztosítani.
- *Fel kell tárni és tudatosítani kell* a megoldáshoz szükséges deklaratív és procedurális ismereteket.
- Az állandó és folyamatos visszajelzések révén fel kell *hívni a figyelmet a hibákra, tévképzetekre, és biztosítani kell azok korrekcióját*.
- A problémamegoldás folyamatának tudatosítása érdekében *lehetőséget kell adni a megoldási folyamat különböző kontextusban történő gyakorlására*.

- Olyan légkört kell teremteni, amelyben a gyermek ötleteit és gondolatait bátran el meri mondani, társaival és tanárával meg meri vitatni. Ehhez biztosítani kell az állandó szóban történő *kifejezés és megbeszélés lehetőségét*.
- A problémamegoldás sikerének feltétele a gyermek megoldás folyamatára vonatkozó kognitív sémáinak kialakulása. Ebben jelentős szerepe van a megoldást kísérő tudatosságnak, beleértve a tanuló saját ismeretszerzésére, megértésére és a megoldás során tanúsított kommunikációjára vonatkozó önreflexióját is. *Az önreflexió fejlődése a kisiskolás életkorban irányított és következetesen alkalmazott kérdések és instrukciók segítségével lehetséges.*
- A kisiskolás gyermeket folyamatosan *bátorítani kell* a megoldás folyamatában. Biztatni kell arra, hogy saját szavaival fogalmazza meg a problémát, tegyen fel kérdéseket, gyűjtsön ötleteket a megoldásra, készítsen megoldási tervet, megfigyeléseit bátran jegyezze le, és azokból merjen következtetéseket levonni (Kirkley, 2003).

A tanulással foglalkozó alfejezetben kiemeltük, hogy a természettudományos problémamegoldás két lényeges alapköve Vigotszkij (1971) *szociokulturális elmélete* és a *konstruktivizmus* tanulásra gyakorolt hatása. A tanulás neurobiológiai megközelítésére vonatkozó kutatásokból levonható tanulság, hogy a kisiskolás gyermek *intenzív tanulási képességeinek* megfelelő módszerek segítségével történő kiaknázása a gyermeket az életkorát meghaladó ismeretek birtokába juttathatja. Az iskolai tanulás dichotómiái és szociális jellege arra utalnak, hogy a gyermek számára biztosítani kell a fejlődéséhez szükséges környezetet, beleértve a megfelelő *tanári instrukciókat és segítséget*. A tanulás időigényes folyamat, ezért *elengedő időt kell hagyni arra, hogy a tanulók megfigyeljék, és megértsék a természet jelenségeit és összefüggéseit*. A tanulás mint belsőleg motivált folyamat akkor realizálódik, ha a gyermek számára biztosítjuk a *tanulás céljainak és kritériumainak ismeretét, az önállóság és a kooperáció, valamint az önértékelés és önreflexió lehetőségét*. A természettudományok tanulása olyan *sajátos kultúra*, amely a természettudományos fogalmak és összefüggések, valamint a természet-megismerés módjainak elsajátítására irányul. Ebben a folyamatban építeni kell a tanulók előzetes tapasztalataira és érdeklődésére. *A természettudományos fogalmak kialakítását, kérdés- és beszédkultúra fejlesztését aktív módon, megfigyelések és egyszerű kísérletek segítségével lehet elérni. A természettudományos probléma-*

megoldás tanulása kisiskolás korban még *intenzív tanári segítséget* igényel. A gyermek *emocionális és motivációs* sajátságaihoz igazodva *autentikus problémákból* kell kiindulni, amelynek reprezentációjához fel kell tárni a tanulók *előzetes ismereteit*. Mindig meg kell határozni a *megoldás célját*, és azt folyamatosan szem előtt kell tartani. A *megoldásra vonatkozó ötleteik* elmondásához *szorongásmentes légkört* kell biztosítani. A problémamegoldás során előnyt élvez a *kooperatív munkaforma*, amelynek során a gyermekek bátran kifejtik véleményüket, megbeszélik tapasztalataikat. A megoldás érdekében *kísérleteket és megfigyeléseket* végeznek, amihez *sokféle eszközt és anyagot* használnak. *Tapasztalataikat strukturált formában*, rajzban, táblázatokban és írásban rögzítik. A *problémamegoldás menetét és önmaguk értékelését* is tudatosan tanulják.

3.5. Összegzés

A kisiskolásokról szóló fejezetben azokat az affektív, szociális, kognitív és tanulási jellemzőket foglaltuk össze, amelyek relevánsak a természettudományos problémamegoldási folyamat fejlesztése szempontjából. A tervezés és végrehajtás során figyelembe kell venni, hogy a gyermek meghatározott szükségletekkel érkezik az iskolába, amely magában foglalja a tanárai és tanuló társai iránti elvárásokat is. A fejlesztő munka során központi szerepet kell hogy kapjanak a tanulók emocionális igényei, továbbá azoknak a módszereknek az alkalmazásai, amelyek biztosítják a hatékony tanuló-tanár és tanuló-tanuló interakciókat. A természettudományok iránti attitűd kialakítása érdekében építeni kell a tanulók konkrét gondolkodásával összhangban lévő motivációs elemek kiaknázására és számolnunk kell a formális gondolkodás megjelenésével is. Ennek érdekében az ismeretszerzés folyamatát autentikus problémákból kiindulva szervezzük meg, és a megoldás érdekében sok kísérletet és megfigyelést tervezünk. A problémamegoldás tanulásában explicit és implicit eljárást egyaránt alkalmazhatunk. A megoldás tudatossága nemcsak a megoldási folyamat lépéseinek az ismeretére vonatkozik, hanem a tanulók megoldás közben tanúsított tevékenységének tudatos önértékelésére is. A természettudományos problémamegoldás fejlesztésének minden elemében arra törekedjünk, hogy a tanuló a természettudományok tanulása közben is az életkorának megfelelően gyermek maradjon, miközben élményszerűen sajátítja el a természettudományos szaknyelvet és fogalmakat.

4. A természettudományos problémamegoldás fejlesztésének gyakorlata

4.1. A „Rostock Modell” elmélete

Az alábbiakban egy olyan kipróbált négyéves didaktikai programot mutatunk be, ami egy konkrét példa arra, hogyan lehet az előző fejezetek elméletére építve a természettudományos problémamegoldás folyamatát a gyakorlatban, az általános iskola alsó tagozatában fejleszteni. Ennek érdekében közöljük a program részleteit is, ami ha nem is teljes egészében, de részleteiben és további ötleteket adva más témakörök hasonló feldolgozására segítheti a gyakorló pedagógusok munkáját.

Az említett program a *Rostock Modell* nevet viselő, nemzetközi együttműködésre (Németország, Magyarország 2004–2008) épülő, a kisiskolások természettudományos gondolkodásának fejlesztését és vizsgálatát célzó didaktikai program, amelyet a Rostocki és Debreceni Egyetem oktatói fejlesztettek ki. Didaktikai koncepciója Vigotszkij (1987), Bruner (1973) és Poddjakov (1981) tanuláselméleteiben, angolszász didaktikai koncepciókban (Hodson, 1998; Blythe, 1999; Charles, 2000; Clarke, 2001) és saját empirikus vizsgálatokban (Tóth és mtsai, 2007; Revákné és mtsai, 2008; Schneider, 2006; Schneider és Oberlander, 2007) gyökerezik.

A „Rostock Modell” az alábbi alaptéziseken nyugszik:

- A tanulás egy szociális-konstruktív elsajátítási folyamat.
- A tanulás hosszan tartó folyamat.
- A tanulás a tanuló személy belsőleg motivált tevékenységén alapszik.
- A maradandó ismeretek fogalmi tudásra épülnek.

Noha az általános iskola alsó tagozatos tanulóinak természettudományos gondolkodását fejleszti és vizsgálja, mintául szolgálhat a középiskolákban is hasonló tanulási egységek megtervezésére.

A didaktikai program alapelve, hogy a kiválasztott természettudományos témavalelmélyülten, teljes figyelemmel és megfelelő időráfordítással kell foglalkozni. Ezért a program a tervezés során komplex didaktikai egységekben, tématervekben (és nem óratervekben) gondolkodik. A program az egyes tanulási egységek számára olyan oktatási célokat és tanulási feltételeket határoz meg, amelyek a tanulási egységek keretein belül minden tanítási órára érvényesek.

Az ismeretszerzés folyamatában egy érzékenyítési *bevezető fázis* után, amiben a gyermek előismeretei is világossá válnak, a *kiindulópont* annak a tisztázása, miért fontos az adott témáról tanulni. Azaz a legelső mozzanat az ismeretszerzés céljainak meghatározása, és a tanulás kritériumainak rögzítése a gyerekek számára.

A *megismerés fázisának* kezdetén a tanár egy általános kognitív orientációs alapot teremt. Minták és példák segítségével készíti elő az új információk megértését. A gyerekek lehetőséget kapnak arra, hogy szociális tanulási keretek között gyakorlati-tárgyi cselekvéssort valósítsanak meg. A tanár a pontos munkára ösztönöz, figyel a résztvevők teljeségére, folyamatos visszajelzést ad, és lehetőséget teremt a tanulás eredményének értékelésére.

Az *összefoglaló, bemutató fázisban*, amelynek kontroll jellege van, a tanár felszólítja a gyerekeket, hogy a prezentáció különböző formáival, mint a modellezés, leírás, rajz, összefoglalás, sémák, ismertessék a tapasztalataikat, felismeréseiket.

Egy tanulási egység lezárását a *reflexiós fázis képezi*. A gyerekek elgondolkodnak a tanulási folyamatról, eredményeiről, valamint azon érzéseikről, amelyeket a tanulás során éreztek. Abban az esetben, ha a témával kapcsolatban az erősségeikről, a harmóniáról, illetve kellemes érzésekről számolnak be, a tanulás tartós eredménye feltételezhető.

A „Rostock Modell” didaktikai alapkonceptióit a következő elemek jelentik:

- A megtanulandó anyag jelentőségének megbeszélése. Egy alapgondolat megállapítása;
- A tanulás közös céljainak a megfogalmazása;
- A tanulás konkrét kritériumainak kidolgozása;
- A tanulás feltételeinek meghatározása;
- Az instrukciók és az önálló tevékenység összekapcsolása;
- A kommunikatív beszéd- és kérdéskultúra fejlesztése;
- A tanulási folyamatot kísérő önértékelés és visszajelzés;
- Reflexió a tanulás folyamatában;
- Az egyes gyerekek önbecsülésének erősítése (Schneider és Oberlander, 2008).

4.1.1. A megtanulandó anyag jelentőségének megbeszélése

Ennek a programnak az egyik didaktikai alapötlete abban áll, hogy a gyermeket a kezdetektől aktívan bevonjuk a tanulás folyamatába, annak számára átlátható és kiszámítható megtervezésébe. Egy új tanulási egység kezdetekor a tanár a tanulókkal közösen megvitatja a témakör jelentőségét: „Miért tanuljuk ezt a témakört?” „Miért fontos ez a témakör?”

A gyermekek általános problémája a tanult ismeretek gyakorlati, mindennapi életben betöltött szerepének és értékének megkérdőjelezése. Egy „ráfordítás-haszonértékelést” végeznek, és lényegében csak azt fogadják be, amit saját szemszögükből értelmesebbnek látnak (Schneider, 2003a). Ezért olyan témákat kell választani, amelyeknek jelentőségét fel tudják ismerni. A fiatalabb tanulók számára fontos, hogy a közvetlen környezetükben tapasztalt autentikus természettudományos jelenségeket és problémákat vizsgáljuk.

A gyermekeknek tudniuk kell, mit miért tanulnak. Ebben az értelmezésben előnyös, ha a tananyag jelentőségét a diákok egymás között beszélik meg, amely egyúttal segít a konkrét tananyag egy fölérendelt összefüggésbe való beillesztésébe is.

Ez az eljárás az emberi agy munkájának is eleget tesz. Az agy állandó várakozó állásponton van, és ezzel kiegyenlíti a bemenő információkat. Ha az „előzetes ingerek” megnövelik a figyelmet, a tanulási folyamatok is intenzívebbé válhatnak (Spitzer, 2002).

A gyermekek tanulását pozitívan befolyásolja, ha a tanulás jelentőségét számukra érthető nyelven fogalmazzák meg, és annak a teljes tanulási folyamat alatt tudatában vannak. Ezt segíti, ha azok írott/képi formában folyamatosan előttük vannak, például a táblára írva vagy applikáció formájában a falra kiakasztva (Clarke, 2001). Ez lehetővé teszi, hogy a tanulási folyamat alatt újra és újra hivatkozni lehessen a megtanulandó ismeretek és összefüggések jelentőségére.

4.1.2. Egy alapgondolat megállapítása

Mindannyian tudjuk, hogy milyen gyorsan merülnek feledésbe az egykor megtanult részletek. Ezért fontos az, hogy a téma alapgondolatait és fogalmait mindig a tanulás középpontjába helyezzük. Az alapgondolatok vagy vezéreszmék sok továbbvezető, illetve átfogó gondolat alapját képezik.

Az alapgondolatok vezéreszmék, amennyiben:

- egy vagy több szakterület számára jelentősek;
- érdekesek a diákok és a tanárok számára;
- a diákok részére hozzáférhetők, vagyis sok forrás áll rendelkezésre, többféle stratégiát és tevékenységet engednek meg, lehetővé teszik saját tapasztalataik és a téma közötti összefüggések felismerését;
- sokrétű kapcsolati lehetőséget nyújtanak, vagyis az eltérő és komplex tényállások összekapcsolhatók és nyílt kérdésekben fogalmazhatók meg (Blythe, 1999).

A vezéreszmék a tanulók korától, szociális és környezeti háttérétől, személyes érdeklődésétől, intellektuális tapasztalataitól függően változnak. Kétségtelenül elvesztik produktivitásukat, ha didaktikailag hibásan, nem átgondoltan kerülnek be a tanulás folyamatába.

A vezéreszmét egy tanulási egység végig meglévő motívumaként kell értelmezni, ami újra és újra felhívja a figyelmet az alapgondolatra, és azt tartalmilag mindig új perspektívában világítja meg. A tartalmi pozicionálást mindenkinek magának kell elvégeznie. Egy effajta elképzelés ellentétekben, ellentmondásokban nyilvánul meg, és sok perspektívát enged meg, amelyek lehetővé teszik a diákok számára, hogy megfogalmazzák a saját véleményüket. Ezért az alapgondolatok szorosan összekapcsolódnak a koncepció- és stratégiatudással.

Gyakorlati szempontból a vezéreszmék tanításának és a tanulók által történő megtalálásának kiváló lehetősége a fogalmi térkép és az ötletroham együttes alkalmazása, amelynek során a diákok elképzelései mentén kirajzolódnak azok a csomópontok, amelyek a lehetséges vezéreszméket jelentik.

4.1.3. A tanulás közös céljainak a megfogalmazása

A tanulás általában az aktuális tudástól és képességektől függő olyan kutató és interpretációs folyamat, amelynek fenntartásában a motivációnak jelentős szerepe van (Schneider, 2003). A tanulási egység elején levő motivációs fázis azonban kevés ahhoz, hogy az érdeklődést az egész tanulási folyamat során fenntartsa. A tanulás céljának megfogalmazása a motiváció szinten tartására lényegesen hatásosabbnak bizonyul. Egy új tanulási egység előkészítésében hagyományosan a tanár határozza meg a

nevelési-oktatási célokat az elsajátítandó tudásra, kialakítandó képességekre és az ezt elősegítendő beállítottságra vonatkozóan (tanári nézőpont). Ezeket a célokat megfogalmazhatja: a) nyitott kérdésként (Mit kell tisztázni? Mennyiben hasonló X esemény Y eseményhez? illetve: Miben különböznek egymástól?); b) megállapításként (Mit fognak a diákok tudni, felismerni, tanulni stb? A diákok meg fogják érteni / el fogják sajátítani... stb.).

A gyermekeknek a kezdetektől szükségük van a tanulási egység céljairól egy folyamatos orientációra. Az egyértelmű célok az elvárások fontos kiindulópontjai. Ezért egy tanulási egység oktatási céljait nem csak a tanár, hanem a diákok nézőpontjából is meg kell határozni. Miután a tanár tisztázta a gyerekekkel a téma fontosságát, megbeszéli velük a tanulás kitűzött céljait is: „Mit kell tudnunk, mire kell képesnek lennünk?” A tanulás céljait a gyermekek számára érthető nyelven és mindenekelőtt nagyon konkrétan kell megfogalmazni, amelyet írott formában ki kell függeszteni az osztályteremben, hogy mindenki számára látható legyen és folyamatos orientálódást tegyen lehetővé. A tanulási folyamat alatt újra és újra hivatkoznak erre.

4.1.4. A tanulás konkrét kritériumainak kidolgozása

Az ellenőrzés és visszajelzés tanulást segítő funkciójának betöltéséhez orientáló kritériumokra van szükségük. A tanulási kritériumok meghatározásának alapját az oktatási-nevelési célok képezik. A tanárnak már a tanulási egység kezdetén meg kell határoznia azokat a sztemdeket és elvárásokat, amelyekhez a diákjai teljesítményét fogja mérni („Mit kell egy diáknak X szinten tudnia?”). Így bármely diák teljesítményszintjének ismerete lehetővé teszi aktuális fejlődési szintjének és következő fejlődési zónájának meghatározását. A tanár ehhez célirányos segítséget tud nyújtani az instrukciók és megfelelő feladatok által. Mint ismeretes, a megismerési folyamatok és a velük együtt járó emóciók produktív módon kapcsolódnak össze, ha a tanár a tanulási folyamat szervezésénél figyel arra, hogy a gyerekek egy korlátozott, jól körülhatárolt cselekvési területre irányítsák figyelmüket, a követelmények összefüggőek és egyértelműek legyenek, és világos, egyértelmű visszajelzésekkel járjanak együtt.

A tanulás folyamatában a célok mellett a kritériumoknak is ismerteknek kell lenniük a diákok számára, amelyek alapján ők és a tanáruk fel

tudják ismerni, hogy az oktatási-tanulási célokat elérték-e és ha igen, azt milyen mértékben. Ajánlatos, hogy a tanulók számára a tanulás kritériumait a tanár és a diákok együtt dolgozzák ki (tanulói perspektíva) és a diákok nyelvén fogalmazzák meg: „Mit tudok már?” „Milyen feladatokat nem tudok megoldani?” „Hol van még szükségem segítségre?” A tanulói nézőpontú tanulási feltételek megnyitják a diákok számára a lehetőséget, hogy kritikusan átgondolják tanulmányi előrehaladásukat és hogy saját magukat értékeljék.

A didaktikai programban egy adott téma tanulási kritériumait:

- a tanulás kezdetén vitatják meg és rögzítik;
- világosan és nagyon konkrétan a diákok nyelvén fogalmazzák meg;
- a célokkal szoros kapcsolatban tüntetik fel;
- ha szükséges, a tanulás során továbbfejlesztik;
- adott esetben példák segítségével szemléltetik;
- nyilvánosságra hozzák őket az osztályteremben, úgy, hogy mindig jelen vannak, vagy minden diák megkapja egy lista formájában.

A „Rostock Modell” didaktikai program a „Víz” témakört dolgozta fel, amihez a tanár például az 1. és 2. osztályoknak szóló tanulási egységek következő tanulási kritériumait határozhatja meg:

A szint:

A gyermek képes:

- a víz előfordulásait „a földben”, „a földön” és „a levegőben” kategóriákba besorolni és mindegyikre három példát mondani;
- megnevezni a víz halmazállapotait és a hőmérsékletet, mint a halmazállapot változás feltételét;
- helyesen leírni a halmazállapot változásokat a „víz”, „jég”, „vízgőz”, „olvad”, „megfagy”, „párolog”, „gőzölög”, „kondenzálódik” fogalmak segítségével;
- helyesen elmagyarázni a párolgás folyamatát a tócsavíz példáján keresztül, a vízrészecske fogalmának használatával.
- A gyermek tudja, hogy a víz nagyon kis részecskékből áll (vízrészecskék).

B szint:

A gyermek képes:

- a víz előfordulásait „a földben”, „a földön” és „a levegőben” kategóriákba besorolni és mindegyikre két példát mondani;
- megnevezni a víz halmazállapotait;
- leírni a halmazállapot-változásokat a „víz”, „jég”, „vízgőz”, „olvad”, „megfagy”, „párolog”, „gőzölög”, „kondenzálódik” fogalmak segítségével, ahol kis bizonytalanságok léphetnek fel a fogalmak használatánál;
- helyesen elmagyarázni a párolgás folyamatát a tócsavíz példáján keresztül.
- A gyermek tudja, hogy a víz nagyon kis részecskékből áll (vízrészecskék).

C szint:

A gyermek képes:

- a víz előfordulásait „a földben”, „a földön” és „a levegőben” kategóriákba besorolni és ezekre legalább egy példát mondani;
- megnevezni a víz halmazállapotait;
- megnevezni a halmazállapot-változásokat a „víz”, „jég”, „vízgőz” fogalmak segítségével, de az „olvad”, „megfagy”, „párolog”, „gőzölög”, „kondenzálódik” átalakulások leírásánál bizonytalan.
- Hiányosan magyarázza a párolgás folyamatát a tócsavíz példáján keresztül.
- A gyermek nem tudja, hogy a víz nagyon kis részecskékből áll (vízrészecskék).

D szint:

A gyermek képes:

- megnevezni a víz előfordulásait, de nem tudja azokat biztosan „a földben”, „a földön” és „a levegőben” kategóriákba besorolni;
- megnevezni a víz halmazállapotait;
- megnevezni a halmazállapot-változásokat a „víz”, „jég”, „vízgőz” fogalmak segítségével, de az „olvad”, „megfagy”, „párolog”, „gőzölög”, „kondenzálódik” átalakulásokat nem tudja vázolni.
- Nem tudja elmagyarázni a párolgás folyamatát a tócsavíz példáján keresztül.
- A gyermek nem tudja, hogy a víz nagyon kis részecskékből áll (vízrészecskék).

E szint:

A gyermek képes:

- megnevezni a víz előfordulásait, de nem tudja „a földben”, „a földön” és „a levegőben” kategóriákba besorolni
- megnevezni a víz halmazállapotait.
- Nem tudja helyesen leírni a halmazállapot-változásokat a „víz”, „jég”, „vízgőz”, „olvad”, „megfagy”, „párolog”, „gőzölög”, „kondenzálódik” fogalmak segítségével.
- Nem tudja elmagyarázni a párolgás folyamatát a tócsavíz példáján keresztül.
- A gyermek nem tudja, hogy a víz nagyon kis részecskékből áll (vízrészecskék).

A gyermekek nekik megfelelő megfogalmazásban kapnak információt az egyes szintek tanulási kritériumairól, miután a tanárral együtt beszéltek a tanulás jelentőségéről és céljairól.

4.1.5. A tanulás feltételét jelentő előzetes ismeretek feltárása

A tanulás tervezésénél sok tanár nem, vagy csak alig veszi figyelembe a tanulók előzetes ismereteit, elképzeléseit, mint ahogy nem számolnak azzal sem, hogy ezekre a gyermeki elképzelésekre a koncepciójelleg, a viszonylagos stabilitás és a potenciális tökéletlenség jellemző. Ha a tanár a tanítás kezdetén figyelembe veszi és bevonja a gyermekek mindennapi tapasztalatait a tanulás folyamatába, akkor ezt elsősorban motiválásképpen, megbeszélés formájában teszi. Döntő kérdés, hogyan lehet ezeket az elképzeléseket didaktikusan használni egy tanulási szituációban.

Kiindulópont lehet egy ötletroham (brainstorming), amikor először a gyerekek gondolatait és ötleteit, az általuk használt fogalmakat gyűjtjük össze. A második lépésben a fogalmak bizonyos szempontok szerinti rendezése, besorolása történik meg. Ennek egyik eszköze lehet a fogalmi térképalkalmazása, amely az emberi deklaratív tudás területspecifikus rendszerezésének egyik eszköze. Ez lehetővé teszi a tudás aktuális szintjének megállapítását, valamint annak bizonyos időegység alatti megváltoztatását (Novak, 1998.).

A fogalmak egymáshoz rendelése a megértés fokára enged következtetni. Ezért fontos kérdés tehát, hogy mely fogalmakat ismerik a gyerekek és hogyan tudják ezeket összekapcsolni.

A fogalmi térkép mellett a diákok egymás közötti megbeszélésítés használhatjuk a tanulás feltételét jelentő előzetes tudás megállapítására. Ez a módszer megfelel a probléma diszkurzív kezelésének és segíti annak reflexív körbejárását.

A gyermeki elképzelések a képi ábrázolás (diákrajz) és egy kép interpretációjának kombinálásával is felmérhetők. A fogalmak megválasztásából és használatából és az alkalmazott hozzárendelésekből következtetéseket lehet levonni a fogalmi tudásra vonatkozóan.

4.1.6. A tanári instrukciók és az önálló tevékenység összekapcsolása

A tanulás a tanuló önálló tevékenységét nagymértékben igénylő komplex folyamat. Az önálló tevékenység tárgyi és szellemi cselekvés formájában nyilvánul meg. Ehhez elengedhetetlen egy olyan kontextus biztosítása, amely ezen cselekedetek ösztönzésére szolgál.

Ebben a folyamatban a gyerekek igénylik a felnőttektől, a pedagógustól kapott tapasztalatokat, információkat és azok együttes, vagy önálló feldolgozását. Kognitív strukturáló tevékenységüket és teljesítményüket tartósan támogatja, ha a tanár a tanulási folyamat bizonyos pontjain összefoglaló, magyarázó, vagy informáló instrukciókat ad. Azon tanulási folyamatok, amelyek egy más kultúrába, egy specifikus valóságba vezetnek be bennünket, (mint például a természettudomány) legtöbbször deduktívan szervezendők, ami az információk továbbadásának szükségességét támasztja alá. Az instrukcióra épülő és önálló tanulás nem konkuráló eljárások, közöttük dialektikus, egymást kiegészítő kapcsolat van. Mindkettő iniciálja és támogatja a mentális konstrukciókat és rekonstrukciókat.

4.1.7. A kommunikatív beszéd- és kérdéskultúra fejlesztése

A kommunikatív beszédkultúra fejlesztése révén jelentős mértékben fejlődik a tanulók gondolkodáskultúrája is. Ennek során a gyerekek számára biztosítjuk a tanulási tartalmakkal való diszkurzív foglalkozásokat, amelyek a diákok közötti tematikus megbeszélések formájában zajlanak. A tematikus megbeszélések során a beszélgetés résztvevői egyenrangúak, minden egyes vélemény gazdagítja az eszmecserét, garantált a gondolati szabadság és kíváncsok a gondolkodási kísérletek.

A megbeszélések alkalmával a gyermekek megtanulják, hogy az ismeretek átmeneti meg nem értése és az ebből származó kérdések természetes és nagyon fontos elemei a tanulási folyamatnak. A tanulás során jelentke-

ző nehézségek leküzdése építő jellegű lehet az új ismeretek elsajátításában. A nehézségek leküzdésében fontos, hogy a gyermekek képesek legyenek kifejezni problémáikat, és tudjanak kérdezni, segítséget kérni. A gyermekek kérdései soha sem véletlenek, még akkor sem, ha a felnőttek számára úgy tűnik.

A gyermeki kérdés a reformpedagógia szerint lehet a tanulás túlaradó forrása (Kretschmann, 1948; Otto, 1965). Vigotszkij (1987) a spontán gyermeki kérdéstről azt vallotta, hogy az a fejlődés következő fokára irányul. Poddjakov (1981) a kérdést a még nem világos ismeretekről történő érdeklődésnek tekintette, amelyek jelentős befolyást gyakorolnak a gyermek megismerő tevékenységének irányára.

A „Rostock Modell” didaktikai programban minden komplex tanulási egység elején a tanulási tartalmak, illetve a nevelési és oktatási célok megbeszélése diszkurzív módon történik. A tanulási folyamat során a tanulás előrehaladásáról, a tanulási problémákról és az ezzel összefüggő szubjektív lelkiállapotról való reflexív gondolkodásra való ösztönzés figyelhető meg. Minden tanulási egységet egy intenzív reflexiós fázissal kell lezárni, amelyben a tanulók egymás közötti tematikus megbeszéléseinek fontos szerepe van. Ezért szükséges a kommunikatív beszéd- és kérdéskultúra fejlesztése az első osztálytól kezdve.

4.1.8. A tanulási folyamatot kísérő önértékelés és visszajelzés

Az értékelés és visszajelzés a tanulás egész folyamatát végigkísérő tevékenység, amely által a gyermekek:

- megtanulnak a hibáikból tanulni;
- rendszeres visszajelzést kapnak (a tanártól, az osztálytársaktól és önbírálat útján) tudásuk állapotáról;
- gyakran kapnak alkalmat a kritikai gondolkodásra;
- lehetőséget kapnak arra, hogy beszéljenek a tanulási folyamatot kísérő érzéseikről;
- értékelhetik saját munkájukat (Schneider és Oberlander, 2008).

A gyermekeket a tanulás folyamatában arra ösztönzik, hogy a részeseményeket saját szavaikkal magyarázzák el, hogy találgassanak, mi történne, ha a körülmények mások lennének.

Az elvégzett feladatok, teljesítmények értékelésének hatékony módja az egyéni és kreatív prezentációk, mint például a poszter, kollázs, kiállítás, előadás megtervezése, egy esszyszerű leírás megfogalmazása, egy

projekt dokumentációja, portfolio elkészítése és kivitelezése. A teljesítménybemutató itt említett módszereinek lehetővé kell tenni, hogy a tanulók ténylegesen felismerjék, mit tanultak, és hogyan tudják használni tudásukat a problémák kreatív megoldásában és a dolgok megértésében.

A feladatokat és gyakorlatokat a tanulás során érdemes a következő fejlődési zónába szervezni, amelynek kivitelezéséhez és megoldásához a hangsúlyt az együttműködésre kell helyezni (Vigotszkij, 1987). A szociális együttműködés változatos formában történhet. Felöleli a tanár részéről történő gyakorlati és elméleti instrukciókat, a gyerekek közötti páros- és csoportmunkát, a szakértőkkel való együttműködést, valamint a médiák használatát. Ezek a munkaformák lehetővé teszik a gyermekek számára az aktuális teljesítményükre és tanulási perspektíváikra irányuló hatékony visszajelzést.

4.1.9. Reflexió a tanulás folyamatában

A tanulás folyamatában jelenlévő megfelelő reflexiók segítik a tanulási folyamat és a tanulás eredménye közötti összefüggések megértését. Ezért a tanulási egységeket érdemes egy reflexiós fázissal zárni, amelynek során a gyerekeket felszólítják, hogy a tanulási kritériumok segítségével értékeljék a nevelési-oktatási célok személyes elérését:

- Mit tudok a témáról?
- Értem-e azt, amit megtanultam?
- Milyen kérdéseim vannak még a témával kapcsolatban?
- Mely feladatok voltak számomra nehezek?
- Mit csinálnék másképp, ha a feladatot még egyszer meg kellene oldanom?
- Ki vagy mi segített a feladatok megértésében? (*Schneider, 2003a*)

Ezen kívül a tanulók tanulás közben jelentkező lelkiállapotára vonatkozó kérdéseket is feltehetünk.

Hogy érezted magad, amikor:

- sikeresen oldottál meg egy feladatot?
- problémáid voltak egy feladattal?
- segítséget kértél?
- segítséget kaptál?
- Milyen tanulási légkör segít téged a tanulásban?

- A tanár impulzusok segítségével inspirálja ezt az eszmecserét, mint pl.
- Mít találtál nehéznek a témával kapcsolatban?
 - Tudod-e hasznosítani a tanultakat arra, hogy pontos magyarázatot adj?
 - Tudod-e hasznosítani a tanultakat újabb problémák megoldásában?
 - Bevonva érezted magad?
 - Volt arra lehetőséged, hogy alkoss valamit?
 - Elismertnek érezted magad a csoportban és értékelték a hozzájárulásodat?
 - Mít kellene változtatni a csoportmunkában?
 - Úgy véled, jól dolgoztál egyedül és másokkal is? (Schneider és Oberlander, 2008).

4.1.10. Az egyes gyermekek önbecsülésének erősítése

A tanítás és tanulás során minden eljárásnak arra kell irányulnia, hogy az egyes gyerekek önbecsülését erősítsük. Az önbecsülés az adott személy érzelmileg pozitívan vagy negatívan orientált önértékelését fejezi ki, amely szituatív és területspecifikus élményeken nyugszik, majd később általánossá és a személy alapvető érzésévé válik (Damon, 1989). A pozitív önértékelésre való törekvés az ember alapvető igényei közé tartozik, és meghatározó a viselkedésre nézve. Az önbecsüléshez kapcsolódóan – az értékelés irányától függően – három kategóriát lehet megkülönböztetni: önbizalom, bizalom és öntudat (Schneider, 2003b).

Az önbizalom felvilágosítást ad a saját képességek és tulajdonságok szubjektív érzékeléséről. Az egész osztálytermi atmoszféra és a teljesítmények értékelésének mikéntje befolyásolja a gyermekek önbizalmát. A bizalom az ember biztonságigényét fejezi ki. Ennek révén az adott személy egy olyan másik személyre irányítja a figyelmét, akitől ennek a szükségletnek a kielégítését várja. A kisiskolások esetében, de még az idősebb tanulóknál is, az iskolában ez a személy a tanár. A bizalmas kapcsolatok kialakításának fontos feltétele a személyiség testi és lelki egységének kölcsönös tisztelete. A bizalomban a kapcsolat, a támasz és a figyelem iránti vágy jelenik meg.

Ezzel ellentétben az öntudat kategóriája a saját cselekvéspotenciálok érzelmi megítélését, a cselekvésre való hajlandóságot hangsúlyozza. Az a mód, ahogy a saját viselkedésünket, cselekedeteinket másra vonatkozóan

reflektáljuk, egy emocionális alapérzéshez vezet, ami az én számára a másoktól való elhatárolódásban egy bizonyos értéket kölcsönöz és egy önállóan meghatározott cselekvési hajlandósághoz vezet. Ez például a megvalósítás igényében, a megőrzésre való törekvésben, az értékek kiszabásában és az elhatárolódás felé való igyekezetben nyilvánulhat meg. A gyermekek következetes bevonása a tanulási folyamat kialakításába erősíti pozitív önbecsülésüket, amely nem lebecsülendő tanulási faktor.

A természettudományos gondolkodás és problémamegoldás fejlesztése komplex pedagógiai-pszichológiai feladat. Lényeges, hogy amikor megtervezzük a tanulás folyamatát, figyelembe vegyünk mindazon tényezőket, amelyeket az erre irányuló kutatási eredmények hoztak és beépítsük azokat a tanulás és tanítás gyakorlatába. Ezáltal olyan módszerekhez juthatunk, amelyek alkalmazása az eddiginél motiváltabb, a tanulók egyéni igényeit és képességeit figyelembevevő, hatékonyabb természettudományos megismerési folyamatot eredményezhet. Az itt megfogalmazott didaktikai alapkoncepciók alapján a „Rostock Modell” a természettudományok tanulásának folyamatában:

- figyelembe veszi a tanulók előzetes tudását és képességeit;
- épít a tanulás folyamatában a motivációs és emocionális tényezőkre;
- az értő és tudatos tanulásra törekszik;
- a tanulást szociális és kooperatív folyamatnak tekinti;
- a természettudományos megismerés módszereinek alkalmazása révén fejleszti a természettudományos fogalmi gondolkodást és problémamegoldást;
- az alkalmazott didaktikai eljárások eredményeként teljesítményképes tudáshoz vezet;
- a természettudományos ismeretszerzés során olyan képességek kialakítására és fejlesztésére törekszik, amely más területre is transzferálható;
- előzetes didaktikai koncepciókra építve új, az eddiginél nagyobb önálló tanulói aktivitást biztosító természettudományos tanítási program kifejlesztését, végrehajtását célozza meg (Revákné, 2010).

4.2. A „Rostock Modell” és a hazai és német tantervek céljainak és fejlesztési követelményeinek összehasonlítása

Annak alátámasztására, hogy a „Rostock Modell” didaktikai program miben nyújt mást a természettudományok tanításában és tanulásában, érdemes összehasonlítást tenni a program, valamint a programban résztvevő országok tanterveinek természettudományos tanulásra vonatkozó cél- és fejlesztési követelményei között az általános iskola 1–4. osztályában.

A hazai tantervek sorában a legújabb NAT (2012) 1–4. osztályra vonatkozó „Ember és természet” műveltségi terület alapelveit és céljait érdemes figyelembe venni. Ennek oka az, hogy a „Rostock Modell” didaktikai program 2004–2008 között zajlott és hatékonyságának vizsgálata mostanra zárult le. Amennyiben a program hatásosnak bizonyuló elemeit a hazai oktatásban is alkalmazni kívánjuk, úgy azt az aktuális tantervekkel összhangban, esetleg azok továbbfejlesztése céljából tehetjük meg.

Mivel a didaktikai program kivitelezése Németországban Rostockban történt, így a német tantervek közül a Mecklenburg-Elő-Pomeránia tartomány 2004-ben kiadott és azóta módosított általános iskolásokra vonatkozó kerettantervét (Rahmenplan der allgemeinen Förderschule, Band I.) tekintettük az összehasonlítás alapjának.

4.1. táblázat

A természettudományos tanulás céljainak és alapelveinek összehasonlítása

| <i>A cél jellege</i> | <i>Nemzeti alaptanterv (2012)</i> | <i>Rostock Modell (2004–2008)</i> | <i>Német kerettanterv (2004)</i> |
|----------------------|---|--|--|
| <i>Konstruktív</i> | A tanulók cselekvő részvételét biztosító tudásépítés. A tanulási környezet aktív tanulás-hoz és kooperatív munkához történő igazítása. A tanulók naiv magyarázatainak figyelembe vétele és korrekciója. | A tanulók előzetes tudásának és képességeinek figyelembevétele. A tanulás szociális és kooperatív folyamat jellegének előtérbe helyezése. Az előzetes didaktikai koncepciókra építve új, az eddiginél nagyobb önálló tanulói aktivitást biztosító természettu- | A tanulás szociális jellegének biztosítása. A tanulók előzetes tapasztalatainak felhasználása. |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | dományos tanítási program kifejlesztése, végrehajtása. | |
| <i>Kognitív pedagógiai-pszichológiai</i> | A problémamegoldás és a probléma-alapú tanulás előtérbe helyezése. A hipotézisalkotás, a megfigyelések és a kísérletek tervezése. | Törekvés az értő tanulásra. Az alkalmazott didaktikai eljárások és a természettudományos megismerés módszereinek alkalmazása révén a természettudományos fogalmi gondolkodás, a teljesítményképes tudás kifejlesztése. | Az értő tanulás hangsúlyozása A természettudományos kutatás minden egyes lépésének tanítása. |
| <i>Fogalmi váltás</i> | A természettudományos műveltség hétköznapi életben történő mozgósítása. | A természettudományos ismeretszerzés során olyan képességek kialakítására és fejlesztésére törekvés, mely más területre is transzferálható. | A természettudományos tudás és képességek transzferje az élet más területeire. |
| <i>Meta-kognitív</i> | A tanulók önreflexiójának fejlesztése. Tudatos ismeretszerzési folyamat. | A természettudományos vizsgálódás és problémamegoldás folyamatának tudatosítása. A tanulók önreflexiójának biztosítása. A tanulás teljes folyamatában a tudatosság hangsúlyozása. | A tanulás céljainak és kritériumainak pontos ismerete. A tanulók önreflexiójának biztosítása. |
| <i>Affektív</i> | A kutatáshoz és megfigyeléshez szükséges érzelmi és motivációs háttér biztosítása. | Építeni a tanulás folyamatában a motivációs és emocionális tényezőkre. | A tanulók emocionális és motivációs tényezőinek elsődlegessége a természettudományok tanulásában az általános iskola 1–4. osztályában. |

A természettudományos tanulás alapelvei és céljai hasonlóak a magyar és német tantervekben, illetve a „Rostock Modell” didaktikai program esetében (4.1. táblázat) A különbség néhány elem hangsúlyozásában vagy az adott cél részletesebb kifejtésében figyelhető meg. Így a konstruktív alapelvek között a NAT (2012) kitér a tévképzetek szerepére, míg a másik két esetben ez nem került külön kifejtésre. A magyar tanterv kognitív elemként kiemeli a problémamegoldás fontosságát a természettudományok tanulásában, míg a német ezt tágabban értelmezve, a teljes kutatási folyamatra koncentrál. Ez azt jelenti, hogy a részletek között a német tanterv a problémamegoldást a kutatás módszerének, annak részeként tekinti, és azt kibővíti a kutatók feladataihoz tartozó publikációs és prezentációs tevékenységre neveléssel is. A kognitív tényezők tekintetében a „Rostock Modell” és a német tanterv nagyobb hasonlóságot mutat. Különbség még, hogy a német tantervben a tanulás céljainak és kritériumainak tudatossága döntő szerephez jut, csakúgy, mint az emocionális és motivációs tényezők elsődlegességének hangsúlyozása.

A természettudományos célok és alapelvek tekintetében így a NAT (2012) hangsúlyosan konstruktív jellege figyelhető meg, míg a német tanterv inkább az affektív, kognitív és metakognitív elemeknek tulajdonít nagyobb jelentőséget. A „Rostock Modell” céljaiban és alapelveiben a magyar és német tantervi célok keveredése lelhető fel, valamennyi jelleg kiaknázására egyaránt törekszik. Amiben mégis más, az a tudatosság hangsúlyozása (metakognitív elem) a tanulás teljes folyamatában.

Az, hogy ezek a tantervi célok és alapelvek milyen módszerek és tevékenységek segítségével valósíthatók meg, a magyar 51/2012. (XII.21) Emmi rendeletben megjelent környezetismeret (1–4. évfolyam) tanítására vonatkozó kerettantervi javaslat, a „Rostock Modell” és a német kerettanterv (Rahmenplan der allgemeinen Förderschule, Band I., 2004) összevetése révén válik világossá.

| <i>Módszer és tevékenység</i> | <i>Nemzeti alaptanterv (2012)</i> | <i>Rostock Modell (2004–08)</i> | <i>Német kerettanterv (2004)</i> |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| <i>Konstruktív elemek:</i> az előzetes tudás feltárása; közös dialógusok alkalmazása; kooperatív tanulás; kognitív konfliktus generálása; saját tapasztalatokkal és magyarázatokkal való szembesülés, ezek más tapasztalatokkal és indokokkal való szembesítése; | + | + | + |
| <i>Kognitív elemek:</i> megfigyelés és kísérletezés; mérés, adatgyűjtés és feldolgozás; kérdésfeltevés, előrejelzés, bizonyítás, cáfolás; autentikus problémamegoldás; a problémamegoldás folyamatának implicit fejlesztése; | + | + | + |
| <i>Metakognitív elemek:</i> a problémamegoldás folyamatának explicit fejlesztése; önreflexióra vonatkozó kérdések feltevése és dialógus; a tanulás céljainak és kritériumainak folyamatos szem előtt tartása. | – | + | – |
| <i>Affektív elemek:</i> a tanuláshoz kötődő érzelmi állapotról történő folyamatos érdeklődés és visszajelzés; érdeklődés felkeltése és fenntartása; | – | + | + |
| | + | + | + |

4.2. táblázat

Módszerek és tevékenységek a „Rostock Modell” didaktikai programban, valamint a magyar és német kerettantervekben

A tantervi célokat megvalósító módszerek és tevékenységek tekintetében már kirívóbb a „Rostock Modell” didaktikai program magyar és német tantervekkel szemben mutatott eltérése (4.2. táblázat). Amiben több a magyar és német kerettantervekhez képest, az a 1) *tanulás céljainak és kritériumainak állandó hangsúlyozása, ezzel a tanulás folyamatának tudatosítása* csakúgy, mint a 2) *természettudományos kutatás és vizsgálódás explicit fejlesztése*, valamint az 3) *emocionális tényezők deklarációja a tanulás minden fázisában*.

4.3. A „VÍZ” témakör követelményei a Rostock Modell didaktikai programban

A „Rostock Modell” didaktikai program a természettudományos gondolkodás fejlesztésére vonatkozó céljait a „Víz” témakörben kívánta megvalósítani. A témakör fogalmi és tevékenységrendszerét a résztvevő országok tantervi követelményeitől függetlenül egységes formában dolgozta ki.

| Témák és tevékenységek | Évfolyam | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|
| | 1. | | | 2. | | | 3. | | | 4. | | |
| | M | R | N | M | R | N | M | R | N | M | R | N |
| <i>Téma:</i> A víz megjelenési formái a természetben. <i>Tevékenység:</i> Ok-okozati összefüggés felfedeztetése a változások megfigyelése során. Egyszerű kísérletek megfigyelése. | + | + | + | | | | | | | | | |
| <i>Téma:</i> Álló és folyóvizek <i>Tevékenység:</i> Szóbeli és írásbeli beszámoló képek, egyéni tapasztalatok segítségével. | | + | | | + | | | | | | | |
| <i>Téma:</i> Az anyagok halmazállapota: szilárd, a folyékony és a légnemű halmazállapot. <i>Tevékenység:</i> Különböző halmazállapotok bemutatása és legjellemzőbb tulajdonságaik megfigyelése. A halmazállapotok felismerése. | | + | | | | | + | | + | | | |

| Témák és tevékenységek | Évfolyam | | | | | | | | | | | |
|--|----------|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|
| | 1. | | | 2. | | | 3. | | | 4. | | |
| | M | R | N | M | R | N | M | R | N | M | R | N |
| <p><i>Téma:</i> Halmazállapot-változások a természetben és a mindennapi életben. A fagyás és az olvadás. A párolgás és a lecsapódás.</p> <p><i>Tevékenység:</i> A halmazállapot-változásokat bizonyító kísérletek elvégzése, elemzése. A változást előidéző okok feltárása. A megfigyeltek rögzítése szóban, írásban, rajzban. A hőmérséklet mérése, a hőmérő helyes használata.</p> | | + | | | | | + | | + | | | |
| <p><i>Téma:</i> Az oldódás. Különböző anyagok oldódása vízben. Oldatkészítés. Az oldódást gyorsító tényezők.</p> <p><i>Tevékenység:</i> a) Vízben oldódó és nem oldódó anyagok elkülönítése egyszerű kísérletekkel. b) A kiinduló és keletkezett anyagok összehasonlítása. Az oldódás és az olvadás megkülönböztetése.</p> | | | | | | | + | + | + | | + | |
| <p><i>Téma:</i> A víz körforgása a természetben</p> <p><i>Tevékenység:</i> A vízkörforgás modellezése, egyszerű kísérlet végzése.</p> | | | | | + | | | | + | + | | |
| <p><i>Téma:</i> A növények szerepe a vízkörforgásban.</p> <p><i>Tevékenység:</i> Vízfelszívás, párologtatás bizonyítása kísérleti úton.</p> | | | | | | | | | | | + | |
| <p><i>Téma:</i> A víz jelentősége az emberek életében. Az ivóvíz eredete.</p> <p><i>Tevékenység:</i> Megbeszélés, képek gyűjtése, rajzok készítése.</p> | | + | + | | + | + | | | | | + | |
| <p><i>Téma:</i> A víz tulajdonságai.</p> <p><i>Tevékenység:</i> Vízminták érzékszervi vizsgálata, összehasonlítása.</p> | | + | + | | | | | | | | + | |

| Témák és tevékenységek | Évfolyam | | | | | | | | | | | |
|--|----------|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|
| | 1. | | | 2. | | | 3. | | | 4. | | |
| | M | R | N | M | R | N | M | R | N | M | R | N |
| <i>Téma:</i> Takarékoskodás a vízzel. <i>Tevékenység:</i> A vízzel való takarékoskodás lehetséges módjainak az összegyűjtése. Helyes és helytelen szokások elemzése. | | | | | + | | | | + | + | | |
| <i>Téma:</i> A víz mint élettér. <i>Tevékenység:</i> a) Tó készítése egy uborkásüvegben. Élő és élettelen közötti összefüggések megláttatása. Egy természetes vízi élőhely megfigyelése, vizsgálata. A vízben és a vízparton élő néhány jellemző élőlény megfigyelése, leírása, felismerése. b) Megbeszélés szóban, képek gyűjtése, rajzok készítése. | | + | + | | | | | | | | + | |
| <i>Téma:</i> A vízszennyezés forrásai. A vízszennyezés hatása az élővilágra. Természetes vizeink védelme. <i>Tevékenység:</i> Képek, újságcikkek gyűjtése a vízszennyezés okainak és következményeinek a bemutatására. Egyszerű víztisztítási eljárások elvégzése: ülepítés, szűrés. | | | | | + | | | | + | + | | |
| <i>Téma:</i> A víz részecskékből áll. <i>Tevékenység:</i> Tanári magyarázat a víz halmazállapot-változásain keresztül. | | + | | | | | | | | | | |
| <i>Téma:</i> A vízmolekula megnevezése. <i>Tevékenység:</i> Tanári magyarázat. | | | | | | | | + | | | | |
| <i>Téma:</i> A víz felületi feszültsége. <i>Tevékenység:</i> Egyszerű kísérletek végzése. | | | | | | | | | | | + | |

4.3. táblázat

A „VÍZ” témakör követelményrendszerének összehasonlítása
(M: Magyarország; R: Rostock Modell; N: Németország)

A 4.3. táblázatban a „VÍZ” témakör követelményeinek részletes összehasonlítása során azt kívánjuk szemléltetni, hogy a témakörön belül az

egyres témák és a hozzájuk tartozó tevékenységek melyik évfolyamon jelentek meg először a vizsgálatban résztvevő két országban és a „Rostock Modell” didaktikai programban. A táblázatot elemezve elmondható, hogy a didaktikai program minden olyan témával foglalkozik, ami a magyar (Mozaik Kerettantervrendszer, 2004) és a német (Rahmenplan der allgemeinen Förderschule, Band I., 2004) kerettantervekben megtalálható. Alapvető különbség, hogy a didaktikai program első osztálytól kezdve foglalkozik a víz részecske természetével, és harmadik osztályban kimondja a vízmolekula fogalmát. Ez a fogalom absztrakt, megértése fizikai és kémiai alapismereteket igényel. A didaktikai program azonban mégis foglalkozik vele elemi szinten, annak érdekében, hogy a gyermek tudjon a részecskék létezéséről, esetleg azok viselkedéséről és kölcsönhatásairól. Ez a didaktikai program kísérlete arra, hogy megalapozza a víz és más anyagok részecske természetének szemléletét, aminek hiánya jelentős probléma és tévképzet forrás később, a kémiai tanulmányok megkezdésekor.

A 4.3. táblázat tanulmányozásakor másik szembevetendő különbség az, hogy a didaktikai program több téma tanulmányozását korábban, alsóbb évfolyamokon végzi el. Ennek az a feltételezés az oka, hogy a vizsgált életkorban már több olyan gyermek is lehet, aki a formális gondolkodás szintjén van. Annak érdekében, hogy ezeket az előrehozott fogalmakat minden tanuló elsajátítsa, több kísérletet, megfigyelést és megbeszélést végeznek a didaktikai programban résztvevő tanulók az abban nem szereplő magyar és német társaikhoz képest.

4.4. Összegzés

Összességében elmondható, hogy a „Rostock Modell” didaktikai program egy tudatos természettudományos tanulás terve, amely figyelembe veszi, hogy a tanulók különböző értelmi fejlettségi szintet érhetnek el. Ennek érdekében a „VÍZ” témakörben bizonyos témák tanulását előbbre hozza a magyar és német kerettantervekhez képest. A víz részecske természetével történő következetes, minden évfolyamra kiterjedő foglalkozás megalapozza a részecskeszemlélet kialakítását és a későbbi tévképzetek elkerülését. A didaktikai program tevékenység rendszere és módszerei révén olyan természettudományos tanulást tesz lehetővé, amelyben a tanuló emocionálisan fokozottan érdekelt, biztosítva ezzel a természettudományok iránti pozitív attitűd kialakulását.

4.5. Tanítási, tanulási egységek, tanári és tanulói munkalapok a „VÍZ” témakörfeldolgozására

A „Rostock Modell” didaktikai program szerkezetét tekintve: 1) A „Víz” témakörre vonatkozó tanulási-tanítási egységek általános követelményeinek 1–4. osztályig történő összeállításából, 2) a kísérleti tanítások országoktól független egységes ismeretrendszer (a „Víz” témakör) feldolgozó részletes tématerveinek elkészítéséből, 4) a kísérleti órákat tartó pedagógusok felkészítéséből, 5) a kísérleti órák (10–12 óra/tanév a tanítási órákon kívül, délutáni foglalkozások keretében áprilisban, májusban és júniusban hetente két alkalommal) lebonyolításából, 6) a hatékonyságot mérő, a kísérleti tanítást megelőző pre- és a tanítást követő posztteszt (?) és egyéni interjúk felvételéből (az első posztteszt közvetlen a tanítások után, a második négy hónappal a tanítást követően az állandósult tudás mérésére), 7) a tanulók válaszainak értékeléséből, és 8) a program elméleti, gyakorlati vonatkozásait, tanulságait összefoglaló segédanyagok elkészítéséből állt.

A didaktikai program hatásának vizsgálata négy fő területre terjedt ki: 1) A természettudományos fogalmi fejlődés; 2) A tudományos fogalomrendszer használata, alkalmazása a jelenségek magyarázatában; 3) A természettudományos fogalmak belső szerkezetének jellemzői, fejlődése; (4) *A természettudományos problémamegoldó folyamat életkori jellemzői és változásai a didaktikai program hatására.*

A természettudományos problémamegoldás folyamatának, az egyes stratégiai lépések alkalmazásának tudatosítása a fejlesztő programban explicit módon történt. Az adott tanítási egységhez tartozó tanítási órákon a tanulók megbeszélték az ismeretek elsajátításának célját, a leckék fő mondanivalóját. Ezek a célok, feladatok írott és rajzos formában a tanítási egységek időtartama alatt, mint applikációk voltak jelen az osztályteremben („baglyos ábra” ld. lentebb), így azt a tanulók bármikor tanulmányozhatták. Így a célmeghatározás képességét tudatosan formáltuk. A tanulás folyamatát tanári demonstrációk, tanári instrukciók által vezetett és önálló tanulói kísérletek segítették, amelyek alapján a gyermekek „jegyzőkönyvet” is készítettek. A jegyzőkönyvek felépítése következetes volt. Mindig szerepeltek benne a következő kérdések: „Mi fog történni? Gyanítjuk, hogy...” hipotézisalkotásra ösztönző; „Mit figyeltünk meg? Látjuk, hogy...” a megfigyelést, tapasztalatok rögzítését segítő és a „Miért

történt ez? Tudjuk azt, hogy...” értékelésére vonatkozó kérdések. A jegyzőkönyv minden esetben egy előre elkészített munkalap volt (ld. lentebb), amely a kísérlet tervezésére és kivitelezésére vonatkozó leírásokat is tartalmazta.

A program tervezésekor minden évfolyamra (1–4. évfolyam) tématervet írtunk, ami 10-12 tanítási óra anyagát jelentette minden évben (ld. lentebb). A kísérleti tanításokra (amiket ugyanazokkal a gyermekekkel végeztünk felmenő rendszerben 1–4. osztályig) az egyes tanévek tavaszi időszakában került sor főként délután, a napközis foglalkozások időtartama alatt. Minden héten egy tanítási órát töltöttünk a foglalkozásokkal, így egy tanévben összesen 10-12 hetet vett igénybe a didaktikai program adott évfolyamra tervezett feladatainak megvalósítása. Az egyes tématervekhez tanári és tanulói munkalapok készültek, amelyeket a kísérletezés során rendszeresen használtak a tanulók és tanárok egyaránt (ld. lentebb). A programban kifejezett hangsúlyt fektettünk a tanulók metakognitív tudatosságának növelésére, ami érdekében minden tanóra végén beszámoltak a gyermekek arról, mit tanultak, mit nem értettek meg az adott tanítási órán, ki segített nekik a feladatok megoldásában és mit szerettek volna még tudni a tanult természettudományos jelenséggel kapcsolatban. Az állandó és rendszeres kooperatív és önálló munkátudatos tanári instrukciók segítettek, ami ebben a korban még szükségszerű. A tanulói önreflexiókat és önértékelést biztosította az a légkör, amelyben minden tanuló bármikor kifejthette véleményét és érzéseit a probléma megoldásával kapcsolatban. Kifejezett pozitív élményként éltek meg a gyermekek a csoportban végzett munkát, megtanulták az együttműködés szabályait. Minden kísérlet problémáját megbeszélték a tanítóval, a tapasztalatokat rögzítették, az eredményeket táblázatban, rajzban és írásban értékelték, prezentálták. Az alábbiakban bemutatjuk a programban alkalmazott segédanyagokat a különböző évfolyamokra vonatkozóan.

4.5.1. A „VÍZ” témához kapcsolódó tanulási modulok és szakmai tartalmak tanárok számára az 1–4. évfolyamban

A kék bolygó

A Földet kék bolygónak nevezik, mert a földfelszín nagy részét (1,36 milliárd km^2 -t) borító víz miatt bolygónk a világűrben kéknek látszik. A Föld majdnem kétharmada (71%-a) vízzel van borítva. Mindamellet (kb. 3%-ot leszámítva) ez a vízmennyiség a tengerek és óceánok sós vizeként van jelen. Ha leszámítjuk a jégsapkákban és a gleccserekben jég formájában kötött vizet, a földrészek számára megmaradt vízmennyiség csekély, mintegy 1%, ami ráadásul nagyon egyenlőtlenül oszlik el.

A víz körforgása

A víz a Földön állandó körforgásban van. A víz körforgása, a víz helyváltoztatásának és állapotváltozásának időbeli váltakozása az élőlények és az élettelen környezet között, amit alapvetően a Nap energiája és a nehézségi erő tart mozgásban. A víz a napsugárzás és a szél hatására mindenhol elpárolog, a földfelszínről, a tengerekből, tavakból, a folyókból és patakokból, pocsolyákból, a növényi és állati szervezetből.

A nap hőenergiája hatására az egyes vízmolekulákat összetartó kötéserők csökkennek. A molekulák elszakadnak egymástól és fokozatosan a levegőbe diffundálnak. 1 liter vízből 1800 liter vízgőz lesz. Az atmoszférában a vízmolekulák egy pormagvacska köré gyűlve cseppet képeznek. Egy csepp víz 1 milliárd vízmolekulát tartalmaz. A sok vízcsepp felhőt képez. Minél több vízcsepp gyűlik össze egy felhőben, annál súlyosabb és sötétebb lesz. Ezeket a sötét felhőket esőfelhőnek nevezik, mert bennük olyan nehézé válnak a cseppek, hogy azok hamarosan eső, jégeső vagy hó formájában lehullanak. Az esővíz és az olvadékvíz a patakokban, folyókban, kisebb-nagyobb tavakban és természetesen a tengerekben gyűlnek össze. Innen újraindul a körfolyamat. Az élőlények is vizet vesznek fel, mely szükséges életfolyamataikhoz, sejtjeik felépítéséhez. A számukra felesleges vizet azonban kiválasztják, kiürítik, mely a talajba kerül, onnan pedig egy része a természetes vizekbe. Másrészt az élőlények párologtatnak, mely révén vizet juttatnak vissza a levegőbe, bekapcsolódva ezzel a körforgásba.

A körforgás során csak csekély azon víz mennyisége (kb. 1%), mely veszteségnek számít azáltal, hogy felhasználódik a fotoszintézis során és hidrogénatomjai egy redukciós folyamatban beépülnek az élő szervezet szerves vegyületeibe. Ugyanakkor a biológiai oxidáció végtermékeként távozó víz pótolja a fotoszintézisben felhasznált víz nagy részét a körforgásban.

Egy vízcsepp megmaradási ideje a tartózkodási helyétől függően jelentősen ingadozik. Az atmoszférában átlagosan tíz napig marad meg, egy folyóban két-három hétig, gleccserben mintegy száz évig, míg a föld alatt legfeljebb négyezer évig.

Megjegyzés: Az ember élete során mintegy 70 liter könnyet termel. A könny nem csak víz. Fájdalomcsillapító anyagokat és antibakteriális hatású alkotóelemeket tartalmaz, amik megelőzik a fertőzést. Ez azonban csak a „valódi” könnyekre igaz. A hagymavágás során keletkező könnyeknek nincs ilyen hatása.

A csapadékmennyiségből 15 milliárd m³ felszíni vizek formájában a patakokon és folyókon keresztül a tengerekbe folyik, 65 milliárd m³ elszivárog a talajba és feltölti a talajvízkészletet, de legnagyobb részben, mintegy 130 milliárd m³-nyi víz elpárolog a föld- és vízfelszínekről, valamint a levelek felületéről.

A víz legnagyobb része hűtésre szolgál, aminek 75%-át a villamosenergia-termelésben, 25%-át pedig az ipari üzemekben használják. Ebből 8 milliárd m³ elpárolog, és 27 milliárd m³-t visszavezetnek a felszíni vizekbe. 5 milliárd m³-t bocsátanak rendelkezésre a vízszolgáltató vállalatok, aminek 70%-a talajvíz és 30%-a a felszíni vizek tisztításából származik.

Mi a víz?

A víz az oxigén és hidrogén egyesülése során keletkező vegyület, mely vízmolekulákból (H₂O) épül fel.

A tiszta víz szobahőmérsékleten színtelen, szagtalan, íztelen folyadék, mely nagy mennyiségben kék színárnyalatot mutat.

A vízmolekula szerkezetére jellemző, hogy az O-H kötések 105°-os szöget zárnak be egymással. A hidrogén- és oxigénatomok eltérő elektronegativitása következtében az O-H kötés polarizált, az oxigén körül parciális negatív, míg a hidrogénatom környezetében parciális pozitív töltés

figyelhető meg. Ez magyarázza a víz poláris oldószer mivoltát. A vízmolekulák között hidrogénkötések jönnek létre, melynek következménye a folyékony víz különleges szerkezete, a klaszter-modell szerinti térszerkezet. A teljesen tiszta (desztillált) víz nem tartalmaz további anyagokat, míg például az ivóvízben különböző ásványi anyagok oldott részecskéivel, hidratált ionjaival találkozhatunk. Az ionok pozitív (pl. nátriumionok, Na^+) vagy negatív (pl. kloridionok, Cl^-) töltéssel rendelkező részecskék. Az iontartalom miatt megváltozhatnak a víz tulajdonságai, például az elektromos vezetőképessége.

A részecskemodell

Minden anyag, tehát a víz is kis részecskékből áll. Ezek a részecskék olyan kicsik, hogy nagyítóval vagy mikroszkóppal sem láthatók. Az az elképzelés, hogy minden anyag kis részecskékből áll, az ember találmánya. Olyan időben jött létre ez az elképzelés, amikor még egyáltalán nem lehetett bizonyítani, hogy azok tényleg léteznek. Ma már a kutatóintézetekben közvetlenül bizonyíthatók és ábrázolhatók.

A jeget, a folyékony vizet és a vízgőzt alkotó molekulák azonosak, mert mindhárom esetben ugyanarról az anyagról van szó. De akkor miben különböznek? Ahhoz, hogy ezt a részecskemoddellel magyarázzuk, a következőket feltételezzük:

- a) A részecskék mozognak, melynek mértéke hő hatására fokozódik.
- b) A részecskék vonzzák, vagy taszítják egymást: a részecskék között vonzó és taszító erők hatnak.

A vonzó erők és az anyag részecskéinek saját mozgása felelős azért, hogy egy anyag szilárd, folyékony vagy gáz halmazállapotú. A halmazállapotokat és azok változásait tehát a részecskék szintjén érdemes magyarázni:

| Jég (szilárd) | Víz (folyékony) | Vízgőz (gáz) |
|--|--|---|
| <p>A vízmolekulák szabályosan, rendezetten, szorosan állnak egymás mellett. A vonzó erők a helyükön tartják a molekulákat. Minden molekulának megvan tehát a meghatározott helye, ahol csak kevéssé mozog (rezeg). A jég következőképpen stabil, szilárd formával rendelkezik.</p> <p>Ha felmelegítjük a jeget (hőközlés), a molekulák egyre hevesebben rezegnek (mozognak). A vonzó kölcsönhatások már nem elegendők ahhoz, hogy a helyükön tartsák a molekulákat. A rendezettség megszűnik, olvad a jég.</p> | <p>A vízmolekulák térbeli rendezettsége a jéghez képest kisebb, de még szorosan egymás mellett állnak. Könnyen helyet cserélhetnek egymással. Minden külső befolyás nélkül is állandóan egymás körül mozognak, de nem képesek minden további nélkül elhagyni az anyagot. A molekulák könnyű elmozdíthatósága miatt önthető a víz, emiatt veszi fel a tároló edény formáját, ezért meríthetők bele a szilárd testek, és ezért hajlamos vízszintes felület képzésére.</p> <p>Ha melegítjük a vizet, a molekulák mozgása hevesebb lesz, és egyes vízmolekulák elhagyják a víz felszínét: a víz párolog. A forráspont elérésekor a molekulák olyan erősen mozognak, hogy elválnak egymástól: a víz gőzölög. Vízgőz keletkezik.</p> | <p>A vízmolekulák nagy sebességgel, egymástól teljesen függetlenül, rendezetlenül mozognak. Ezért minden rendelkezésre álló teret kitöltenek. A molekulák közötti távolság ezért sokkal nagyobb, mint a vízben, vagy a jégben. Billiárdgolyó-szerűen ütköznek egymáshoz és a tároló edény ill. az őket körülvevő tér falához. E miatt a tulajdonsága miatt a vízgőz szabad térben gyorsan elillan.</p> <p>Lehűlés esetén, a vízmolekulák lassabban mozognak, úgy, hogy a köztük lévő vonzó kölcsönhatások újra hatni kezdenek. A vízpára újra folyékonná kezd válni: kondenzálódik.</p> |

A víz anomáliája

A víz esetében megfigyelhető egy anomália. Hűtés esetén, mint minden más anyagnál először csökken a térfogata, és a sűrűsége nő. Majd egyre több vízmolekula kerül egymás mellé, ami miatt a térfogat újra nőni kezd. +4°C-on legnagyobb a víz sűrűsége és a térfogata a legkisebb. +4 és 0 °C között lassan újra növekszik a térfogat, majd 0 °C-on, a fagyásponton ugrásszerűen kb. 9%-kal nő meg. 1 liter vízből kb. 1,1 liter jég lesz. Ennek az az oka, hogy ezen a hőmérsékleten a vízmolekulák piramisformájú jégkristályokká állnak össze. Ez a hirtelen térfogatnövekedés magyarázza a fagyott víz „robbanóerejét”.

Mire vezethető vissza a víznek ez a figyelemre méltó tulajdonsága? A víz legkisebb részecskéi a vízmolekulák, amelyek mindig egy oxigénatomból és két hidrogénatomból állnak. A hidrogénatomok parciális pozitív, míg az oxigénatomok parciális negatív töltéssel rendelkeznek. Mivel az ellentétes töltések vonzzák egymást, a vízmolekulák között gyenge kötőerők (hidrogénkötések) képződnek. Minél alacsonyabb a hőmérséklet, annál több hidrogénkötés keletkezik. Ha a víz megfagy, a vízmolekulák mindig – a léphez hasonlóan – hatszögekbe rendeződnek. Ha tehát a víz jég, hópolyhek, vagy zúzmara formájában van jelen, a hidrogénkötések magas száma miatt az egyes vízmolekulák között nagyobb a távolság, mint a víz esetében, ahol jelentősen kevesebb hidrogénkötés van és a vízmolekulák ezért szorosabban tudnak egymáshoz kapcsolódni, mint szilárd formában. A víz majdnem 10%-kal nagyobb sűrűségű a jégnél. Ez magyarázza, miért úsznak a jéghegyek a tengeren, és miért kb. az egytizedük emelkedik ki a vízből.

A víznek kisebb a sűrűsége szilárd halmazállapotban, mint folyadékként. Más anyagokkal összehasonlítva tehát „abnormálisan” viselkedik. A víznek ezt a tulajdonságát ezért anomáliának nevezik.

Ez a jelenség létfontosságú a vízi élőlények számára. Télen a vízfenéken +4 °C-ig, míg a vízfelszínen 0 °C-ig esik a hőmérséklet. A vizek a felszínen kezdenek befagyni, és ezzel megóvják az alsó régiókat a külső fagytól és így a további lehűléstől.

Amikor esik

Egy esőcsepp, ami mintegy egy milliárd vízmolekulát tartalmaz, kb. 0,5 g súlyú. Egy liter esővízben kb. 2000 esőcsepp van. Ha az eső több ezer méterről az atmoszférán át a földre esik, a cseppek magukkal sodor-

ják a levegőszennyező részecskéket. Az eső „koszosabb” lesz (részben „savanyú” is), a levegő tisztább. Egy liter esővíz 300 000 liter levegőt képes megtisztítani.

Amikor havazik

A hó fagyott víz. A magasabb felhőrétegekben kb. $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a hőmérséklet. A víz itt gáz halmazállapotú. A gáz halmazállapotú vizet vízpárának nevezzük. A vízmolekulák szabadon mozognak. A valamivel alacsonyabb felhőrétegekben a zezugos vízmolekulák hatszögű kristályokká állnak össze. Habár minden hópehely különbözik a többitől, mindegyikre egy szimmetrikus hatszögű alapstruktúra jellemző. Ez azért van, mert a vízmolekulák a kristályosodásnál mindig 120° -os szögben rendeződnek, ami a szabályos hatszög belső szögével egyenlő. A kristályok a levegő hőmérsékletétől és a páratartalmától függően növekednek tovább. Csak 1000 méteres magasságban fejeződik be ez a növekedés. A kristályok megmaradnak a földön vagy egymáshoz fagynak.

A víz megfagy, a jég olvad

Amikor a víz megfagy, egy kristályos szerkezet (jég) jön létre. A vízmolekulák hatszögű kristályokká való szerveződésével jelentősen csökken a mozgási szabadságuk. Ezáltal felszabadul az az energia, ami lehetővé tette a molekulák mozgását. Más szóval, ha egy folyadékból kristályos struktúra jön létre, hő keletkezik. Amikor olvad a jég, a környezetéből hőt von el. Ez az energia rombolja szét a hidrogénkötéseket és ezzel a molekulákat (kristályokat) összetartó erőt. A vízmolekulák fokozatosan egyre szabadabban mozognak. A jégből újra víz lesz.

Só hozzáadásával a jégképződés kb. $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on áll be, mert a só ionjai, amelyek a vízben való oldódáskor keletkeznek, megnehezítik a víz kristályos szerkezetének (a jégnek) a kialakulását. Ezért szórnak télen sót az utcákra, hogy megelőzzék annak eljegesedését.

Megjegyzés: Már a görögök is készítettek fagyaltot kb. 3000 évvel ezelőtt, úgy, hogy havat keverték össze mézzel, gyümölcslevekkel vagy borral. A perzsák, indiaiak, és kínaiak a természetes jeget ízesítették meg fűszerekkel, mazsolával és fagyantával, hogy fagyaltot nyerjenek.

Csúszós a jég?

Meglepő módon a jégnek nem csúszós a felszíne. Mivel légbuborékokcskák is belefagynak, a jég felszíne – ha mikroszkóp alatt megnézzük – viszonylag durva. Minél hamarabb fagy jéggé a víz, annál durvább lesz. A felszínen képződik egy folyékony határréteg, ami csúszóssá teszi a jéget. A nyomás hatására ez a réteg megerősödik, ami miatt a korcsolya még jobban siklik.

A víz folyik, hullámszik

Minden egyes vízcsepp mintegy 1 milliárd vízmolekulából áll, amelyek lazán kapcsolódnak egymáshoz. A vízmolekulák mozognak. Ennek során az egyik átgurul a másikon, elgurulnak egymás mellett. A jelenség, amit ekkor észlelünk, a víz folyása. A folyó víz nagy erőket fejt ki.

A hullám akkor keletkezik, ha egy víztömeg molekulái a felszínen állandóan váltakozva emelkednek és lesüllyednek. Ez egy rövid idejű magasságváltozáshoz vezet, ami a molekulák összekapcsoltsága miatt azonos, vagy változó sebességgel terjed szét, és amit állandó ide-oda folyásként észlelünk. A hullámok a vízállás gyors emelkedéséhez és/vagy csökkenéséhez vezetnek és eközben nagy erőket szabadítanak fel. (pl. egy szökőár esetében).

Közlekedő edények

A teljesen nyugvó vízben is működnek erőhatások. A víz a súlya által erőt fejt ki a környezetére. Ez az erő (nyomás) a vízben minden irányban hat és a vízmélységtől függ. A víznyomás ahhoz vezet, hogy különböző, csővel összekötött edényekben mindenhol egyenlő vízmagasság áll be.

Az, hogy mennyi víz fér az egyes edényekbe, vagy, hogy milyen hosszúak az őket összekötő csövek, itt nem játszik szerepet. Ezt a jelenséget sokrétűen alkalmazzák és alkalmazták az egyes háztartások vízzel való ellátásában, úgy, hogy nagy és magasra tett víztározókat (víztornyok) és alacsonyabbra helyezett vízcsapokat (WC-öblítők stb.) vízvezetékekkel kapcsolnak össze. A víz összenyomhatósága nagyon kicsi, amit akkor figyelhetünk meg, ha egy tárgyat merítünk bele. Ilyenkor a könnyen elmozdítható vízmolekulák elmozdulása miatt a vízszint megemelkedik. Ezt a jelenséget a hidraulikában használják erőátvitelre és erő átalakítására.

A víz kapillaritása

A kapillárisok nagyon vékony csövecskék, amelyeknek 1 mm-nél kisebb az átmérőjük (hajszálcsövek). A kapillárisokban a víz könnyen szét tud terjedni, mert az adhéziós erők nagyobbak a kohéziónál. Ezáltal a kapillárisok képesek felemelni a vizet. Ezt az effektust a növényekben tovább erősíti a párolgásból adódó szívóerő.

A víz felületi feszültsége

A vízmolekulák között minden irányban vonzó és taszító kölcsönhatások hatnak, amelyek a folyadék belsejében kiegyenlítődnek. Mivel a víz felszínén lévő molekulákat az egyik oldalról nem határolják további vízmolekulák, ott a függőlegesen ható erők nem tudnak kiegyenlítődni. Így a felszíni molekulák között kialakul egy erőhatás, ami egy bizonyos határig képes kisebb tárgyakat megtartani akkor is, ha sűrűségük nagyobb a vízénél. Ezt az erőhatást felületi feszültségnek nevezzük.

Az úszás, lebegés és merülés

Azok az anyagok, amelyeknek kisebb a sűrűségük mint a vízé úsznak, a vízzel azonos sűrűségűek lebegnek, a nagyobb sűrűségűek elsüllyednek a vízben.

Az emberek és más emlősállatok az általuk kiszorított víz súlyával való súlycsökkenése miatt (felhajtóerő), és a kezek, lábak, valamint a test célzott mozgásának köszönhetően képesek úszni. A legtöbb hálnak van egy speciális szerve (az úszóhólyag), amivel a súlyát szabályozza a nyomás és a vízmélység függvényében. Ez az üreges szerv különböző mértékben tölthető meg gázzal az alkalmazkodás érdekében.

Ha azonban egy tárgy (pl. egy hajó), habár az őt felépítő anyag sűrűsége a vízénél nagyobb (pl. ha a hajó vasból van) a formája miatt annyi vizet szorít ki, hogy a kiszorított víz nehezebb, mint a tárgy, a víz felszínén fog úszni. A víz felfelé nyomja a tárgyat. Ezt az erőt a víz felhajtóerejének nevezzük. A felhajtóerő a nehézségi erő ellen hat. A felhajtóerő a vízben a test által kiszorított víztömeg súlyával egyenlő (Archimédesz törvénye). A tengeralattjárók a léghólyag elvét használják, gáz, vagy levegőtartályok formájában súlyuk szabályozására. A hajójavításhoz használt úszódokkok is ezt az elvet alkalmazzák, amikor a dokk testében lévő speciális tartályok elárasztásával úgy növelik meg a súlyt, hogy a dokk süllyedése ré-

vén be tudnak állni a hajók. Aztán kipumpálják a vizet a tartályokból, és a súlycsökkenés miatt ezzel felemeledik és kiemeli a hajót a vízből.

Minden élőlénynek szüksége van vízre

Körülbelül hat milliárd ember és számtalan állat- és növényfaj él a Földön. Mindegyiküknek szüksége van tiszta vízre, a víz létfontosságú táplálék. Az ivóvíz segít egészségünk megőrzésében, mivel nélkülözhetetlen ásványi anyagokat tartalmaz, mint a nátrium, a kalcium és a magnézium.

A víz megakadályozza a test kiszáradását, a szervezet poláris anyagainak oldószere, szállítóközeg, a felépítő anyagcsere-folyamatok kiindulási anyaga, a biológiai oxidáció végterméke. Az ivóvíz azonban csak korlátozott mennyiségben áll rendelkezésre. A Földön lévő víznek kb. 3%-a iható.

Egy ember kb. 14 napig bírja szilárd táplálék nélkül, de már pár nap elteltével szomjan hal. Ahhoz, hogy egészségesen élhessen, az embernek 2-2,5 l ivóvízre van szüksége naponta, amit ivással és evéssel vesz fel. Egy felnőtt ember testének 60%-a víz. A gyerekek esetében a szervezet víztartalma 10%-kal több. Az iparilag fejlett országokban az egy főre jutó vízfogyasztás 150-200 liter/nap. A száraz éghajlatú fejlődő országokban azonban csak 10 liter víz/fő áll rendelkezésre. Az emberiség kétharmada számára nem jut tiszta ivóvíz. Egy 1999-es ENSZ-jelentés szerint évente 5,3 millió ember hal meg a tiszta ivóvíz hiánya miatt. Nem mindig van szükség azonban édesvízre. Így a gazdasági-technikai folyamatok egész soránál, mint az áramfejlesztésnél (árapály-erőművek) és a hajószállításban sós vagy brakkvizet is használnak. Az állatok és a növények sem mindig édesvizet igényelnek. A tengerek sós vizében változatos élővilág uralkodik és sok ilyen állat számára a sósvíz létfontosságú. Ez az állat- és növénygazdagság nem jelentéktelen táplálékforrás az emberiség számára.

A víz, mint oldószer

Ha egy anyag vízben oldódik, egyszerre két folyamat játszódik le. Egyrészt az oldódás során az oldódó anyag rácsszerkezete megbomlik, amihez energia szükséges. Ezzel egyidőben a vízmolekulák körülveszik az anyag szabaddá váló részecskéit (hidratáció). Ekkor az energia hő formájában felszabadul. A szükséges és felszabaduló energia mennyisége nem egyenlő. Ha egy anyag oldódása több energiát igényel, mint amennyi

a hidratáció révén felszabadul, az oldat lehül. Ellenben, ha egy anyag vízben való oldódása során több energia szabadul fel, mint amennyi a rácsszerkezetének felbontásához szükséges, az oldat felmelegszik.

Az oldódás mértéke a víz hőmérsékletétől is függ. A legtöbb anyag oldódásának mértékét a hőmérséklet emelése növeli.

A víz mint tűzoltó anyag

A víz a leggyakrabban alkalmazott oltóanyag. Magas párolgáshője miatt a felhevült és égő anyagoktól hőenergiát von el és a keletkező vízgőz meggátolja az oxigén odajutását, kiszorítja azt. A víz azonban nem alkalmas mindenféle tűz oltásához. Így nem szabad vízzel oltani a forró zsírt és olajat, mert a víz, ha a forró olajjal érintkezésbe kerül, azonnal elpárolog, és olajcseppeket ragad magával. Ezek az olajködök robbanásszerűen éghetnek el. Az elektromos berendezések tüzének oltására is alkalmatlan a víz. A víz elektromos vezetőképessége az áramütés vagy az újabb tüzet okozó rövidzárlat kialakulásának veszélyét hordozza magában.

Vízisztítás

A természetes vizet sok felhasználási területen nem lehet kezeletlenül hasznosítani. Rendeltetéstől függően azt többé-kevésbé meg kell tisztítani.

Ma már a természetes vizek nem használhatók tisztítás nélkül ivóvízként. Ezért a vizet folyamatosan biológiai-bakteriológiai és fizikai-kémiai vizsgálatoknak vetik alá, hogy garantálják a törvények által meghatározott határértékek betartását. Biológiailag az élő és elpusztult szervezetek részarányát, bakteriológiailag a kórokozók és baktériumok részarányát, fizikailag a szagát és ízét, kémiailag a pH-értéket, a keménységét, az oxigéntartalmát és a nyomelemeket vizsgálják.

A vizsgálatok eredménye határozza meg a tisztítási eljárások formáját és mértékét. Ehhez különböző filterrendszereket, szellőztető berendezéseket, ioncserélőket és csírátlanító berendezéseket használnak.

A vízvédelmi területek létesítése az ivóvíztisztításhoz szükséges nyersvíz vonzáskörzeteit védi a törvény erejével.

A sóatlanító berendezések a desztilláció, az elektrolízis és a fordított ozmózis elvét alkalmazzák édesvíz készítésére, melyek ma még technikailag és gazdaságilag sem tökéletes eljárások.

Vízszennyezés – vízvédelem – a vegyszerek okozta veszélyek

Vízszennyezést okozhat a kommunális és ipari szennyvíz természetes vizekbe való vezetése, de a szilárd anyagok kimosódása is. A kommunális szennyvíz szappanlúgot tartalmaz, ami kétszer olyan káros. Csökkenti a víz felületi feszültségét és ezzel elpusztítja sok kisállat életterét (pl. molnárka, szúnyoglárva). A szappanlúg zsíroldó hatása roncsolja a vízimadarak tollazatának védő zsírrétegét is. Ezek, mint a tőkésréce is, a csőrükkel a farktömirigyükből vett zsírt szétkenik a fedőtollaikon. A zsír megakadályozza, hogy a víz bejusson a tollazat közé. A szappanlúgok miatt a vízimadarak nemcsak a hőszigetelő anyagukat veszítik el, hanem a beszivárgó víz miatt nehezebbek is lesznek, és így nem tudnak többé úszni.

Az ipari szennyvíz a kémiai maradékanyagok mellett olajat is tartalmaz. Egy liter olaj egy millió liter vizet képes megmérgezni. A tankerka-tasztrófák a tengereken olajpestist okoznak, aminek sok tengeri és tengerparti állat esik áldozatul. Még mindig vannak olyan üzemek, amelyek az olajtartalmú szennyvizet törvénytörő módon a folyókba vagy tavakba engedik és ezzel egész vidékeket mérgeznek meg.

A mezőgazdaságban keletkező trágyalé, amit nem szabályszerűen vezetnek el, a kémiai műtrágyákból visszamaradt anyagok és a növényvédőszer, amelyek az esővel a talajvízbe szivárognak, patakokba, folyókba vagy tavakba jutnak, különösen veszélyesek. A következmények súlyosak. A túlzott sótartalom a vizekben az algák és vízínövények akadálytalan növekedéséhez vezet. Ezek a növények sok oxigént használnak el, ezért a víz oxigénmennyisége csökken. Emiatt elpusztulnak a víziállatok, mint a halak és a rákok. A tetemeket baktériumok bomlasztják, amik ugyancsak oxigént fogyasztanak. A szennyezett, oxigénszegény vízben a csillós egysejtűek is meg tudnak élni. Ha egy idő után nem vezetnek be több szennyvizet, a víz önmagától is kitisztulhat, mivel a csillós egysejtűek apránként felfalják a baktériumokat. A víz újra felfrissül. Ha azonban továbbra is szennyvíz ömlik a vízbe, az oxigéntartalom annyira lecsökken, hogy kihal a víz élővilága.

Savas eső

A kén-dioxid és a nitrogén-oxidok, amelyeket a füst és a kipufogógázok tartalmaznak, a levegőben elegyednek a vízzel. Ennek során gyenge savak keletkeznek. Ezek a savak az esővel együtt a földre hullnak és savas eső formájában károkat okoznak. A kén-dioxid és nitrogén-oxidok ál-

tal történő levegőszennyezést nagyrészt az erőművek, az ipar és a hulladékégetők okozzák. A vulkánkitöréseknél is megjelennek ezek a gázok, ugyanúgy, mint az autók kipufogógázaiban és a fával és szénrel való tüzelés esetében is.

pH-érték és pH-skála

A pH az oxóniumion koncentrációjának tízes alapú negatív logaritmus. A pH értéke 0 és 14 között változhat. A semleges pH érték 7, az ennél kisebb pH-jú oldatokat savasnak, míg a nagyobbakat lúgosnak nevezzük.

Szennyvízkezelés

Mielőtt visszavezetik a természetbe a szennyvizet (használt vizet) kezelni kell, hogy meggátolják a természetes vizek szennyeződését. Ehhez első lépésként fel kell mérni a minőségét, az összetételét és az eredetét, hogy megfelelően tudják megválasztani a tisztítási- és kezelési eljárást.

A szennyvízkezelésben a tisztítás három fokozatát különböztetjük meg, amelyek a szennyezés fajtájától függően külön-külön, vagy kombinálva alkalmazhatók.

Mechanikus szinten rostálással és szűrőkkel a különböző méretű és összetételű szilárd alkotóelemeket távolítják el. Biológiai szinten a szerves alkotóelemeket növények és/vagy baktériumok segítségével teljes mértékben lebontják. Ezen a szinten a kezelés a természetes folyamatok mintájára történik különböző berendezések segítségével. Kémiaiilag a szennyező anyagokat, mint például az oldott nitrogén- és foszfor-, valamint a nehézfém-vegyületeket és -sókat kémiai folyamatok útján redukálják.

4.5.2. Tanulási-tanítási egységek általános követelményei 1–4. osztályig a „VÍZ” témakörben

Tanulási egység: A víz

| 1. osztály | |
|---|-------------------------------|
| Ismeretek és megértés | Fő fogalmak |
| 1. Hol fordul elő a víz a Földön? A gyerekek tudják, hogy a víz előfordul a „földben” (pl. talajvíz, források), a földfelszínen (pl. tavak, folyók, tengerek) és a levegőben (vízgőz, felhők, eső, hó, köd). | Jég Víz Vízgőz |
| 2. Miért fontos a víz? A gyerekek felismerik, hogy minden élőlénynek szüksége van a vízre. | Vízrészecske |
| 3. Milyen formái léteznek a víznek? A gyerekek megismerik a víz halmazállapotait és a változások általános feltételeit. A változásokat az olvadás, a fagyás, a párolgás és a kondenzálás fogalmakkal tudják leírni. | Olvadás Fagyás Párolgás |
| 4. Miből áll a víz? A gyerekek tudják, hogy a víz nagyon kicsi részecskékből áll. | Kondenzáció Kísérlet |
| 5. Mit a kísérlet? A gyerekek megtanulják, hogy a kísérlet az a folyamat, melynek során valamit felde-rítünk, kipróbálunk és felülvizsgálunk. | Feltevések |

| 2. osztály | |
|---|--|
| Ismeretek és megértés | Fő fogalmak |
| 1. Miért fontos a víz? A gyerekek felismerik, hogy víz nélkül nincs élet a Földön. | Folyékony Gázhalmaz- állapot |
| 2. Van-e elegendő víz a Földön? A gyerekek ismerik a sósvíz, édesvíz és az ivóvíz fogalmát. Tudják, hogy csak nagyon kevés természetes víz használható ivóvízként. A természetes vizek többségét ivóvíz előállítása céljából tisztítani kell. | Párolgás Kondenzáció Vízkörforgás Vízrészecske Sós víz |

| | |
|--|----------|
| 3. Hogyan lehet a koszos, szennyezett vizet megtisztítani? A gyerekek megismerik, és el tudják magyarázni a szűrés folyamatát. | Édesvíz |
| 4. Miből áll a víz? A gyerekek tudják, hogy a víz nagyon kicsi részecskékből áll. | Ivóvíz |
| 5. Mi a kísérlet? A gyerekek megtanulják, hogy a feltevéseket a kísérletekkel lehet felülvizsgálni, igazolni. | Talajvíz |
| | Tölcsér |
| | Szűrő |
| | Szűrés |
| | Táblázat |
| | Kísérlet |
| | Feltevés |

| 3. osztály | |
|---|--------------|
| Ismeretek és megértés | Fő fogalmak |
| 1. Miért nem tűnik el a víz a Földről? A gyerekek le tudják írni a víz körforgását a párolgás és a kondenzáció fogalmának alkalmazásával. | Vízkörforgás |
| 2. Mi történik a különböző anyagokkal a vízben? A gyerekek a víz oldódásban betöltött szerepét képesek a részecskemodell segítségével magyarázni. | Párolgás |
| 3. Miből áll a víz? A gyerekek tudják, hogy a víz nagyon kicsi részecskékből áll, amiket vízmolekuláknak nevezünk. | Kondenzáció |
| 4. Mi a kísérlet? A gyerekek megtanulják, hogy a feltevéseket a kísérletekkel lehet felülvizsgálni. | Vízmolekula |
| | Oldás |
| | Oldat |
| | Oldhatóság |
| | Oldószer |
| | Kísérlet |
| | Jegyzőkönyv |
| | Poszter |

Képességek, készségek, jártasságok

A gyerekek képességei, készségei, jártasságai fejlődnek

- a problémák felismerése és megfogalmazása,
- egyszerű kísérletek tervezése, végrehajtása, jegyzőkönyvek útmutatás segítségével történő elkészítése, feltevéseik felülbírálata terén.

Attitűdök

A gyerekekben kialakul és fejlődik az igény

- a másokkal történő közös munkavégzés iránt,
- feltenni az eredmények és a folyamatok okairól és feltételeiről.

| 4. osztály | |
|---|---|
| Ismeretek és megértés | Fő fogalmak |
| <p>1. Hogyan zajlik egy kísérlet általában? A gyerekek meg tudják nevezni a kísérletezés egyes lépéseit.</p> <p>2. Mi a víz? A gyerekek a vizet olyan anyagként írják le, amely vízmolekulákból épül fel.</p> <p>3. Hogyan viselkednek a vízmolekulák? A gyerekek megtanulják, hogy a vízmolekulák mozognak és vonzzák egymást.</p> <p>4. Honnan ismerik fel a gyerekek a molekulák közötti vonzóerőt? A gyerekek megtanulják a felületi feszültség fogalmát és megtapasztalják, hogy hogyan lehet ezt kísérletek segítségével bizonyítani. A részecskemodell segítségével meg tudják magyarázni a felületi feszültséggel kapcsolatos jelenségeket.</p> | <p>Kísérlet Feltevés Jegyzőkönyv</p> <p>Oldhatóság Oldódás Oldat Vízmolekula Felületi feszültség Vonzóerő Részecskemodell</p> |

Képességek, készségek, jártasságok

A gyerekek képességei, készségei, jártasságai fejlődnek

- a feltevések megindokolása, felülvizsgálati lehetőségei,
- kísérletek tervezése, kivitelezése, jegyzőkönyv készítése, a részecskemodell alkalmazása terén.

Attitűdök

A gyerekekben kialakul és fejlődik az igény

- a másokkal történő közös munkavégzés iránt
- kérdéseket feltenni az eredmények és a folyamatok okairól és feltételeiről.

4.5.3. Tanegység tématerve: „A VÍZ” – 1. osztály

| Tanítási egység (1. osztály) | | |
|---|--|--|
| Alapgondolat: A víz részecskékből áll. | | |
| Ismeretek és megértés | <p>1. Hol fordul elő a víz a Földön? A gyerekek tudják, hogy a víz előfordul a „földben” (pl. talajvíz, források), a földfelszínen (pl. tavak, folyók, tengerek) és a levegőben (vízgőz, felhők, eső, hó, köd).</p> <p>2. Miért fontos anyag a víz? A gyerekek felismerik, hogy minden élőlénynek szüksége van vízre.</p> <p>3. Milyen formái léteznek a víznek? A gyerekek megismerik a víz halmazállapotait és a változások általános feltételeit. A változásokat az olvadás, a fagyás, a párolgás és a kondenzálás fogalmakkal tudják leírni.</p> <p>4. Miből áll a víz? A gyerekek tudják, hogy a víz nagyon kicsi részecskékből áll.</p> <p>5. Mi a kísérlet? A gyerekek megtanulják, hogy a kísérlet az a folyamat, melynek során valamit felderítünk, kipróbálunk és felülvizsgálunk.</p> | Fogalmak: Jég Víz Vízgőz Vízrészecske Olvadás Fagyás Gőzölgés Párolgás Kondenzáció Kísérlet Feltevés |
| Képességek, készségek, jártasságok | <p>A gyerekek képességei, készségei, jártasságai fejlődnek</p> <ul style="list-style-type: none"> • a feltevések alkotása, • egyszerű kísérletek útmutatással történő elvégzése terén. | |
| Attitűdök | <p>A gyerekekben kialakul az igény</p> <ul style="list-style-type: none"> • a másokkal történő közös munkavégzés iránt, • kérdéseket feltenni az eredmények és a folyamatok okairól és feltételeiről. | |

| A tanítás és tanulás folyamata | | A tanulási folyamat meg- erősítése, értékelés, visz- szacsatolás |
|--|---|--|
| Fá- zisok | Tartalom | |
| BEVEZETÉS, ISMÉTLÉS, ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA | a. A gyerekek elmesélik, mit tudnak a víz- ről, és hol találkoztak a vízzel (beszél- getés). | A gyerekek képeket festek a témához: „Miért fontos a víz?” |
| | b. A festett képeket kiakasztják a falra, és közösen megbeszélik (plénum). A tanár összefoglalja: Minden élőlénynek szüksége van vízre (instrukció). A gyerekek ezen állítás nyomán, további példákon gondolkodnak. | A tanár impulzusokat ad és minden egyes gyereket buzdít a beszélgetésben való részvételre. |
| | c. A tanár megvitatja a gyerekekkel a tanulás jelentőségét és céljait. Konkrét tanulási kritériumokat ad meg (beszélgetés). | A tanulás jelentősége, céljai és kritériumai kiakasztva az osztályban. Hol fordul elő a víz a természetben? |
| | d. A gyerekek összegyűjtik, hol fordul elő a víz a természetben. A megállapításokat kategóriákba rendezik (beszélgetés). Az említett példákat a tanár összefoglalja: A víz a Földön különböző formákban található meg. | A tanár megad 4 kategóriát: a földben, a „földön”, a levegőben, egyéb. |
| | e. A tanár prezentálja és bevezeti a víz, jég és vízgőz fogalmakat. A gyerekek közlik tapasztalataikat ezekkel a vízformákkal kapcsolatban (plénum)A tanár bevezeti a szilárd, folyékony, légnemű halmazállapot fogalmakat (instrukció). | Fogalmak: Víz, jég és vízgőz, szilárd, folyékony, légnemű |
| | f. Hogyan lesz a vízből jég? A gyerekek közlik tapasztalataikat és feltevéseiket. A tanár elmagyarázza, hogy a feltevéseket kísérletekkel lehet bizonyítani. Közösen megbeszélik a kísérletek elvégzésének folyamatát. Az T1-1 útmutató szerint megbeszélik és házfildatként elvégzik a kísérletet (otthoni egyéni munka). | Fogalmak: Kísérlet, feltevés A tanár összefoglalja a kísérlet lépéseit egy poszteren és kiakasztja az osztályban. |

| | | |
|---|---|--|
| BEVEZETÉS, ISMÉTLÉS, ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA | <p>g. A házfeladat megbeszélése (T1-1 felhasználásával, plénium). A tanár bevezeti a fagyás fogalmát (instrukció). Miért fagy meg a víz? A tanár elmagyarázza, hogy a víz nagyon sok kis részecskéből áll, melyek mozognak. Ha a részecskék nagyon közel kerülnek egymáshoz, összekapcsolódnak, mozgásuk lelassul, kialakul a jég (instrukció).</p> | <p>Fogalmak: Fagyás, vízrészecskék Utalás: jégtakaró a tengereken és a folyókon!</p> |
| | <p>h. Lehet-e a jégből újra víz? A gyerekek beszámolnak a tapasztalataikról és közlik a feltevéseiket, hogyan lehet a jégből vizet „készíteni”. A gyerekek a kezükbe vesznek egy jégkockát. A tanár bevezeti az olvadás fogalmát (instrukció). Miért olvad meg a jég? A gyerekek csoportmunkát végeznek az T1-2 alapján. A tanár elmagyarázza, hogy a vízrészecskék meleg hatására gyorsabban mozognak és így nagyobb lesz köztük a távolság (instrukció).</p> | <p>Fogalmak: Olvasás</p> <p>A tanár segít a csoportoknak a kísérletek elvégzésében.</p> |
| | <p>i. Mi történik, ha a vizet melegítjük? A gyerekek feltevéseket alkotnak (plénium). A tanár bevezeti és végrehajtja az T1-3 feladatlapon szereplő feladatok első részét (plénium). Bevezeti a párolgás fogalmát (instrukció). A gyerekek csoportmunkában elvégzik a kísérletek 2. részét (T1-3). Mi történik a gőzölgés közben? A tanár a részecskemodell segítségével elmagyarázza a gőzzé alakulás folyamatát (plénium).</p> | <p>Fogalmak: Gőzölgés</p> |

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| BEVEZETÉS, | <p>k. Mi történik a pocsolyával eső után? A tanár előkészíti a gyerekekkel az T1-4 feladatlap kísérletét (plénum).</p> | A gyerekeknek meg van a lehetőségük arra, hogy a kísérletet otthon is elvégezzék. |
| | <p>l. T1-4 kiértékelése és a párolgásfogalmának bevezetése (instrukció). Mi történik párolgás közben? Magyarán a részecskemodell segítségével (plénum).</p> | <p>Fogalmak: Párolgás Utalás a párolgási folyamatokra a háztartásban.</p> |
| | <p>m. A tanár demonstrálja a kondenzációt egy ablaküveggel, egy tükörrel, illetve egy szemüveggel (T1-5, plénum). A gyerekek összefoglalják, hogy mit tudnak már a vízről. Ennek alapján közlik a feltevéseiket az ablaküveg, a tükör illetve a szemüveg bepárásodásáról (beszélgetés). A tanár bevezeti a kondenzáció fogalmát és elmagyarázza a folyamatot a részecskemodell segítségével (instrukció).</p> | <p>Fogalmak: Kondenzáció</p> |
| Összefoglalás, prezentáció | <p>n. Mi a kísérlet? Miért szükséges a kísérlet? (beszélgetés)</p> | A beszélgetés szabályainak betartása |
| | <p>o. A gyerekek keresik a fogalmak (víz, vízgőz, jég, szilárd, folyékony, légnemű, párolgás, gőzölgés, kondenzáció, fagyás) közötti összefüggéseket (applikációk a táblán).</p> | A tanulók és a tanár visszajelzéseket adnak. |
| Értékelés, reflexió | <p>p. A gyerekek megvitatják a következő kérdéseket: Mit tanultam? El tudom-e magyarázni, mi a kísérlet? Ki és mit segített nekem a tanulásban? Mit nem értek még? Mit szeretnék még tudni? (beszélgetés)</p> | A tanár utal a tanulási célokra és a tanulási kritériumokra. Kérdéseket tesz fel a tanulási folyamathoz és ügyel a beszélgetési szabályok betartására. |

4.5.4. A tanulás célja, jelentősége és kritériumai (applikáció:”baglyos ábra”) – 1. osztály


Tanulni akarunk a vízről, mert a víz nagyon fontos az élőlényeknek
(A tanulás jelentősége)

Tudom,
hol fordul elő a víz.
miből áll a víz.
milyen formákban létezik a víz.
(A tanulási céljai)

Meg tudom
nevezni a víz előfordulásait a „földben“, a földön és a levegőben.
magyarázni, hogy hogyan tud átalakulni egymásba a víz, a jég és a vízgőz.
mondani, mi a kísérlet. (A tanulás kritériumai)

| 1. tanítási egység |
|--------------------|
| Fogalmak |
| jég |
| víz |
| vízgőz |
| vízrészecske |
| olvadás |
| fagyás |
| párolgás |
| gőzölgés |
| kondenzáció |

4.5.5. Kísérleti útmutatók, munka- és információs lapok – 1. osztály



| A víz halmazállapot változásai: fagyás | | T 1-1 | |
|--|---|--------------|--|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Hogy lesz a vízből jég?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A víz folyékony. A szilárd víz a jég.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Télen, amikor nagyon hideg van, a pocsolyák vize befagy. 2. Ha nagyon nagy a hideg, a folyók és tavak vize is befagy. 3. Amikor nagyon hideg van, a vízből jég lesz. <p>A feltételezés ellenőrzése: Jeget készítenek és tapintással érzékelik annak hőmérsékletét.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök: Egy üres joghurtos doboz, mélyhűtő, víz.</p> <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A gyerekek megtöltik a joghurtos dobozt vízzel és beteszik egy hűtőszekrény mélyhűtőjébe. • Kiveszik a jeget a joghurtos dobozból. • Összehasonlítják a jeget a vízzel (keménység, szín). Kézzel ellenőrzik a víz és a jég hőmérsékletét. <p>A kísérlet értékelése: A gyerekek a tanár segítségével értékelik a kísérletet és összevetik azt feltételezéseikkel.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | | |  |
| <p>Tanárok számára</p> <p>A víz „részecskéi”, a vízmolekulák, elektrosztatikus kölcsönhatást gyakorolnak egymásra. A vízmolekulák hőmozgást végeznek. A részecskék mozgási energiája hőmérsékletfüggő. Alacsonyabb hőmérsékleten lassabban mozognak, közöttük szabályos rend jön létre, a víz megfagy.</p> | <p>Tanulók számára</p> <p>A víz sok, kis apró részecskéből áll, melyek gyorsabban mozognak, ha melegítjük a vizet és lassabban, ha lehűtjük. A hőmérséklet miatt megváltozik a víz szerkezete. Ha melegítjük, a jégből víz lehet, hűtéssel pedig a vízből jég.</p> | | |


| A víz halmazállapot változásai: olvadás | T 1-2 |
|--|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Mikor és miért olvad el a jég?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A víz folyékony. A gázhalmazállapotú vizet vízgőznek nevezzük. A szilárd víz a jég. A víz jéggé fagy, ha nagyon hideg van.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A jég elolvad, amikor a kezünkbe vesszük. • A jégből víz lesz, ha meleg van. <p>A feltételezés ellenőrzése: Jégkocka felmelegítése</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 befőttesüveg, tál, vasháromláb, üres gyertyatok, gyertya, hőmérő. • Jégkocka, meleg víz. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A gyerekek megtöltenek egy üveget félig jégdarabkákkal, behelyeznek egy hőmérőt, hagyják az üveget szobahőmérsékleten állni és ellenőrzik, milyen hőmérsékleten kezd el olvadni a jég. • Két jégdarabot tartalmazó üveget egy meleg vizes tálba helyeznek és figyelik, mi történik. • Egy üres gyertyatokba jégdarabot tesznek és azt vasháromlábba helyezik. A jég alatt a tanár meggyújtja egy gyertyát. A gyerekek megfigyelik, mi történik a jégdarabbal. <p>A kísérlet értékelése: Összehasonlítják a tapasztalatokat a feltételezésekkel, azokat megbeszélik egymással és a tanárral.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| <p>Tanárok számára</p> <p>Ha a jég olvad, hőt von el a környezetétől. A környezetből elvont energia hatására a molekulák közötti hidrogénhidak felszakadnak, így a vízmolekulák egyre szabadabban mozognak. A jég újra víz lesz.</p> | <p>Tanulók számára</p> <p>A jég megolvad, ha melegszik. Minél több meleg éri, annál gyorsabban olvad. A meleg miatt a részecskék gyorsabban mozognak és a közöttük lévő távolság is nagyobb lesz. A jég folyékonnyá, vízzé lesz. Ezt a folyamatot olvadásnak nevezzük.</p> |



| A víz halmazállapot változásai: gőzölgés | T 1-3 |
|---|--|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Mi történik a vízzel, ha melegítjük, illetve forraljuk? A víz ilyenkor eltűnik?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A víz folyékony. A gázhalmazállapotú vizet vízgőznek nevezzük. A szilárd víz a jég. A víz jéggé fagy, ha hideg van. Ha meleg van, a jég megolvad, víz lesz belőle. Melegítéskor a víz párolog, forraláskor gőzölög, vízgőzzé alakul. A víz apró részecskékből áll.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: Amikor a vizet egy edényben melegítjük (pl. leves főzésekor), elkezd buborékolni. Buborékok keletkeznek. A gőz keletkezik. Kevesebb lesz a víz az edényben.</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: Fedővel lefedett víz melegítése egy edényben.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • teáskanál, gyertya • víz • a tanár számára: vízforraló (rezsó edénnyel), öngyújtó. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A tanár bemutat egy szemléltető kísérletet. A vízforralóban (főzőedény) felfőzi a vizet. Amikor a víz elkezd forrni, felemeli a fedőt. A gyerekek leírják a megfigyeléseiket. • A gyerekek felmelegítenek egy teáskanálnyi vizet egy égő gyertya felett és megfigyelik, mi történik. (Vigyázat! A kanalat a nyelénél kell megfogni!) <p>A kísérlet értékelése: A kísérletet szóban értékelik ki. A tapasztalatokat, összehasonlítják a feltételezésekkel.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| <p>Tanárok számára A vízrészecskékkal melegítéskor energiát közlünk, melynek hatására mozgékonyságuk erősen megnő és a közöttük lévő távolságuk is nagyobb lesz. A vízmolekulák közötti kohéziós erő lecsökken, így kiszakadnak a folyékony halmazállapotú vízből. A folyékony víz légnemű válik, párolog, forráspontján gőzölög.</p> | <p>Tanulók számára Forraláskor (amikor melegítés hatására a vízben buborékok keletkeznek) a folyékony víz felett gőz képződik. A vízrészecskék ilyenkor olyan gyorsan és olyan nagy erővel mozognak, hogy „elhagyják“ a folyékony vizet és a levegőbe kerülnek. A forraláskor bekövetkező folyamatot gőzölgésnek nevezzük.</p> |



| A víz halmazállapot változásai: párolgás | T 1-4 |
|---|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Mi történik a pocsolya vizével eső után?</p> | |
| <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban:</p> | |
| <p>A víz folyékony. A gázhalmazállapotú vizet vízgőznek nevezzük. A szilárd víz a jég. A víz jéggé fagy, ha hideg van. Ha meleg van, a jég megolvad, víz lesz belőle. Melegítéskor a víz párolog, forraláskor gőzölög, vízgőzzé alakul. A víz apró részecskékből áll.</p> | |
| <p>A gyerekek lehetséges feltételezései:</p> | |
| <p>A víz beszívárog a talajba. A növények felveszik a vizet.</p> | |
| <p>A feltételezés ellenőrzése:</p> | |
| <p>Egy lapos edénybe vizet töltünk és hosszú időn át megfigyeljük, mi történik.</p> | |
| <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • két nagy lapostányér, üveg, vízálló filc, víz | |
| <p>A kísérlet végrehajtása:</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • A gyerekek közel azonos mennyiségű vizet töltenek mind a két tányérba. • Az egyik tányért meleg (napsütötte hely), a másikat hideg helyre teszik (árnyékos hely). • Megjelölik a vízszintet egy vonallal. • Három napon keresztül figyelik a vízszint változását a vízszint bejelölésével. | |
| <p>A kísérlet értékelése:</p> | |
| <p>A kísérletet szóban értékelik ki. A tapasztalatokat összehasonlítják a feltételezésekkel.</p> | |
|  |  |
| <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| <p>Tanárok számára</p> | <p>Tanulók számára</p> |
| <p>A vízrészecskékkal melegítéskor energiát közlünk, melynek hatására mozgékonyságuk erősen megnő és a közöttük lévő távolságuk is nagyobb lesz. A vízmolekulák közötti kohéziós erő lecsökken, így kiszakadnak a folyékony halmazállapotú vízből. A folyékony víz légnemű válik, párolog.</p> | <p>A víz nagyon kis részecskékből áll. A meleg hatására ezek a részecskék gyorsabban mozognak. Egyre több részecske „hagyja el” a tányérról a folyékony vizet és kerülnek a levegőbe láthatatlan vízgőzként. Ezt a folyamatot párolgásnak nevezzük.</p> |

| A víz halmazállapot változásai: kondenzáció | | T 1-5 | |
|--|---|-------|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Miért párasodik be gyakran az ablaküveg, a szemüveg vagy a fürdőszobatükör?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A víz folyékony. A gázhalmazállapotú vizet vízgőznek nevezzük. A szilárd víz a jég. A víz jéggé fagy, ha hideg van. Ha meleg van, a jég megolvad, víz lesz belőle. Melegítéskor a víz párolog, forraláskor gőzölög, vízgőzzé alakul. A víz apró részecskékből áll.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: Az ablaküveg, a szemüveg vagy a fürdőszobatükör bepárásik, ha a levegő nedves, vagy ha főznek.</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: Üveget, szemüveget és tükröt stb. tartunk vízgőzbe.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vízforraló (vagy főzőlap edénnyel), hűtőtáska, • szemüveg, tükör, üveg... nagyítók, víz <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A tanár hagyja a vizet a vízforralóban elpárologni. A vízgőzt nem fogják fel. A gyerekek megfigyelik, mi történik a vízgőzzel. • A tanár előveszi az előzőleg hűtőtáskába helyezett szemüveget, tükröt, üvegeket stb. és a vízforraló fölé helyezi. • A gyerekek megfigyelik, mi történik, és nagyító alatt szemlélik „a bepárásodást”. <p>A kísérlet értékelése: A kísérletet szóban értékelik ki. A tapasztalatokat összehasonlítják a feltételezésekkel.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | | |  |
| <p>Tanárok számára</p> <p>A vízgőz gáz halmazállapotú. A levegő részecskéivel keveredve mindig jelen van a levegőben. Ha a vízgőztartalmú levegő nála hidegebb felülettel érintkezik vízgőztartalma lecsapódik, kondenzálódik.</p> | <p>Tanulók számára</p> <p>Ha a szemüveget viselők nagyon hideg időben egy meleg helyiségbe lépnek be, a meleg szobalevegő érintkezik a hideg szemüveggel. A szoba levegője mindig tartalmaz láthatatlan vízgőzt, mely az üvegfelületen lehül, és vízzé kondenzálódik. A szemüvegek így párasodnak.</p> | | |

4.5.6. Tanegység tématerve : „A VÍZ” – 2. osztály

| Tanítási egység (2. osztály) | | |
|---|---|--|
| Alapgondolat: A víz részecskékből áll. | | |
| Ismeretek és megértés | <ol style="list-style-type: none"> 1. Miért fontos a víz? A gyerekek felismerik, hogy víz nélkül nincs élet a Földön. 2. Van-e elegendő víz a Földön? A gyerekek ismerik a sós víz, édesvíz és az ivóvíz fogalmát. Tudják, hogy csak nagyon kevés természetes víz használható ivóvízként. A természetes vizek többségét ivóvíz előállítására céljából tisztítani kell. 3. Hogyan lehet a koszos, szennyezett vizet megtisztítani? A gyerekek megismerik, és el tudják magyarázni a szűrés folyamatát. 4. Miből áll a víz? A gyerekek tudják, hogy a víz nagyon kicsi részecskékből áll. | Fogalmak: Folyékony Légnemű Párolg Kondenzáció Vízkörforgás Víz részecskék Sós víz Édes víz Ivóvíz Talajvíz |
| Képességek, készségek, jártasságok | <p>A gyerekek képességei, készségei, jártasságai fejlődnek</p> <ul style="list-style-type: none"> • a problémák felismerése és megfogalmazása, • feltevések alkotása, • egyszerű kísérleteket útmutatással történő elvégzése, • a megfigyelések eredményeinek táblázatba foglalása terén. | Tölesér Szűrő Szűrés Táblázat |
| Attitűdök | <p>A gyerekekben kialakul az igény</p> <ul style="list-style-type: none"> • a másokkal történő közös munkavégzés iránt, • kérdéseket feltenni az eredmények és a folyamatok okairól és feltételeiről | Kísérlet Feltevés |

| A tanítás és tanulás folyamata | | A tanulási folyamat megerősítése, értékelés, visszacsatolás |
|--|---|--|
| Fázisok | Tartalom | |
| BEVEZETÉS, ISMÉTLÉS, ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA | a. A gyerekek megbeszélik, mi mindent tudnak a vízről (megbeszélés). | A tanár emlékezteti a tanulókat, mit tanultak 1. osztályban a vízről. |
| | b. Hol található víz a Földön? A tanár elmagyarázza, mi a táblázat fogalmát és funkcióját. A víz előfordulásával kapcsolatban négy kategóriát ad meg. (földben – földön – levegőben – más előfordulások). A gyerekek átgondolják, hogy az ő ötletük melyik kategóriába tartozik és hogyan kell felépíteni egy táblázatot (páros munka). | Fogalmak Táblázat Eszköz: Világatlasz |
| | c. A tanár megvitatja a gyerekekkel a tanulás jelentőségét és céljait. Konkrét tanulási kritériumokat ad meg (beszélgetés). | A tanulás jelentősége, céljai és kritériumai applikálva az osztályban. |
| | d. Eltűnhet-e a víz a Földről? A tanár a gyerekek ötleteit, gondolatait a kérdés kapcsán feltevések (hipotézisnek)nevezi és elmagyarázza, hogy a feltevéseket kísérletekkel ellenőrizni lehet. A gyerekek elgondolkodnak, hogyan tudják a feltevéseiket ellenőrizni (T2-1; plénium; tanári demonstrációs kísérlet). A T2-1 kiértékelése és a fogalmak ismételése: víz, vízgőz, jég, párolgás, kondenzáció, olvadás, szilárd, folyékony, légnemű (plénium;). A tanár bevezeti a vízkörforgás fogalmát. Elmagyarázza a vízkörforgást a részecskemodell segítségével (instrukció). | Fogalmak Kísérlet, feltevés, víz, vízgőz, jég, párolgás, kondenzáció, olvadás, szilárd, folyékony, légnemű, vízkörforgás. A tanár emlékeztet a kérdésre: Mi történik a pocsolyák vizével esőzés után? (plénium) Megismétli: Mi a kísérlet? (lásd. 1. osztály) |

| | | |
|---|--|---|
| BEVEZETÉS, ISMÉTLÉS, ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA | <p>e. Miért fontos a víz az élőlények számára? A gyerekek közlik a feltevéseiket (beszélgetés). A feltevések ellenőrzésére a tanár a gyerekekkel együtt elvégzi és értékeli ki a kísérletet (Gy2-2; AB2-2;) (csoportmunka, plénum). Tanítási órán kívül beiktatható látogatás: pl. állatkert, tanya, botanikus kertek, „hobby-kertek”; beszélgetés állatgondozókkal, kertészekkel, parasztokkal, erdészekkel: Mennyit isznak az állatok? Mennyi vízre van szüksége a növényeknek? Hogy jutnak vízhez a növények és állatok?</p> <p>A gyerekek kiválasztanak három állatot/növényt. Készítenek egy táblázatot, melynek tartalma: Élőlény/Napi vízszükséglet</p> <p>A gyerekek a tanár segítségével előkészítenek egy táblázatot, annak rögzítésére, mit és mennyit isznak egy nap alatt (plénum).</p> | <p>A tanár összefoglalja: Víz nélkül nincs élet. Útmutatásokat ad a kísérlet elvégzéséhez. A tanár megismétli a táblázat funkcióját és megmutatja, hogyan kell táblázatot készíteni.</p> <p>Mennyit iszok egy nap alatt? (önálló munka, házi feladat)</p> |
| | <p>f. A házi feladat kiértékelése és az ivóvíz fogalmának bevezetése (megbeszélés, instrukció) Milyen víz szükséges a növények számára? A gyerekek feltevéseket alkotnak. Az ellenőrzéshez elvégznek egy kísérletet (megbeszélés; Gy2-3; AB2-3; csoportmunka. A megfigyelések dokumentálásához táblázatot használnak (csoportmunka).</p> <p>Az Gy2-3 kiértékelése (plénum).</p> | <p>Fogalmak Ivóvíz</p> <p>A gyerekek a mindennapi megfigyeléseiket egy táblázatba írják. (csoportmunka).</p> <p>A tanár összefoglalja: Az élőlényeknek tiszta vízre van szükségük.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| Bevezetés, ismétlés, új anyag feldolgozása | <p>g. Hogyan lehet a szennyezett vizet megtisztítani? A tanár szennyezett vizet tartalmazó befőttes üvegeket mutat a gyerekeknek (pl.: homok, föld; tinta tartalmúak). A gyerekek közlik a feltevéseiket (plénium). A tanár demonstrálja a szennyezett víz, szűrőeseltörténi tisztítását. Bevezeti a filtráció fogalmát (T2-4; tanári demonstrációs kísérlet, instrukció) Kiértékelés: A tanár elmagyarázza a tisztítás folyamatát a részecskemodell segítségével (instrukció).</p> | <p>Fogalmak Szűrő, szűrés, részecske</p> <p>Mi a kísérlet? Miért fontosak a feltevések?</p> |
| | <p>h. Emlékeztetés a kísérletezés közben betartandó szabályokra, viselkedésre. A gyerekek önálló kísérletet végeznek a szűrőssel kapcsolatban és kiértékelik azt.(beszélgetés; Gy2-4; csoportmunka).</p> | <p>A tanár ügyel arra, hogy a gyerekek magyarázataikban a részecskemodellt alkalmazzák</p> |
| | <p>i. Miért tiszta a víz a földben? A gyerekek feltevéseket állítanak fel. Az ellenőrzéshez egy kísérletet. A tanárnő demonstrálja, hogyan hatnak szűrőként a földrétegek (E2-5; LDE) Kiértékelés a részecskemodell segítségével (UG; Plénium). A talajvíz fogalmának bevezetése (instrukció)</p> | <p>Fogalmak Talajvíz Miért tisztul a víz a földrétegeken keresztül?</p> |
| Összefoglalás és prezentáció | <p>j. A kísérlet egyes lépéseinek megbeszélése (frontális).</p> | <p>Szemléltetés a teremben</p> |
| | <p>k. A gyerekek gondolkodnak a következő kérdésen és válaszaikat csoportmunkában készült prezentáció formájában mutatják be (pl. rajz, kép stb.) az osztálynak. Miért tiszta a forrásvíz? (GA)</p> | <p>A tanár instrukciókat ad a prezentáció létrehozásához</p> |
| Értékelés, reflexió | <p>A gyerekek megbeszélnek a következő kérdéseket: Mit tanultam eddig a vízről? El tudom-e magyarázni, hogyan tisztíthatjuk meg a szennyezett vizet? Ki és mit segített nekem a tanulásban? Mit nem értek még? Mit szeretnék még megtudni? (beszélgetés)</p> | <p>A tanár utal a tanulás céljaira és kritériumaira. Kérdéseket tesz fel a tanulási folyamatra vonatkozóan és ügyel a beszélgetési szabályok betartására.</p> |

4.5.7. A tanulás jelentősége, célja és kritériumai a gyerekek perspektívájából – 2. osztály

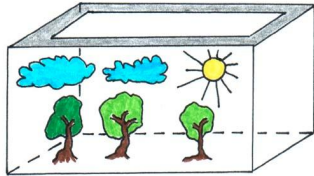
A víz szükséges az emberek, az állatok és a növények számára. Víz nélkül nem maradnának életben.
(A tanulás jelentősége)


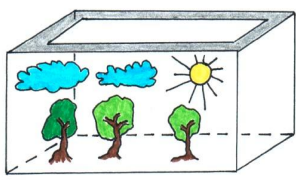
Megtanulom,
Mennyi víz van a Földön, és ebből mennyit tudunk elfogyasztani.
Hogy lehet a koszos vizet megtisztítani?
Miből áll a víz.
(Tanulási célok)

Meg tudom
Magyarázni, hogy a víz miért nem tűnik el a földről.
Tisztítani a koszos vizet és megmagyarázni, miért lesz a víz tiszta.
Mondani, miből áll a víz.
Mondani, mi a kísérlet.
(Tanulási kritériumok)



| 2. tanítási egység |
|--------------------|
| Fogalmak |
| Folyékony |
| Légnemű |
| Párolgás |
| Kondenzálás |
| Vízkörforgás |
| Részecske |
| Sós víz |
| Édesvíz |
| Ivóvíz |
| Talajvíz |
| Tölcsér |
| Szűrő |
| Szűrés |

4.5.8. Kísérleti útmutatók, munka és információs lapok – 2. osztály


| Vízkörforgás | T 2-1 |
|---|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Honnan jön az eső? Mi történik a pocsolyák vizével eső után?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A víz folyékony. A vízgőz párolgás útján jön létre. A vízgőz lecsapódás után vízzé alakul.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: Az eső a felhőkből esik. Az eső a levegőből esik. A pocsolya vize beszívárog a talajba. A növények felveszik a vizet. A pocsolyvíz egy része a levegőbe „távozik”. A levegőben mindig jelen van valamennyi víz vízgőzként.</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: Egy „természetes „és egy „mesterséges” pocsolya vizének időbeli megfigyelése.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kartonpapír, fólia, tálka • víz, moha, • dekoráció: felhők, fák.  <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minden csoport kialakít a kartonból egy természeti tájat. A víztócsát a tálkában lévő víz szemlélteti. • A gyerekek befedik a kartont egy átlátszó fóliával. <p>A kísérlet értékelése: A gyerekek az SE 2-1 feladatlap segítségével dolgoznak, mely jegyzőkönyv mintaként szolgál. A válaszokat összehasonlítják, és adott esetben kiegészítik, illetve módosítják azokat.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| Tanárok számára | Tanulók számára |
| <p>A víz a tengerekből, folyókból, tócsákból stb. a nap melege és a szél hatására elpárolog. Láthatatlan vízgőzként felszáll a meleg levegővel. A magasban leül a levegő és a vízgőz (kb. 500 méternél) lecsapódik finom cseppecskék formájában. Ezek alkotják a felhőket.</p> | <p>A víz elpárolog a tálkából. Rövid idő múlva az átlátszó fólia alsó oldala be-párásodik, mert sok kis vízcseppecske gyűlik rajta össze.</p> |


| Vízkörforgás | Gy 2-1 |
|---|--|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel ? Honnan jön az eső? Mi történik a tócsákkal esőzés után?</p> | |
| <p>Mit tudok már?</p> |  |
| <p>Mit feltételezek?</p> | |
| <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet? Építetek egy mesterséges tavat és nézem, mi történik a vízzel.</p> | |
|  | |
| <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • iskolai kartonpapír, fólia, tálka, • víz, moha... • dekoráció: felhők, fák...stb. | |
| <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A kartonból kialakítok egy tájat, aminek a közepén áll egy tó (tálka). • Megtöltöm az edényt meleg vízzel. • A kartont lefedem fóliával. | |
| <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> | |
| <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> | |

| A víz az élet fontos anyaga | T 2-2 |
|--|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Miért fontos a víz?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A növényeket locsolni kell.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: Víz nélkül a növények kiszáradnak (elpusztulnak).</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: Öntözött és nem öntözött növények fejlődésének megfigyelése.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 kisebb tálka, papírszalvéta vagy vatta, zsázsamag, víz. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minden csoport kap 2 előkészített zsázsával megszórt tálkát. • A gyerekek az egyik tálkában lévő zsázsát egy héten át naponta csapvízzel locsolják, míg a másikat nem (szárazon tartják). • A gyerekek megfigyelik, hogyan fejlődik a zsázsa a tálkákban, megpróbálják megfigyeléseiket leírni és megindokolni. <p>A kísérlet értékelése: A gyerekek az SE 2-2 feladatlap segítségével dolgoznak, mely jegyzőkönyv mintaként szolgál. A válaszokat összehasonlítják, és adott esetben kiegészítik, illetve módosítják azokat.</p> | <div data-bbox="1050 277 1428 510" style="background-color: #cccccc; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Előkészület</p> <p>A gyerekek papírszalvétát helyeznek két tálkába és zsázsamagot szórnak rá. Óvatosan megnedvesítik az alátétet és a tálkát kiteszik egy világos helyre.</p> </div> |
| <p>A jelenség magyarázata:</p> <p>Tanárok számára</p> <p>A növények vizet vesznek fel a talajból a gyökér gyökérszőreire keresztül, mely a szállítószövet farészében a gyökérynomás hatására jut el a levelekig. A levél a biológiai oxidációban keletkezett vizet elpárologtatja. A párologásból adódó szívóerő segíti a víz felszívását a talajból. A vízrészecskék és a farész rostacsöveinek fala közötti adhéziós, valamint a vízrészecskék közötti kohéziós erő következtében a vízoszlop a farészben nem szakad meg.</p> | <p>Tanulók számára</p> <p>A növényeknek vízre van szüksége a növekedéshez és az életben maradáshoz. A vizet a talajból a gyökereken.</p> |

| | |
|---|--|
| A víz az élet fontos anyaga | Gy 2-2 |
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Miért olyan fontos víz az élőlények számára? Mit tudok már? Mit feltételezek?</p> | |
| <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Megfigyelem, mi történik, ha a szobanövényeket nem locsoljuk. • Összehasonlítom a locsolt növények növekedését nem locsolt szobanövények növekedésével. <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 kis tálka zsázsával, kis locsolókanna, • víz. | |
|  |  |
| <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A zsázsákat az egyik tálkában egy hétig naponta csapvízzel locsoljuk, a másik tálban nem. • Megfigyelem, hogyan fejlődik a zsázsa mindkét tálkában. Megfigyelésemet minden nap beírom az AB 2-2 jelű táblázatba. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> | |
| <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> | |

| A víz az élet fontos anyaga | | AB 2-2 |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Csoport: _____ | | Nevek: _____ |
| Nap / dátum | Mi történik a locsolt zsázsával? | Mi történik a nem locsolt zsázsával? |
| 1. nap | | |
| 2. nap | | |
| 3. nap | | |
| 4. nap | | |
| 5. nap | | |
| 6. nap | | |
| 7. nap | | |
| Végkövetkeztetés: | | |

| A víz az élet fontos anyaga | T 2-3 |
|---|--|
| <p>i foglalkoztatja a gyerekeket? Milyen vízre van szüksége a növényeknek?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A növényeknek vízre van szükségük az élethez.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: a) A savas eső károsítja a növényeket. b) A szennyezett víz elpusztítja a növényeket. c) A növényeknek tiszta vízre van szükségük.</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: A zsásza locsolása tiszta és szennyezett vízzel.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök: • 4 kis tálka zsászával, 4 üveg, tinta, mosószeres víz, ecet- vagy sóoldat.</p> <p>A kísérlet végrehajtása: • A gyerekek szennyezett öntözővizet állítanak elő: mosószeres víz, ecet- vagy sóoldat és tintás víz. • A zsászákat 3 tálkában naponta ugyanazzal a szennyezett vízzel locsolják; a 4. tálkában lévő zsászákat csapvízzel locsolják. • A gyerekek megfigyelik, hogyan fejlődnek a zsászákat az egyes tálkákban és megpróbálják a megfigyeléseiket leírni és megindokolni.</p> <p>A kísérlet értékelése: A gyerekek az SE 2-3 feladatlap segítségével dolgoznak, mely jegyzőkönyv mintaként szolgál. A válaszokat összehasonlítják, és adott esetben kiegészítik, illetve módosítják azokat.</p> | |
|  | |
| <p>A jelenség magyarázata: Tanárok számára A mosóporral összekevert víz tönkreteszi a növények szöveteit a növényi zsírok és olajok lebontásával. A vízfestéket felveszik a növények, ami elszíneződéshez vezet, de nem feltétlenül pusztulnak el. Más festékeknek ugyanúgy, mint az ecetsavnak, romboló hatása van a növényekre.</p> | <p>Tanulók számára A növényeknek szüksége van a vízre a növekedéshez és az élethez. A vizet a talajból veszik fel a gyökereken keresztül. A szennyezések megakadályozhatják a kis gyökérszektéken keresztüli vízfelvételt, így elpusztítják a növényt. Vannak olyan szennyeződések, amelyek nem károsak a növények számára.</p> |

| A víz az élet fontos anyaga | Gy 2-3 |
|---|--------|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Milyen víz szükséges a növények számára?</p>  <p>Mit tudok már?</p> | |
| <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet? Különböző anyagokkal szennyezett vízzel locsolom a zsázsát.</p> <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 kis tálka zsázsával, 4 befőttes üveg, • tinta, mosószeres víz, ecet vagy só. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Három befőttes üvegben tintás, mosószeres és ecetes vizet készítünk. • A 4 tálkában előkészített zsázsákat 7 napig locsolom: hármat egyenként a tintás, mosószeres, ecetes vízzel, a negyediket csak tiszta csapvízzel. • Fontos! Meg kell jelölni, hogy melyik tálkában lévő zsázsát locsolom tintás vízzel, jele: T; mosószeres vízzel: M; ecetes vízzel: E; tiszta vízzel: • Hét napig figyeljük, mi történik a zsázsákkal és lejegyezzük az AB 2-3 táblázatba. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> | |

| A víz az élet fontos anyaga | | AB 2-3 | | |
|-----------------------------|---|------------------------------|------------------------|---------------------|
| Csoportok: _____ | | Nevek: | | |
| Nap / dátum | Mi történik az egyes tálkákban lévő zsázsákkal? | | | |
| | Tintás vízzel locsolás | Mosószeres oldattal locsolás | Ecetes vízzel locsolás | Csapvízzel locsolás |
| 1. nap | | | | |
| 2. nap | | | | |
| 3. nap | | | | |
| 4. nap | | | | |
| 5. nap | | | | |
| 6. nap | | | | |
| 7. nap | | | | |
| Végkövetkeztetés: | | | | |

| Vízisztítás | T 2-4 |
|--|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Hogyan lehet a szennyezett vizet megtisztítani?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A víz sok anyagon átfolyik. A gyerekek ismerik a kávé, vagy tea filteren keresztül történő átöntésének és szűrésének folyamatát.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: A vizet mosószerrel, vagy szappannal lehet megtisztítani. A vízből a szennyeződést el kell távolítani. A vizet a főzéssel is meg lehet tisztítani.</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: Szennyezett víz tisztítása szűrővel.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • homokkal szennyezett víz, • két befőttes üveg, egy szűrő, egy tölcsér, kávé filter. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy befőttes üvegre tölcsért helyeznek. • A tölcsérbe egy kávé filtert tesznek. • A második befőttes üvegre szűrőt helyeznek. • Óvatosan homokos vizet öntenek a szűrőn és a filteren át. <p>A kísérlet értékelése: A gyerekek az SE 2-4 feladatlap segítségével dolgoznak, mely jegyzőkönyv mintaként szolgál. A válaszokat összehasonlítják, és adott esetben kiegészítik, illetve módosítják azokat.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| <p>Tanárok számára</p> <p>A víz részecskéi olyan kicsik, hogy át tudnak hatolni a filter pórusain (pl. papír, textilszövet) míg a szennyeződések nagyobb részecskéi visszamaradnak a filteren. A szűrés egy mechanikai folyamat, mely az anyagok különböző részecskeméretei alapján anyagok szétválasztására alkalmas.</p> | <p>Tanulók számára</p> <p>A víz részecskéi olyan kicsik, hogy át tudnak hatolni a filter pórusain (pl. papír, textilszövet). A szennyeződés nagyobb részecskéi ellenben nem képesek átmenni a filter kis pórusain, rajta maradnak és az üvegbe tiszta víz folyik át.</p> |



| Vízisztítás | Gy 2-4 |
|--|--------|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Hogyan lehet a szennyezett vizet megtisztítani?</p> <p>Mit tudok már?</p> | |
| <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • A szennyezett vizet átöntöm egy szűrőn. • A szennyezett vizet átöntöm egy kávé filteren. <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Földdel szennyezett víz • Két üveg, kávéfilterzacskó • Egy szűrő, egy tölcsér. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy befőttes üvegre helyezem a tölcsért. <div data-bbox="539 898 667 1093" data-label="Image"> <p>The illustration shows a glass funnel placed inside a beaker. A second beaker is tilted above it, pouring a dark brown liquid into the funnel. The liquid is being filtered into the beaker below, which contains a small amount of blue liquid. This represents the filtration step of the experiment.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> • A tölcsérbe kávéfiltert helyezek. • A második befőttes üvegre egy szűrőt teszek. • Átöntöm a szennyezett vizet először a filteren majd a szűrőn. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> | |

| Vízisztítás | T 2-5 |
|--|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Miért tiszta a forrásvíz?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A folyók és a patakok gyakran szennyezettek.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: A víz a filteren átszűrve tiszta lesz. A forrásvíz szűrt víz.</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: A szennyezett víz átöntése különböző talajtípusokon.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • egy nagy befőttes üveg, 3 agyagból készült virágcserep • sáros víz, homok, folyami kavics, kavicsdarabok, vatta. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A tanár segítségével a tanulók egy vödörben homokot és kavicsot mosnak. • Vattával betömik a virágcserepek alján lévő rést. • Megtöltenek egy virágcserepet homokkal, egyet folyami kavicsal és egyet kavicsdarabokkal. • Ezután az ábra szerint egymásra rakjuk a virágcserepeket. (Az üvegre homokot, afölé folyami kavicsot, majd kavicsdarabokat tartalmazó cserepeket helyezünk.) Ezután óvatosan szennyezett vizet öntünk a „természetes filteren” át. <p>A kísérlet értékelése: A tanár a gyerekekkel együtt kiértékeli az E 2-5 kísérletet.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| <p>Tanárok számára</p> <p>A különböző talajrétegek természetes szűrőként működnek. Ha a víz közel száz méter mély talajrétegen áthatol, fizikailag tisztává válik. Összegyűlik a talajban, mint talajvíz, ami forrásvízként törhet újra a felszínre.</p> | <p>Tanulók számára</p> <p>A szennyezett vízből már a szűrés elején sok szennyeződés kiszűrődik. A különböző szennyeződések a talaj rétegeiben kiszűrődnek, visszamaradnak. A víz nagyon vastag talajrétegen át szivárog a mélybe, ahonnan megtisztulva, mint forrásvíz törhet a felszínre.</p> |



4.5.9. Tanegység tématerve: „A VÍZ” – 3. osztály

| Tanítási egység (3. osztály) | | |
|---|---|--|
| Alapgondolat: A víz részecskékből áll. | | |
| Ismeretek és megértés | <ol style="list-style-type: none"> 1. Miért nem tűnik el a víz a Földről? A gyerekek le tudják írni a víz körforgását a párolgás és a kondenzáció fogalmának alkalmazásával. 2. Mi történik a különböző anyagokkal a vízben? A gyerekek a víz oldódásban betöltött szerepét képesek a részecskemodell segítségével magyarázni. 3. Miből áll a víz? A gyerekek tudják, hogy a víz nagyon kicsi részecskékből áll, amiket vízmolekuláknak nevezünk. 4. Mi a kísérlet? A gyerekek megtanulják, hogy a feltevéseket a kísérletekkel lehet felülvizsgálni. | Fogalmak: Vízkörforgás Párolgás Kondenzáció Vízmolekula Oldódás Oldat Oldhatóság Oldószer |
| Képességek, készségek, jártasságok | <p>A gyerekek képességei, készségei, jártasságai fejlődnek</p> <ul style="list-style-type: none"> • a problémák felismerése és megfogalmazása, • egyszerű kísérletek tervezése, végrehajtása, • jegyzőkönyvek útmutatás segítségével történő elkészítése, feltevéseik felülbíralata terén. | Kísérlet Jegyzőkönyv Poszter |
| Attitűdök | <p>A gyerekekben kialakul és fejlődik az igény</p> <ul style="list-style-type: none"> • a másokkal történő közös munkavégzés iránt, • kérdéseket feltenni az eredmények és a folyamatok okairól és feltételeiről. | |

| A tanítás és tanulás folyamata | | A tanulási folyamat meg- erősítése, értékelés, visz- szacsatolás |
|--|---|--|
| Fá- zisok | Tartalom | |
| BEVEZETÉS, ISMÉTLÉS ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA | <p>a.</p> <ul style="list-style-type: none"> • A tanár mégegyszer megmutatja a víz- kör-forgással kapcsolatos (T 3-1; tanári de- monstráció; plénum kísérletet). • A gyerekek átismélik a fogalmakat és megnevezik a vízkörforgás egyes fázisait (plénum) • A tanár különböző képeket mutat, a víz- kör-forgással kapcsolatos ismeretek alkalmazásának érdekében (eső, felhők, folyók stb.) (beszélgetés). • A gyerekek kitöltik a munkalapot (AB3-1; páros munka). | <p>Főfogalmak</p> <p>Vízkörforgás, párolgás, kondenzáció</p> <p>Mi a felhő? Hová kerül a víz az eső után a talaj felszínéről? Miért nem tűnik el a víz?</p> |
| | <p>b.</p> <p>Az AB3-1 munkalap (ki)értékelése:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mi a felhő? • Hová kerül a víz a víz eső után a talaj fel- színéről? • Miért nem tűnik el a víz? (beszélgetés) | <p>A tanulók kicserélik az AB3-1 munkalapokat, el- lenőrzik egymás munkáját tanári irányítással. A tanár ügyel a fogalmak pontos használatára.</p> |
| | <p>c.</p> <p>A tanár megvitatja a gyerekekkel a tanulás jelentőségét és céljait. Konkrét tanulási krité- riumokat ad meg (beszélgetés).</p> | <p>A tanulás jelentőségét, céljait és kritériumait ki- akasztják az osztályban és minden egyes gyerek megkapja az erről szóló „baglyos ábrát” (a könyv 5.4.3. pontjának ábrája).</p> |

| | | |
|--|---|---|
| BEVEZETÉS, ISMÉTLÉS ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA | <p>d. Mi történik, ha sót teszünk a vízbe?</p> <ul style="list-style-type: none"> • A gyerekek feltevéseket állítanak fel, melyeket kísérlettel ellenőriznek. (beszélgetés, Gy 3-2, csoportmunka). • A tanár bevezeti az oldás és oldódás, az oldhatóság és az oldószer fogalmát (instrukció) • A gyerekek kitöltik a jegyzőkönyvet (Gy 3-2, páros munka). • A tanár összefoglalja az oldhatósággal kapcsolatos indoklásokat és bevezeti a vízmolekula fogalmát (instrukcióAz eredményeket összehasonlítják (plénium). • A tanár kiemeli az Gy feladatlapok jegyzőkönyv funkcióját, mely alapján megtanítja, mi a jegyzőkönyv (instrukció). | <p>Fogalmak:</p> <p>Kísérlet, feltevés, oldat, oldószer, oldhatóság, oldódás, vízmolekula, jegyzőkönyv</p> <p>A tanár egyénileg segít a munkacsoportoknak a kísérleteknél. Az oldhatóság magyarázata a részecskemodell segítségével történik.</p> |
| | <p>e. Hol marad meg az oldott só?</p> <ul style="list-style-type: none"> • A gyerekek feltevéseket állítanak fel, melyeket kísérlettel ellenőriznek. (beszélgetés; Gy 3-3; csoportmunka). • A gyerekek kitöltik a Gy 3-3 -hoz a jegyzőkönyvet (páros munka). • Összehasonlítják az eredményeket (plénium). | <p>A tanár egyénileg segít a munkacsoportoknak a kísérleteknél.</p> <p>Ügyel arra, hogy minden gyerek teljesen és helyesen töltsse ki jegyzőkönyvét.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| BEVEZETÉS, ISMÉTLÉS ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA | <p>f. Milyen anyagok oldódnak vízben?</p> <ul style="list-style-type: none"> • A gyerekek feltevéseket állítanak fel, hogy az általuk kiválasztott anyagok (pl.: kandiscukor, kockacukor, kréta, kis kövek, homok, étkezési olaj, vízfesték...) oldódnak-e vízben. Megpróbálják feltevéseiket indokolni és átgondolják, hogyan lehet azokat ellenőrizni (beszélgetés). • A tanár ismétli a gyerekek feltevéseinek indoklását és az ellenőrzés lehetőségeit és minden alkalommal kiemeli a „ha – akkor” kifejezés szerepét a feltevések megfogalmazásában.(plénum/ A gyerekek az ellenőrzéshez elvégeznek egy kísérletet (Gy 3-4; csoportmunka) és kitöltik a jegyzőkönyvet (páros munka). • Az eredményeket összehasonlítják (plénum). | <p>A tanár emlékeztet a részecskemodellre.</p> <p>Ügyel arra, hogy minden gyerek teljesen és helyesen töltsse ki a jegyzőkönyvét</p> |
| | <p>g. A hideg vagy a meleg víz oldja jobban a sót?</p> <ul style="list-style-type: none"> • A gyerekek feltevéseket állítanak fel, hogy a só a hideg vagy a meleg vízben oldódik-e jobban. • Megpróbálják feltevéseiket megindokolni és átgondolják, hogyan lehet azokat ellenőrizni. (beszélgetés). • Az ellenőrzéshez kísérletet végeznek (beszélgetés; Gy 3-5; csoportmunka) és kitöltik a jegyzőkönyvet (páros munka). | <p>A gyerekek kicserélik egymás között a jegyzőkönyveket és ellenőrzik. A tanár segítségével bírálják el, hogy a jegyzőkönyvét mindenki teljesen és helyesen töltötte-e ki.</p> |
| | <p>h. Miből áll a víz? Miért oldódik a só a vízben?</p> <p>A gyerekek e két kérdést tartalmazó ellenőrző feladatlapot oldanak meg (egyéni munka).</p> | <p>A gyerekek kicserélik egymás között a feladatlapokat, kijavítják, illetve kiegészítik azokat (páros munka).</p> |

| | | |
|--|---|---|
| <p style="text-align: center;">Bevezetés</p> | <p>i. Ismételés: Mi a poszter? Mire kell ügyelni egy poszter elkészítésénél? (beszélgetés)</p> <p>Gyűjtsünk anyagokat a kísérletekhez, egy poszter készítéséhez.</p> | |
| <p style="text-align: center;">Összefoglalás és prezentáció</p> | <p>j. Milyen lépésekből áll egy kísérlet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • A gyerekek leírják a kísérletezés lépéseit (plénum). • Egy posztert készítenek (egyéni, vagy páros munka). A posztereket kiteszik az osztályban. <p>k. Hogy lehet a tengervízből sót kinyerni?</p> <p>A gyerekek csoportokban megvitatják a problémát és előadják javaslataikat az osztálynak (csoportmunka; plénum)</p> | <p><u>Főfogalmak</u></p> <p>Poszter A tanár útmutatásokat ad a poszter elkészítéséhez.</p> <p>A gyerekek értékelik a posztert, és tanácsokat adnak egymásnak.</p> |
| <p style="text-align: center;">Reflexió</p> | <p>l. A gyerekek megvitatják a következő kérdéseket:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit tanultam? • El tudom-e magyarázni, mi a kísérlet? • Tudom-e, miért tűnik el látszólag a só főzéskor a vízben? • Ki és mit segített nekem a tanulásban? • Mit nem értek még? • Mit szeretnék még tudni? (beszélgetés) | <p>A tanár utal a tanulás céljaira és kritériumaira. Kérdéseket tesz fel a tanulási folyamatra vonatkozóan és ügyel a beszélgetési szabályok betartására.</p> |

4.5.10. A tanulás célja, jelentősége és kritériumai – 3. osztály

Tanulni akarunk a vízről, mert a víz nagyon fontos az élőlényeknek
(A tanulás jelentősége)

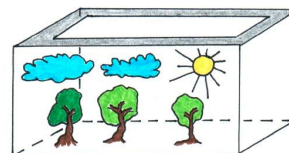
Tudom,
hol fordul elő a víz.
miből áll a víz.
milyen formákban létezik a víz.
(A tanulási céljai)

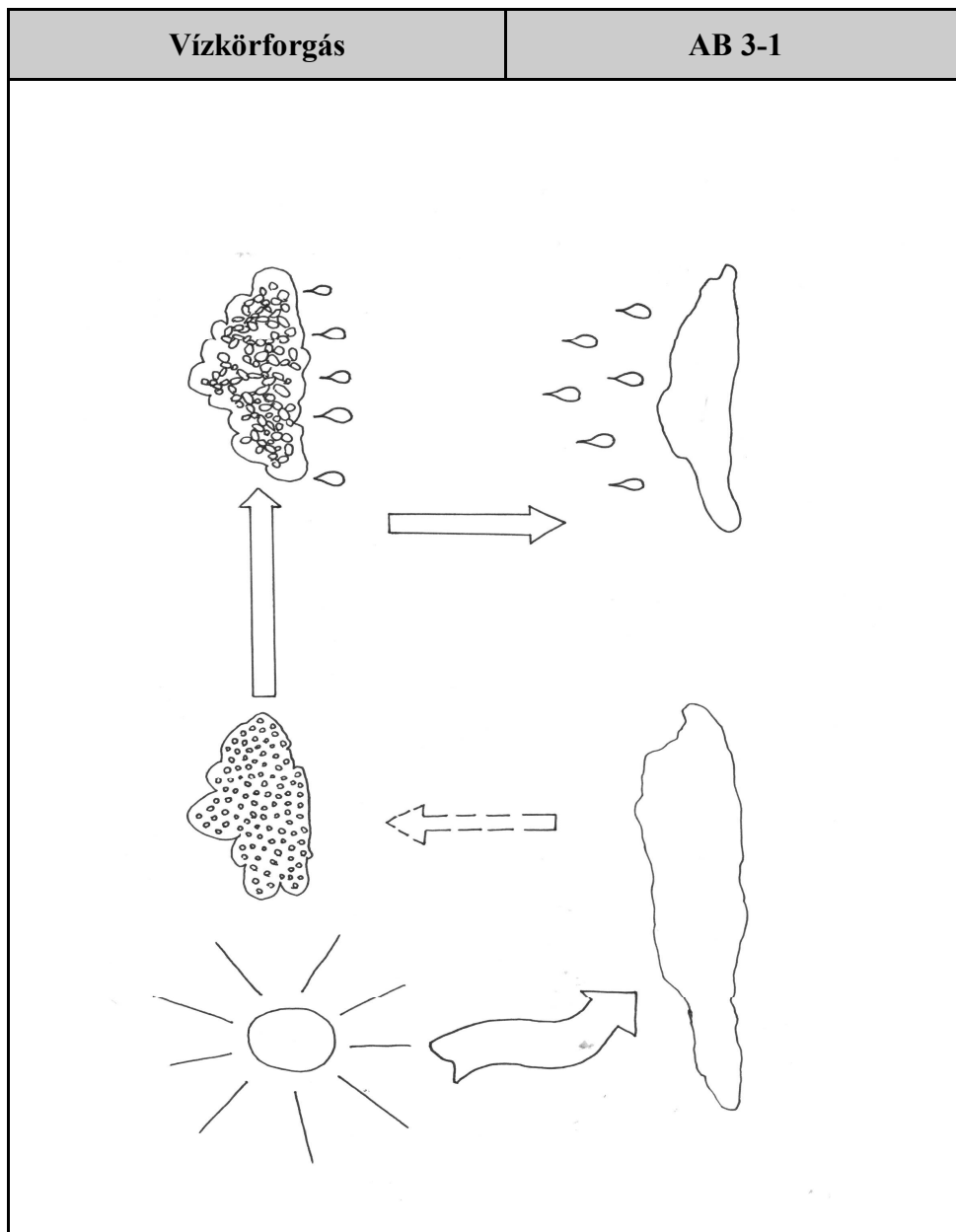
Meg tudom
nevezni a víz előfordulásait a „földben“, a földön és a levegőben.
magyarázni, hogy hogyan tud átalakulni egymásba a víz, a jég és a vízgőz.
mondani, mi a kísérlet. (A tanulás kritériumai)

| 1. tanítási egység |
|--------------------|
| Fogalmak |
| jég |
| víz |
| vízgőz |
| vízrészecske |
| olvadás |
| fagyás |
| párolgás |
| gőzölgés |
| kondenzáció |

4.5.11. Kísérleti útmutatók, munka- és információs lapok – 3. osztály


| Vízkörforgás | T 3-1 |
|---|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Honnan esik az eső? Mi történik a pocsolyák vizével eső után?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A víz folyékony. A párolgás során a vízből vízgőz keletkezik. Ha a vízgőz lecsapódik, víz lesz bedlőle.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: Az eső a felhőkből esik. Az eső a levegőből esik. A tócsavíz beszivárog a talajba. A növények felveszik a vizet. A tócsavíz egy része elpárolog. A levegőben mindig jelen van valamennyi víz vízgőzként.</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: A mesterségesen létrehozott vízkörforgás ismételt megfigyelése (T 2-1).</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kartonpapír, fólia, tálka, víz, moha, • Dekoráció: felhők, fák. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A tanár kialakít a kartonból egy természeti tájat. A víztócsát a tálkában lévő víz szemlélteti. • Befedi a kartont egy átlátszó fóliával. <p>A kísérlet értékelése: A tanár a gyerekekkel kiértékeli, megbeszéli az T3-1 kísérletet.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| <p>Tanárok számára</p> <p>A víz a tengerekből, folyókból, tócsákból stb. a Nap melege és a szél hatására elpárolog. Láthatatlan vízgőzként felszáll a meleg levegővel. A magasban lehűl a levegő és a vízgőz (kb. 500 méternél) lecsapódik finom cseppecskék formájában. Ezek alkotják a felhőket.</p> | <p>Tanulók számára</p> <p>A víz elpárolog a tálkából. Rövid idő múlva az átlátszó fólia alsó oldala beporásodik, mert sok kis vízceppecske gyűlik rajta össze.</p> |





| A víz, mint oldószer (I) | Gy 3-2 |
|---|--------|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Mi történik, ha sót adunk a vízhez?</p> <p>Mit tudok már?</p> <p>Mit feltételezek?</p> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet? Egy teáskanálnyi sót adunk egy üveg vízhez és elkeverjük.</p> <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none">• egy üvegpohár, teáskanál• víz, só. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none">• Félig megtöltöm vízzel az üveget.• Egy teáskanálnyi sót adok a vízhez és elkeverem. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a jelenséget?</p> | |



| | |
|---|---|
| A víz, mint oldószer (II) | Gy 3-3 |
| Név: | Dátum: |
| Mi érdekel? Tudok-e a sózott vízből szilárd sót készíteni? | |
| Mit tudok már? |  |
| Mit feltételezek? | |
| Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet? Egy teáskanálnyi sót adunk egy üveg vízhez és elkeverjük. | |
| Mire van szükségem? <ul style="list-style-type: none">• egy üveg pohár sóoldattal,• lapos tányér (tálka). | |
| A kísérlet végrehajtása: <ul style="list-style-type: none">• Egy kevés sóoldatot öntünk a lapostányérra.• Egy éjszakára meleg helyre tesszük a sóoldatot tartalmazó tányér. | |
| Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem? | |
| Hogyan magyarázom a jelenséget? | |

| | |
|---|---------------|
| A víz, mint oldószer (III) | Gy 3-4 |
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Milyen anyagok oldódnak vízben?</p> <p>Mit tudok már?</p> <p>Mit feltételezek?</p> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet?</p> <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • négy üveg, négy teáskanál, • víz, négy különböző anyag: _____ <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minden anyagot külön-külön beleteszek egy-egy vízzel töltött üvegbe. • Minden egyes mintát többször megkeverek. • Éjszakára állni hagyom a mintákat, és a következő nap megvizsgálom, hogyan változtak. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a jelenséget?</p> | |



| | |
|---|---------------|
| A víz, mint oldószer (IV) | Gy 3-5 |
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? A meleg vagy a hideg víz oldja jobban a sót?</p> <p>Mit tudok már?</p> <p>Mit feltételezek?</p> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet?</p> <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none">• két pohár, papírtörő, két teáskanál,• meleg és hideg víz, só. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ol style="list-style-type: none">Megtöltöm az egyik poharat meleg, a másik poharat hideg vízzel.Mindkét pohárba azonos mennyiségű sót teszek (egy teáskanálnyit).Megkeverem az oldatot és megfigyelem, mi történik. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a jelenséget?</p> | |



4.5.12. Tanegység tématerve: „AVÍZ” – 4. osztály

| Tanítási egység (4. osztály) | | |
|---|--|--|
| Alapgondolat: A víz részecskékből áll. | | |
| Ismeretek és megértés | <ol style="list-style-type: none"> 1. Hogyan kell egy kísérletet végrehajtani? (A tanulók meg tudják nevezni az általuk végrehajtott kísérlet egyes lépéseit.) 2. Mi a víz? (A tanulók le tudják írni, hogy a víz, mint anyag molekulákból áll.) 3. Hogyan viselkednek a molekulák? (A tanulók megtanulják, hogy a molekulák mozognak és egymással kölcsönhatásban vannak.) 4. Hogyan lehet bemutatni és megfigyelni a molekulák közötti vonzó erőt? (A tanulók megtanulják a felületi feszültség fogalmát és azt, hogyan lehet ezt kísérletek segítségével szemléltetni. A felületi feszültség jelenségét tudják a részecske modell segítségével magyarázni.) | Fogalmak kísérlet hipotézis kísérletek dokumentálása, laboratóriumi jegyzőkönyv oldhatóság oldódás oldat oldandó anyag oldószer molekula felületi feszültség vonzó erő részecskemodell |
| Képességek, készségek, jártasságok | A tanulók képesek: <ul style="list-style-type: none"> • hipotéziseket alkotni; • kísérleteket tervezni, azokat végrehajtani, a tapasztalatokat jegyzőkönyvben rögzíteni; • magyarázataikban a részecskemodellt alkalmazni. | |
| Attitűdök | A tanulók késztetést éreznek az iránt, hogy: <ul style="list-style-type: none"> • együtt dolgozzanak más tanulókkal; • új ötleteket találjanak ki; • kérdéseket tegyenek fel a folyamatok egyes lépéseinek állapotára és okaira vonatkozóan. | |

| A tanítás és tanulás folyamata | | A tanulási folyamat megerősítése, értékelés, vizs- szacsatolás |
|---|--|--|
| Fá- zisok | Tartalom | |
| A TANÍTÁSI ÓRA FOLYAMATA, ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA | <p>a. Mi a kísérlet?</p> <p>A tanulók megnevezik az általuk végzett kísérlet egyes lépéseit (csoportmegbeszélés).</p> | A tanár egy poszter segítségével szemlélteti a kísérlet lépéseinek sorát. (lásd 3. osztály) |
| | <p>b. Ugyanúgy oldódik-e a cukor meleg és hideg vízben?</p> <p>A tanulók hipotéziseket alkotnak és próbálják megalapozni azokat. A hipotéziseket kísérletek végrehajtásával tesztelik. (UG; SE 4-1; GA). A tanár megerősíti a laboratóriumi jegyzőkönyv írásának fontosságát (tanítás). A tanulók laboratóriumi jegyzőkönyvet írnak a SE 4-1(PA) feladatlap segítségével elvégzett kísérlethez.</p> | <p><u>Fogalmak</u></p> <p>Oldhatóság, oldódik, oldat, oldószer</p> <p>A tanár segít a tanulóknak ötleteik kifejezésre juttatásában, értékeli a laboratóriumi jegyzőkönyvet és javaslatot tesz annak javítására, fejlesztésére.</p> |
| | <p>c. Miből áll a víz?</p> <p>A laboratóriumi jegyzőkönyvek értékelése nyomán a tanulók felelevenítik tudásukat a víz sajátágaival és összetételével kapcsolatban (frontális munka). A tanár és a tanulók megbeszélnek az új lecke jelentőségét, céljait és legfontosabb kritériumait (csoportmegbeszélés, tanítás).</p> | A tanár összegzi az elhangzottakat és emlékezteti a tanulókat arra, hogy a víz molekulákból áll. A lecke jelentőségét, céljait és kritériumait a "baglyos ábra" segítségével szemlélteti az osztályteremben. |

| | | |
|--|--|---|
| A TANÍTÁSI ÓRA FOLYAMATA, ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA | <p>d. Miért tudnak egyes rovarok a vízen járni? A tanár elbeszélést tart arról, hogy egyes rovarok, mint például a molnárka, képesek a víz felszínén járni. Hogyan lehetséges ez? A tanulók a részecskemodell felhasználásával hipotéziseket alkotnak (tanítás, csoportmegbeszélés). A tanár a részecskemodell segítségével magyarázza a jelenséget. Bevezeti a felületi feszültség és a vonzóerő fogalmát (tanítás).</p> | <p>Fogalmak Felületi feszültség, vonzóerő, részecskék közötti kölcsönhatás. Tanári elbeszélés: a molekulák mozgásban és egymással kölcsönhatásban vannak.</p> |
| | <p>e. Tud-e a gémkapocs úszni a vízen? A gyerekek hipotézist alkotnak azzal kapcsolatban, hogy egy fémből készült gémkapocs fennmarad-e a víz felszínén, vagy lesüllyed. A tanár megbeszéli a tanulókkal, hogyan tudnak tesztelni hipotéziseiket. Elkészítik együtt a E 4-2 feladatlap feladatait és a laboratóriumi jegyzőkönyvet. (frontális munka)</p> | <p>A gyerekek összehasonlítják laboratóriumi jegyzőkönyveiket. A tanár átnézi a jegyzőkönyveket és javaslatot tesz annak fejlesztésére (egyéni instrukciók)</p> |
| | <p>f. Mennyi vizet tudsz egy pohárba önteni? A tanulók hipotéziseket alkotnak és a tanárral együtt elgondolkodnak azon, hogyan lehet azokat kísérletileg igazolni. Végrehajtják az E 4-3 feladatsor feladatait és elkészítik a laboratóriumi jegyzőkönyvet. A tanulók elvégzik a kísérletet és lejegyzik tapasztalataikat a jegyzőkönyvbe (SE 4-2; GA). Az eredményeket megbeszélik és a felületi feszültség, valamint a részecskemodell segítségével magyarázzák (frontális munka, tanítás).</p> | <p>A tanár átnézi a jegyzőkönyveket és javaslatot tesz annak fejlesztésére. (egyéni instrukciók)</p> |

| | | |
|---|---|---|
| A TANÍTÁSI ÓRA FOLYAMATA, ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA | <p>g. Mire kell figyelmet fordítani egy kísérlet végrehajtása és a laboratóriumi jegyzőkönyv vezetése közben?</p> <p>A tanulók átismétlik a kísérletezés egyes lépéseit a korábbi kísérletek alapján és megállapítják, hogyan néz ki egy laboratóriumi jegyzőkönyv. Miért fontos, hogy egy laboratóriumi jegyzőkönyvben személyes megjegyzések is legyenek? (csoportmegbeszélés)</p> <p>Posztert készítenek a következő címmel: „Hogyan kell megírni egy jó laboratóriumi jegyzőkönyvet?” (EA vagy PA).</p> <p>A posztert kiteszik az osztályteremben.</p> | <p>Fogalmak</p> <p>Kísérlet, laboratóriumi jegyzőkönyv, poszter</p> <p>A tanár megerősíti a laboratóriumi jegyzőkönyv fontosságát. Felhívja a gyerekek figyelmét arra, mire figyeljenek a poszterkészítés közben.</p> <p>A tanulók bírálják a posztereket és tanácsokat adnak egymásnak a fejlesztésre.</p> |
| | <p>h. Miért sülyyed le a gémkapocs olyan gyorsan a pohár aljára?</p> <p>A tanár újra felidézi a problémát: Hogyan tud a víz felszínén lévő gémkapocs úgy lemerülni, hogy sem azt, sem a poharat nem érintjük meg és nem is mozgatjuk? A tanulók hipotéziseket alkotnak és a tanár segítségével elgondolkodnak azon, hogyan lehet ezt kísérletileg igazolni. A tanár demonstrációt végez az E 4-4 feladat segítségével. (frontális munka)</p> | <p>A tanár emlékezteti a tanulókat a kísérletre.</p> <p>E 4-2 és E 4-3.</p> |
| | <p>i. Ugyanezt tapasztalnánk más anyagok esetében is?</p> <p>A tanulók végrehajtják a SE 4-4 feladatait és jegyzőkönyvet írnak (frontális munka).</p> <p>Házi feladat:</p> <p>a) Mosd meg a kezed szappannal és a nélkül. Miért tisztít jobban a szappan mint a tiszta víz?</p> <p>b) Miért alkot a víz cseppeket? Hogyan tudjuk a vízcseppeket szétrombolni? (SE 4-5; EA)</p> | <p>A tanár átnézi a jegyzőkönyveket és javaslatot tesz annak fejlesztésére (egyéni instrukciók).</p> |

| | | |
|---|---|---|
| <p>A TANÍTÁSI ÓRA FOLYAMATA, ÚJ ANYAG FELDOLGOZÁSA</p> | <p>j. A házi feladat értékelése</p> <p>„Koszos kezek” A tanulók bemutatják, hogyan oldották meg a feladatot (frontális munka). A szappan csökkenti a felületi feszültséget és így a víz-részecskék könnyebben tudnak a szennyező részecskékkel kapcsolódni.</p> <p>„Vízcseppek” A tanulók lejegyzéseinek összehasonlítása a SE 4-5 feladatlap leírásával (frontális munka).</p> | <p>A tanár egy írásvetítő segítségével kivetít egy kész jegyzőkönyvet és lehetőséget ad arra, hogy a tanulók összehasonlítsák saját jegyzőkönyveiket.</p> |
| | <p>k. Hogyan válik egy spirál köralakúvá úgy, hogy nem érünk hozzá?</p> <p>A tanár egy darab fonalból spirált formál és kérdéseket tesz fel a tanulóknak.</p> <p>A tanulók hipotéziseket alkotnak és a tanár segítségével elgondolkodnak azon, hogyan lehet ezt kísérletileg igazolni. Együtt végrehajtják az E 4-6 feladatsor feladatait és elkészítik a jegyzőkönyvet.</p> <p>A tanár vezeti a kísérletet (frontális munka).</p> <p>Házi feladat: Az E 4-6-ban leírt kísérlet elvégzése és a laboratóriumi jegyzőkönyv megbeszéltek alapján történő szabályos kitöltése.</p> | <p>Ismétlés: a víz felületi feszültsége</p> <p>A tanár emlékezteti a tanulókat az E 4-2 –5. kísérletekre és értékeli a laboratóriumi jegyzőkönyveket.</p> |

| | | |
|-------------------------------------|--|--|
| Összefoglalás és prezentáció | <p>l. Alkalmazzuk a felületi feszültséggel kapcsolatos ismereteinket A tanulók tanári instrukciók segítségével, csoportmunkában elvégzik az E 4-7 kísérletet. Minden csoport készít egy, a megbeszéltek alapján elkészített jegyzőkönyvet SE 4-7.</p> | A tanár egy írásvetítő segítségével kivetít egy kész jegyzőkönyvet és lehetőséget ad arra, hogy a tanulók összehasonlítsák saját jegyzőkönyveiket. |
| | <p>m. Mi a víz? Miből áll a víz? Milyen tulajdonságokkal rendelkezik? A tanár egy feladatlapot készít ezen kérdésekről, melyet a tanulók kitöltenek.</p> | A tanár értékeli a megoldásokat |
| Értékelés, reflexió | <p>n. A tanulók megbeszélik a következő kérdéseket:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit tanultam? • El tudom magyarázni, hogy mi egy kísérlet és hogyan kell végrehajtani? • Tudom-e mi a víz? • Ki és mit segített nekem a tanulásban? • Mit találtam nehéznek? • Mit akarok még tudni? <p>(csoportmunka)</p> | A tanár utal a tanulás céljaira és kritériumaira. Kérdéseket tesz fel a tanulás folyamatára vonatkozóan és meggyőződik arról, hogy a tanulók betartják a megbeszélés szabályait. |

4.5.13. A tanulás célja, jelentősége és kritériumai

Szeretnénk megismerni a víz tulajdonságait, mivel a víz egy nagyon érdekes anyag.
(A téma jelentősége)

Mi tanulunk

- önállóan kísérletezni,
- laboratóriumi jegyzőkönyvet írni,
- megtanuljuk a víz egyéb tulajdonságait.

(A tanulás célja)

Meg tudom magyarázni

- miből áll a víz,
- miért tudnak egyes rovarok a vízen járni.
- Végre tudok hajtani egy kísérletet, tudok laboratóriumi jegyzőkönyvet írni.
- Képes vagyok önállóan beszámolni az elvégzett feladatról.

(A tanulás kritériumai)

| 4. tanítási egység |
|---------------------|
| Fogalmak |
| kísérlet |
| hipotézis |
| laboratóriumi |
| jegyzőkönyv |
| oldhatóság |
| oldódás |
| oldat |
| víz-molekula |
| felületi feszültség |
| vonzóerő |
| részecskemodell |


4.5.14. Kísérleti útmutatók, munka és információs lapok – 4. osztály

| Az anyagok oldódása vízben | T 4-1 |
|--|--|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Milyen hatással van a víz hőmérséklete az egyes anyagok vízben történő oldódására?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A víz molekulákból áll, melyek állandó mozgást végeznek.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A hideg víz ugyanannyi cukrot old fel, mint a meleg. • A meleg víz több cukrot old fel, mint a hideg. • A hideg víz több cukrot old fel, mint a meleg. <p>A feltételezés ellenőrzése: Ellenőrzik azt, hogy ugyanannyi cukor oldódik-e hideg és meleg vízben.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • két pohár, teáskanál, hideg és meleg víz <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Öntsünk a poharakba egyenlő mennyiségű hideg és meleg vizet! • Tegyük egymás után kockacukor darabokat mindkét pohárba (azonos időben) és keverjük meg az oldatot! • Figyeljük meg, mennyi kockacukrot kellett tenni az egyes poharakba ahhoz, hogy már ne oldódjon fel! <p>A kísérlet értékelése: Az értékeléshez az Gy 4-1 feladatlapot használják. Összehasonlítják válaszaikat és szükség szerint kiegészítik azokat.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| <p style="text-align: center;">Tanárok számára</p> <p>A víz molekulákból áll, melyek állandó mozgást végeznek és egymással kölcsönhatásban vannak. A meleg víz molekulái nagyobb energiájuk révén gyorsabban mozognak. A cukor szintén molekulákból áll, melyek szilárd halmazállapotban kristályokba rendeződnek. A vízmolekulák beavatkoznak a kristályszerkezetbe, szétrombolják azt. A meleg víz molekuláinak nagyobb energiája ezt a folyamatot meggyorsítja. Amikor a cukoroldat lehűl, a cukormolekulák ismét kristályokba rendeződnek. Ilyenkor a cukor kiválik a pohár alján.</p> | <p style="text-align: center;">Tanulók számára</p> <p>Minél melegebb a víz, annál több cukrot tud feloldani. A melegebb víz molekulái nagyobb erővel tudják a cukormolekulákat egymástól elszakítani.</p> |

| Az anyagok oldódása vízben | Gy 4-1 |
|---|--------|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Milyen hatással van a hőmérséklet az egyes anyagok vízben történő oldódására?</p> <p>Mit tudok már?</p> <p>Mit feltételezek?</p> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet? Ellenőrzöm, hogy azonos mennyiségű cukor oldódik-e hideg és meleg vízben.</p> <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • két azonos méretű pohár, teáskanál • meleg és hideg víz, kockacukor. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy poharat félig töltök hideg vízzel, egy másikat félig meleg vízzel. • Kockacukor darabokat dobok mindkét pohárba egymás után azonos időben és kavargatom azokat. • Megszámolom, mennyi kockacukrot kell a pohárba dobni ahhoz, hogy az már ne oldódjon fel. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> | |



| Felületi feszültség: „A vízén járó” | T 4-2 |
|--|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Miért nem süllyed el a molnárka a vízén? Mi történik a gémkapoccsal, ha óvatosan a víz felszínére helyezük?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A víz molekulái állandó mozgásban vannak és egymásra vonzó hatást gyakorolnak.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A molnárka nagyon könnyű. • A molnárka nagyon gyorsan fut. • A víz felszíne megtartja őt. <p>A feltételezés ellenőrzése: Veszünk egy fém gémkacsot, ami most a molnárkát helyettesíti, és óvatosan ráhelyezzük a víz felszínére.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy pohár, vagy egy kis edény, két fém gémkapocs, egy kb. 6X6 cm-es konyharuha darab, víz. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Töltsük fel a poharat vagy edényt színültig vízzel. • Tegyük egy gémkacsot a víz felszínére. • Helyezzünk egy konyharuha darabot a víz felszínére, melyre óvatosan egy gémkacsot teszünk. <p>A tanulók értékelése: Az értékeléshez az Gy 4-2 feladatlapot használják. Összehasonlítják válasszaikat és szükség szerint kiegészítik azokat.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| <p style="text-align: center;">Tanárok számára</p> <p>Ha egy gémkacsot helyezünk a vízbe, az elsüllyed, mivel nehezebb, mint a víz. Azonban ha a gémkacsot egy vízzel csordultig telt pohárba a víz felszínére helyezük egy darab konyharuha kíséretében, a konyharuha elsüllyed, míg a gémkapocs fennmarad a víz felszínén. A gémkapocs nem lesz képes úszni, csupán lebeg a víz felszínén. A vízmolekulák között egy minden irányból ható vonzó erő működik. A vízmolekulák a víz felszínén érintkeznek a levegő molekuláival és a közöttük ható vonzó erő kisebb, mint a vízmolekulák között működő erők. Ezért a víz felszínén kialakul egy erő, amit felületi feszültségnek nevezünk. Ez a felületi feszültség felelős azért, hogy a molnárka futni tud a vízén, illetve hogy a fémből készült gémkapocs nem süllyed el akkor, amikor azt óvatosan egy csordultig telt pohárban lévő víz felszínére helyezük.</p> | <p style="text-align: center;">Tanulók számára</p> <p>A víz felszínén lévő molekulák vonzzák egymást, ami miatt egy felületi réteget képeznek a felszínen. Ezen a felszínen a gémkapocs megmarad, nem süllyed el. A jelenség oka a felületi feszültség, ami a vízmolekulák közötti vonzóerőből adódik.</p> |

| Felületi feszültség: “A vízben járó” | Gy 4-2 |
|--|--------|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Mi történik egy gémkapoccsal, ha azt óvatosan a víz felszínére helyezem?</p> <p>Mit tudok már?</p> <p>Mit feltételezek?</p> <div data-bbox="1018 456 1406 712" style="text-align: right;">  </div> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet? Megpróbálok egy fémből készült gémkapocot óvatosan elhelyezni a víz felszínén.</p> <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy kis edény, vagy pohár, kettő darab fém gémkapocs, egy kb. 6x6 cm-es konyharuha darabka, víz <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy gémkapocot óvatosan ráhelyezek a víz felszínére. • Veszek egy kis darab konyharuhát és azt is elhelyezem a víz felszínén, amire ráteszem a másik gémkapocot. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> | |

| Felületi feszültség: „Vízhegyek“ | T 4-3 |
|--|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Mikor folyik ki a víz egy vízzel telt pohárból?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban: A víz felületi feszültséggel rendelkezik.</p> <p>A gyerekek lehetséges feltételezései:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy vízzel telt pohárból kifolyik a víz akkor, ha eléri a pohár peremét. • Egy vízzel telt pohárból a víz nem folyik ki azonnal, még akkor sem, ha eléri a pohár peremét. Ilyenkor még mindig van hely egy csepp víz számára. <p>A feltételezés ellenőrzése: Vizet öntenek lassan egy csordultig telt pohárba, majd a víz felszínére valamilyen tárgyat helyeznek, ami kinyomja a víz egy részét.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • egy pohár, kisméretű érmék, szivacs, konyharuha, víz. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy poharat, ami alá szivacsot helyezünk, színültig töltünk vízzel. • Ezt követően kisméretű érméket teszünk egymás után óvatosan a vízbe. • Megszámoljuk, mennyi érmét kellett a vízbe tenni ahhoz, hogy a víz kifolyjon a pohárból. • A kísérletből lehet versenyt is formálni. Melyik csoport tudja a legtöbb érmét úgy a víz felszínére helyezni, hogy az ne folyjék ki? <p>A kísérlet értékelése: Az értékeléshez az Gy 4-3 feladatlapot használják. Összehasonlítják válaszaikat és szükség szerint kiegészítik azokat.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> |  |
| <p>Tanárok számára</p> <p>A víz azért nem folyik ki azonnal, mert a vízmolekulák között működő vonzóerőből adódó felületi feszültség azt megakadályozza. Így jön létre az ún. „vízhegy”. Amikor érméket teszünk folyamatosan a pohárba, egy idő után a felületi feszültség már képtelen lesz a vízmolekulák összetartására. A molekulák közötti erők megszűnnek, így a víz kifolyik a pohárból.</p> | <p>Tanulók számára</p> <p>A pohár csordultig van vízzel. Ha érméket teszünk a víz felszínére, az mégsem fog azonnal kifolyni. A felszínen „vízhegy” képződik, ami a felületi feszültség eredménye.</p> |

| Felületi feszültség: „Vízhegyek” | Gy 4-3 |
|---|--------|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Mennyi víz fér egy pohárba? Mikor van a pohár tele?</p> <p>Mit tudok már?</p> <p>Mit feltételezek?</p> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet? Ellenőrzöm, hogyan tudok egy tárgyat úgy a víz felszínére helyezni, hogy az ne folyjon ki.</p> <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • egy pohár, érmék, szivacs, ruhadarab a feltörléshez, • víz. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy poharat, melyet szivacsra, vagy ruhadarabra helyezek, színültig töltöm vízzel. • Ezután érméket helyezek bele egymás után mindaddig, amíg a víz ki nem folyik. • Megszámolom, mennyi érmét kellett a víz felszínére rakni ahhoz, hogy a víz kifolyjon. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> | |



| Felületi feszültség: „a feszültség csökkenése“ | E 4-4 |
|--|---|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Miért süllyed le a gémkapocs hirtelen?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A vízmolekulák állandó mozgásban vannak és vonzzák egymást. • A felületi feszültség miatt a víz felszínén egy határhártya jön létre. <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: A felületi feszültség csökkenthető, ha különböző anyagokat teszünk a vízbe (festék, szappan, stb.....).</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: A tanulók egy gémkapocsot a víz felszínére helyeznek, majd a gémkapocs mellé óvatosan vagy tintát, vagy olajat, illetve ecetet, szappanos vizet cseppentenek..</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • négy edény, négy fém gémkapocs, konyharuha, szivacs, • víz, olaj, ecet, tinta, mosogatószer. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mind a négy edényt vagy poharat félig töltjük vízzel. • Egy konyharuha segítségével fém gémkapocsot helyezünk minden edényben a víz felszínére. • Az első edényben lévő gémkapocs mellé olajat, a másodikban lévőhöz ecetet, a harmadikba tintát, a negyedikbe mosogatószert cseppentünk. <p>A kísérlet értékelése: Az értékeléshez az Gy 4-4. feladatlapot használják. Összehasonlítják válasszaikat és szükség szerint kiegészítik azokat.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| <p style="text-align: center;">Tanárok számára</p> <p>A szappan (vagy mosogatószer) csökkenti a felületi feszültséget. A mosogatószer részecskéi a vízmolekulákkal kölcsönhatásba lépnek. Következésképp a vízrészecskék közötti összetartó erő csökken, így a felületi réteg megszűnik. A felületi feszültség csökkentő anyagokat tenzideknek nevezzük. A szappan egy tenzid. A detergensok csökkentik a felületi feszültséget azért, hogy részben a szennyezett részecskékhez kapcsolódhatnak, míg más részükkel a vízmolekulákhoz. Mivel így a detergens részecskék és a vízmolekulák közötti erő nagyobb lesz, mint a levegő és vízrészecskék közötti erő, a víz elveszti felületi feszültségét, megszűnik a határhártya.</p> | <p style="text-align: center;">Tanulók számára</p> <p>Az olyan anyagok, mint a szappan, vagy a mosogatószer csökkentik a felületi feszültséget azért, hogy kapcsolatba lépnek a vízmolekulákkal, csökkentve így a vízmolekulák közötti vonzó erőt.</p> |



| Felületi feszültség: „a feszültség csökkenése” | Gy 4-4 |
|--|--------|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Elsüllyed-e a lebegő gémpapoc akkor, ha olajat, ecetet, tintát vagy szappanos vizet adunk a vízhez?</p> <p>Mit tudok már?</p> <p>Mit feltételezek?</p> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet? Olajat, ecetet, tintát, vagy szappanos vizet csepegtetek a víz felszínén lévő gémpapoc mellé a vízbe.</p> <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 pohár vagy edény, 4 gémpapoc, konyharuha, szívószál, • víz, ecet, olaj, tinta, mosogatószer. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minden edényt félig töltök vízzel. • Egy konyharuha segítségével gémpapocot helyezek a víz felszínére. • Szívószálat először olajba, majd ecetbe, tintába és szappanos vízbe mártok. • Ezután azokat ebben a sorrendben, a különböző edényekben lévő vízbe cseppentem. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> | |



| Felületi feszültség: „vízcseppek“ | Gy 4-5 |
|---|--------|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Miért képez a víz cseppeket? Mi történik akkor, ha valamilyen más anyagot cseppentek a vízre?</p> <p>Mit tudok már?</p> <p>Mit feltételezek?</p> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet?</p> <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • teáskanál, szívószál, sima felszín (pl. egy tiszta asztalfelület) • víz, mosogatószer, olaj, ecet, tinta... <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy teáskanál vagy szívószál segítségével vizet cseppentek egy sima felületre. • Beleteszem a szívószálat egy másik anyagba és megérintem vele a vízcseppeket. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> | |






| Felületi feszültség: „vízcseppek“ | SE 4-5 válaszok |
|--|-----------------|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Miért képez a víz cseppeket? Mi történik akkor, ha valamilyen más anyagot cseppentek a vízre?</p> <p>Mit tudok már? A vízmolekulák közötti vonzóerő összetartja azokat – felületi feszültség.</p> <p>Mit feltételezek? A felületi feszültség a vízmolekulákat gömb formába tömöríti.</p> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet? Vízceppet hozok létre egy sima felszínen és óvatosan egy másik anyagot cseppentek rájuk.</p> <p>Mire van szükségem?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teáskanál, szívószál, sima felszín (pl. egy tiszta asztalfelület), • víz, mosogatószer, olaj, ecet, tinta... <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy teáskanál vagy szívószál segítségével vizet cseppentek egy sima felületre. • Beleteszem a szívószálat egy másik anyagba és megérintem vele a vízcseppeket <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem? A vízcseppek gömb formájúak. Ha mosogatószerrel vagy ecetet cseppentünk rájuk, a gömbformát elvesztik és szétterülnek. Ellenben ha tintát vagy olajat cseppentünk, a vízcseppek megőrzik eredeti formájukat.</p> <p>Hogyan magyarázom a történeteket? Míg a mosogatószer és az ecet csökkenti, a tinta és az olaj nem változtatja meg a felületi feszültséget.</p> | |



| Felületi feszültség: „Varázslat?” | E 4-6 |
|--|--|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Hogy működik a varázsfonal?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A víz a molekulák közötti vonzóerő miatt felületi feszültséggel rendelkezik. • A szappan csökkenti a felületi feszültséget. <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: Ahhoz, hogy a fonal kör alakot vegyen fel, minden irányból, egyforma erővel kifelé kell húzni.</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: Tegyük a fonalat a víz felszínére és cseppentsünk egy csepp mosogatószert középre.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • egy edény, 20-30 cm hosszú gyapjú fonal, szívószál, konyharuha • víz, mosogatószer. <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A tanulók félig töltik az edényt vízzel. • Ráteszik a fonalat a víz felszínére úgy, hogy az egy hurkot képezzen. • A szívószálat mosogatószerbe mártják és egy cseppet cseppentenek a hurok közepére. <p>A kísérlet értékelése: Az értékeléshez az Gy 4-6 feladatlapot használják. Összehasonlítják válaszaikat és szükség szerint kiegészítik azokat.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> | |
| <p>Tanárok számára</p> <p>A hurok közepén a felületi feszültség a mosogatószer felületi feszültség csökkentő hatása miatt erősen csökken. A mosogatószer ezen hatása a fonalon kívül nem hat, mivel az egy határfelületet (védvonalat) képez. Ezért a fonalon kívül működő felületi feszültség kifelé húzza a fonalat minden irányból, és az körformát vesz fel.</p> | <p>Tanulók számára</p> <p>A mosogatószer csak a hurok belsejében hat, mivel annak szétterjedését a fonal megakadályozza. A mosogatószer a hurok belsejében csökkenti a felületi feszültséget. A hurkon kívül ható felületi feszültség a fonalat egyenesen minden irányból az edény pereme felé húzza.</p> |



| Felületi feszültség: „Varázslat?” | SE 4-6 |
|---|---|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Hogyan működik a varázsfonal?</p> <p>Mit tudok már?</p> <p>Mit feltételezek?</p> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet?</p> <p>Mire van szükségem?</p> <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> |   |

| Felületi feszültség: “Csónakázás” | T 4-7 |
|---|--|
| <p>Mi foglalkoztatja a gyerekeket? Miért úszik a papírcsónak a vízen anélkül, hogy megérintenénk, illetve elfújnánk azt?</p> <p>Előzetes tudásuk a jelenséggel kapcsolatban:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A víz felületi feszültséggel rendelkezik. • A mosogatószer csökkenti a felületi feszültséget. <p>A gyerekek lehetséges feltételezései: A mosogatószer meglöki a csónakot..</p> <p>A feltételezés ellenőrzése: Saját készítésű papírcsónakkal történő ellenőrzés.</p> <p>A kísérlethez szükséges anyagok és eszközök:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy edény, papírcsónak, olló, szívószál, konyharuha, víz, mosogatószer <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A tanulók félig töltik az edényt vízzel. • Kivágnak papírból egy 2x3 cm-es csónakra emlékeztető háromszöget. • A háromszög végébe egy rést vágnak. • A csónakot vízre tesszük, majd egy szívószállal mosogatószert cseppentünk a csónak kihasított végéhez a vízbe. <p>A kísérlet értékelése: A tanulók önállóan értékelik a kísérletet. Az értékeléshez az Gy 4-6 feladatlapot használják . A tanár osztályozza a tanulók kitöltött feladatlapját.</p> <p>A jelenség magyarázata:</p> |   |
| <p>Tanárok számára:</p> <p>A felületi feszültség csökken a mosogatószer hatására, mivel csökken a vízmolekulák közötti összetartó erő. A mosogatószer hatására a vízmolekulák diszpergálódnak. Ezzel egyidőben a diszpergáló vízmolekulák nyomást gyakorolnak a papírcsónak molekuláira és azt előre lökik.</p> | <p>Tanulók számára:</p> <p>A mosogatószer csökkenti a felületi feszültséget. Hatására a vízmolekulák elmozdulnak, diszpergálódnak. Az elmozduló vízmolekulák a papírcsónakot előre lökik.</p> |

| Felületi feszültség: „Csónakázás” | Gy 4-7 |
|---|--------|
| Név: | Dátum: |
| <p>Mi érdekel? Miért úszik a papírcsónak a vízen anélkül, hogy megérintenénk, illetve elfúj- nánk azt?</p> <p>Mit tudok már?</p> <div data-bbox="983 443 1358 689" data-label="Image"> </div> <p>Mit feltételezek?</p> <p>Hogyan tudom ellenőrizni a feltételezéseimet?</p> <div data-bbox="1203 725 1369 945" data-label="Image"> </div> <p>Mire van szükségem?</p> <p>A kísérlet végrehajtása:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egy edényt félig töltök vízzel. • Kivágok papírból egy 2x3-cm-es háromszöget, mely egy csónakot fog szimbolizálni. • A csónak farkát bevágom. • A csónakot vízre teszem, majd egy szívószállal mosogatószert cseppentek a csónak kihasított végéhez a vízbe. <p>Mit figyeltem meg? Mit észleltem? Helyes a feltételezésem?</p> <p>Hogyan magyarázom a történeteket?</p> | |

5. A „Rostock Modell” program hatásvizsgálata az általános iskola 1–4. évfolyamán

A 4. fejezetben a természettudományos problémamegoldás fejlesztésére mutattunk be egy kísérleti programot. Kérdés, hogy ez valóban fejlesztő hatású volt-e? Melyek azok a pontok a tanulók problémamegoldásának fejlődésében, amelyek egy ilyen fejlesztő munka segítségével érhetőek el, és mi az, amibe nem tud beleszólni, ami az életkori sajátosság következménye? Mivel a bemutatott program a problémamegoldás folyamatát kívánta explicit módon fejleszteni, az alábbiakban azt mutatjuk be, hogyan, milyen módszerekkel vizsgáltuk minél szélesebb körben a program problémamegoldás fejlődésére gyakorolt hatását. Ebből arra következtettünk, hogy a tanítás és tanulás folyamatában mikor, milyen folyamat elemet és hogyan lehet fejleszteni. Természetesen a problémamegoldás fejlődése nem magyarázható csupán annak folyamatával, mint korábban láttuk többoldalú megközelítést igényel. A vizsgálataink értékelésében kitértünk ezen egyéb tényezők szerepének feltételezett hatására is.

5.1. A természettudományos problémamegoldási folyamat strukturális jellemzőinek vizsgálata

5.1.1. A problémamegoldási folyamat struktúra vizsgálatának előzményei

A 2000 óta folyó PISA mérések eredményei azt igazolták, hogy a magyar és német tanulók természettudományos problémamegoldásának szintje nem kielégítő, az átlag közelében vagy az alatt van (B. Németh, Korom és Nagyné, 2012). Mivel a természettudományok tanulásának a hatékony problémamegoldás alapfeltétele, ezért a jelenlegi természettudományos oktatás helyzetének javítására irányuló kutatások között a problémamegoldás fejlesztésére irányuló vizsgálatok is központi helyet foglalnak el. A hazai természettudományos oktatás, így az általános iskola alsó tagozatában folyó környezet- és természetismeret oktatás is, az utóbbi évtizedben nagy hangsúlyt fektet a problémákból kiinduló természettudományos tanulásra. A fejlesztést szolgáló didaktikai eljárások sokfélék, de abban közösek, hogy az 1-4. osztályban implicit módon tanítják a problémamegoldás folyamatát. A problémamegoldásban nyújtott teljesítményekre vonatkozó hazai vizsgálatok ezeknek az implicit módszereknek a hatékonysá-

gát mérik különböző aspektusból (Molnár, 2006c). Nemzetközi viszonylatban is kevés az a vizsgálat, ami a kisiskolások természettudományos problémamegoldási folyamatának sajátosságait és változását egy explicit fejlesztő program eredményeként tanulmányozza. A problémamegoldás explicit tanítása és tanulása a megoldás folyamatát tudatosítja a gyermekekben. Ahhoz, hogy az explicit fejlesztést megfelelő módszerekkel és hatékonyan végezzük, kiindulópontként ismernünk kell a tanulók problémamegoldó folyamatának struktúráját és jellemzőit. Ezek tudatában a problémamegoldás fejlesztése célzottabbá válik, és közelebb juthatunk annak megértéséhez is, hogy a különböző tanulók miért teljesítenek eltérő szinteken a problémák megoldásában, illetve milyen fejlettségi szinthez kell igazítanunk a fejlesztés módszereit.

Ebben a vizsgálatban a „mit” és „hogyan” kérdésekre keressük a választ. A „mit” kérdés a kisiskolások természettudományos problémamegoldási folyamatának strukturális jellemzőire és változásaira, annak gyengeségeire és erősségeire vonatkozik. Ezek ismeretében választ kapunk a „hogyan” kérdésre is, azaz hogy ezekre a gyengeségekre és erősségekre építve hogyan tudjuk a problémamegoldást úgy tanítani, hogy a gyermek elinduljon a helyes és hatékony természettudományos problémamegoldás felé vezető úton. Ezzel nagyban hozzájárulunk a természettudományok iránti pozitív attitűd kialakításához is.

A „mit” kérdésre adott válaszok keresésére négy vizsgálatot végeztünk, míg a „hogyan” kérdésre egy példát, a „Rostock Modell” didaktikai program természettudományos problémamegoldást fejlesztő módszereit mutatjuk be. Az első három vizsgálat ennek a didaktikai programnak a hatását elemzi a kisiskolások természettudományos problémamegoldási folyamatának struktúrájára és változásaira, míg a negyedik azt tanulmányozza, hogy milyen összefüggés van a program hatására bekövetkező változások és a háttértényezők között.

A természettudományos problémamegoldás fejlesztésének, mint azt a korábbi fejezetekben már említettük, két alapvető stratégiája van. Az implicit mód a problémamegoldást a kontextus és tartalom állandó változtatása révén fejleszti, míg az explicit stratégia a megoldás egyes lépéseinek és stratégiájának direkt módon történő tanítására törekszik.

A kisiskolások problémamegoldó stratégiájának explicit fejlesztésére vonatkozó vizsgálatok száma kevés, és az is inkább a matematika tanításában jellemző. Aravena és Caamano (2007) chilei 9-11 éves tanulókkal

végzett kísérletükben a problémamegoldó folyamat tanításának japán modelljét alkalmazták.

Japánban a matematikaoktatás a problémamegoldás módszerével történik, amelynek során a feladatok megoldását a Pólya-féle (1957) kognitív modellnek megfelelően strukturálják:

- 1) *A probléma megértése*: Az instrukciók elolvasása és a probléma-szituáció megértése a tanulók egymásközi megbeszélése révén.
- 2) *A megoldási terv elkészítése*: A tanulók együtt gondolkodnak és dolgoznak a megoldás keresésében. A tanár segíti a tanulók munkáját, irányít és kommentál.
- 3) *A megoldási terv végrehajtása*: A csoport egy tagja ismerteti a megoldás módját az osztállyal. A tanulók megvitatják az egyes megoldások közötti hasonlóságokat és különbségeket.
- 4) *Következtetések levonása*: A megoldások értékelése a tanulók által, a megoldások helyességének, előnyeinek és hátrányainak megítélése. Az elfogadott megoldások rögzítése.
- 5) *Önértékelés*: A tanuló önmagát ítéli meg abban, hogy mit tudott megoldani, miben volt nehézsége és mit értett meg.

Aravena és Carlos (2007) vizsgálatukban az explicit fejlesztésnek ezt a módját alkalmazták, és azt mérték, hogy a fejlesztés eredményeként a feladatok megoldásában milyen szinten jelentek meg a Pólya-féle modell egyes elemei. A vizsgálat során a tanulók a kísérleti tanítás előtt és után két különböző tartalmú matematikai feladatsort írtak, amelyek a feladatok megoldásának strukturálásában azonosak voltak (A probléma megértését, a tervezést, kivitelezést és a megoldás értékelését kérték számon). A vizsgálat tanulságaként a 9-11 éves tanulók számára a fejlesztő tanítás után is a probléma megértése és reprezentációja volt a legnehezebb feladat, míg a legjobb eredményt a megoldásitervek számában érték el.

A kisiskolások természettudományos problémamegoldási folyamatának explicit fejlesztéséhez Murphy és munkatársai (1996) olyan problémamegoldó algoritmust dolgoztak ki, amellyel különböző természettudományos témákat dolgoztak fel a tanulók. Az algoritmus minden egyes alkalommal ugyanazon kérdések feltevését jelentette, amelyeket feladatlapok formájában kaptak meg a tanulók: Mit tudok már? (A probléma reprezentációjához szükséges előzetes ismeretek feltárása.); Mi fog történni, ha...? (Hipotézisalkotás); Mit kell tennem? (Tervezés, végrehajtás.); Mit tapasztaltam? Miért történt ez? (Értékelés). A hatásvizsgálat so-

rán arra kérdeztek rá, hogy mit jelentenek ezek a kérdések, és hogy miért így tanulták a problémamegoldást. A kérdések jelentését a tanulók ismerték, tudták, hogy azok a problémamegoldás egyes lépéseire utalnak. Arra viszont nem tudtak válaszolni, hogy miért így tanulták a problémamegoldást. Ez ugyanis a kérdések jelentéséhez viszonyítva már egy magasabb absztrakciós szint, ami a vizsgált korosztályban még nem jellemző. A vizsgálat azt is kimutatta, hogy az algoritmus hatására a tanulók a kísérleti tanítás végén szignifikánsan gyorsabban oldották meg a problémát. A megoldás sikerességében is volt javulás, de ez nem volt szignifikáns. Ebből arra következtettek, hogy a megoldási folyamat tudatosságának tanítása növeli a megoldási rutint, ami hosszabb idejű fejlesztés esetén a megoldás sikerességét is jelentősen befolyásolta volna. Murphy és munkatársai (1996) azt is megjegyezték, hogy az egyes feladatok megoldásának időtartama és sikeressége attól is függ, hogy az adott probléma megoldása milyen ismereteket igényel, és azok milyen kontextusban jelennek meg. Ebből azt a következtetést vonták le, hogy a problémamegoldás fejlesztése során az implicit és explicit stratégiák együttes alkalmazása a célravezető.

A problémamegoldás folyamatának megfigyelésére és értékelésére, mint azt korábban már említettük, még mindig nincs tökéletes módszer. Az erre vonatkozó kutatások azonban egyetértenek abban, hogy a problémamegoldás folyamatát más gondolkodási folyamathoz hasonlóan a hangos gondolkodtatás módszerével érdemes vizsgálni, mivel szóban olyan fontos információkhoz juthatunk, amelyek írásban nem jelennek meg, ugyanakkor az adott gondolkodási folyamat értékeléséhez elengedhetetlenek (Pressley és Afflerbach, 1995). A szóbeli interjúk reliabilitását és validitását sokan megkérdőjelezzik, mivel azok sok pontatlanságot hordozhatnak magukban (pl: az interjú nem célnak megfelelő struktúrálása, az interjú során elhangzottak helytelen értelmezése, és azokból nem megfelelő következtetések levonása). Ettől függetlenül még mindig ezt a módszert tartják a kognitív folyamatok tanulmányozására a legmegfelelőbbnek az a kitételrel, hogy azt gondosan meg kell tervezni, és az értékelést többször kell kontrollálni, legyen az a válaszok kvalitatív vagy kvantitatív értékelése (Ericsson és Simon, 1993; Pressley és Afflerbach, 1995).

Ericsson és Simon (1993) a problémamegoldás folyamatának megfigyelésére a szóbeli interjúk két típusát javasolja. Az egyik a *szinkron ki-kérdés módszer* (*concurrent verbal protocols, CVP*), ami a probléma-

megoldás folyamatának jellemzőit a probléma szóban történő megoldása közben figyeli meg. A másik az *utólagos kikérdezés módszere*, (*retrospective debriefings, RD*), amelynek során a megoldót a problémamegoldás után kérdezzük arról, hogyan oldotta meg a problémát, milyen tevékenységeket végzett a megoldás közben. A CVP egy olyan strukturált interjú, amelyben a kérdező minimális félbeszakítást tehet egy-egy irányító kérdés vagy útmutatás erejéig. Ugyanez az RD esetében nem tehető meg, az interjú alanyát megszakítás nélkül kell végighallgatni. A problémamegoldás folyamatának pontos és kimerítő vizsgálatára a kutatók a két típus együttes alkalmazását javasolják. Az RD azonban egy magasabb metakognitív szintet képvisel, amivel a kisiskolások még nehezen birkóznak meg. Ezért ebben a korosztályban inkább a CVP módszer alkalmazása javasolt (Ericsson és Simon, 1993).

A Murphy és munkatársai (1996) által kidolgozott algoritmus alkalmas a problémamegoldás folyamatának explicit fejlesztésére. Ez az algoritmus ugyanakkor lefedi a kísérletezés menetét is. Ezért megfelelőnek találtuk arra, hogy mintául szolgáljon a „Rostock Modell” didaktikai program keretében a tanulók által végzett kísérletek menetének következetes rögzítéséhez és a problémamegoldás folyamatának tanulásához.

A megoldási folyamat jellemzőinek megfigyelésére a szóbeli interjú CVP típusát választottuk, mivel ez a típus az RD típushoz viszonyítva kevésbé absztrakt a kisiskolás gyermekek számára.

5.1.2. A vizsgálat célja és kérdései

A vizsgálat elsődleges célja a természettudományos problémamegoldási folyamat jellemzőinek tanulmányozása volt kisiskolások körében. A vizsgálatot a „Rostock Modell” didaktikai program keretében végeztük, így a problémamegoldás folyamatának életkori sajátságain túl azt elemeztük, hogy milyen hatással volt a program a megoldás folyamatának azokra az elemeire, amelyet a program tudatosan fejlesztett. Ezek a sajátságok: a) a megoldási folyamat alapstruktúrája; b) a folyamat egyes lépéseinek tudatossága; c) a megoldáshoz szükséges előzetes ismeretek hatása a megoldás folyamatára; d) a természettudományos szaknyelv problémamegoldás folyamatában történő alkalmazása.

A vizsgálat során a következő kérdésekre kerestük a választ: 1) Milyen sajátságokkal rendelkezik a természettudományos problémamegoldás folyamatának struktúrája az általános iskola alsó tagozatában? 2) Milyen

arányban jelennek meg a folyamat egyes fázisai a megoldás során? 3) Mennyire tudatos a célok és problémák megfogalmazása? 4) Milyen arányban jelenik meg a természettudományos nyelvhasználat a megoldás folyamatában? 5) Hogyan befolyásolják az egyes folyamatlelmek megjelenését és azok arányát a probléma megoldásához szükséges előzetes ismeretek?

5.1.3. A vizsgálat mintája

A problémamegoldás folyamatának elemzését 2005–2008 között az általános iskola alsó tagozatában minden évfolyamon elvégeztük. A vizsgálatban 1-4. évfolyamig megközelítőleg ugyanazon tanulók vettek részt. (A vizsgált osztályokban történő tanulói migráció okozott változásokat.) Az első évfolyamon egy budapesti, egy debreceni és egy rostocki iskola 84 tanulója alkotta a kísérleti csoportot. A kontroll csoport tanulói szintén ezekből az iskolákból kerültek ki, akik a tanítási órákon ugyanolyan módszerekkel és tankönyvekből tanulták a természetismeret tantárgyat mint a kísérleti csoport tagjai (a természetismeretet tanító pedagógusok eltérőek voltak). A kontroll csoport létszáma az első évfolyamon 78 volt. A második évfolyamon az első osztályhoz hasonlóan ugyanazon iskolák és osztályok tanulóit vizsgáltuk. A kísérleti csoportban 82, a kontrollban 74 tanuló vett részt. Harmadik évfolyamon a létszám változatlan maradt, a második évfolyamhoz hasonlóan alakult (kísérleti csoport: 82 tanuló, kontroll csoport: 74 tanuló) A negyedik évfolyamon a kísérleti csoport létszáma 80-ra, a kontroll csoporté 69-re csökkent. A minta pontos összetétele évfolyamonként az 5.1. 1. táblázatban látható.

5.1.1. táblázat: A vizsgált tanulók megoszlása az egyes évfolyamokon

| Évfolyam | Csoport | Budapest | Debrecen | Rostock |
|----------|-----------|----------|----------|---------|
| 1. | kísérleti | 31 | 26 | 27 |
| | kontroll | 26 | 20 | 32 |
| 2. | kísérleti | 29 | 26 | 27 |
| | kontroll | 24 | 18 | 32 |
| 3. | kísérleti | 29 | 26 | 27 |
| | kontroll | 24 | 18 | 32 |
| 4. | kísérleti | 27 | 26 | 27 |
| | kontroll | 24 | 15 | 30 |

A nemek szerinti megoszlás a vizsgálati mintában arányos volt. A lányok és fiúk létszáma minden évfolyamon hasonló megoszlást mutatott (5.1.2. táblázat).

| <i>Évfolyam</i> | <i>Csoport</i> | <i>Fiúk</i> | <i>Lányok</i> |
|-----------------|----------------|-------------|---------------|
| 1. | kísérleti | 41 | 43 |
| | kontroll | 36 | 42 |
| 2. | kísérleti | 40 | 42 |
| | kontroll | 36 | 38 |
| 3. | kísérleti | 40 | 42 |
| | kontroll | 36 | 38 |
| 4. | kísérleti | 39 | 41 |
| | kontroll | 34 | 35 |

5.1.2. táblázat

A nemek szerinti megoszlás az egyes évfolyamokon

A budapesti és debreceni gyermekek egyetemi gyakorló iskolák tanulói voltak, akik a környezetismeretet a NAT (2003) és a Mozaik Kerettantervrendszer (2004) alapján a Mozaik Kiadó tankönyveiből tanulták. A rostocki gyermekek, akik az egyik helyi általános iskola tanulói voltak, a „Rahmenplan der allgemeinen Förderschule, Band I. (2004)” kerettanterv természettudományos tanulásra vonatkozó követelményeit a Volk und Wissen Verlag kiadó 1-4. osztályig szóló tankönyveiből sajátították el.

A vizsgálati eredmények megértése szempontjából lényeges információ az, hogy milyen különbségek voltak a magyar és német tanulók iskolába lépés előtti, óvodai természettudományos nevelése között.

A didaktikai program 2004-ben kezdődött az akkor első osztályba lépő gyermekek bevonásával. 2004-ben Németország Mecklenburg-Elő-Pomeránia tartományában az óvodai nevelést a gyermekek napközi rendszerű elhelyezéséről, gondozásáról és neveléséről szóló 270/1992 (V. 19) számú, többször módosított „Gesetz zur Förderung von Kindern in Kindertageseinrichtungen und in Tagespflege (Kindertagesförderungsgesetz – KiföG M-V)” alaptörvény szabályozta. A törvény kimondta, hogy az óvodás gyermek természettudományos nevelésének elsődleges színhelye a természeti környezet. A természettudományos megismerés folyamatában a gyermeknek képesnek kell lennie:

- a természeti jelenségek adott idő alatt történő megfigyelésére;
- a természet iránti érdeklődésből fakadó kérdések feltételére, válaszok keresésére;
- a megfigyelések tapasztalatainak szóbeli kifejezésére;
- két természeti objektum vagy jelenség összehasonlítására;
- a természet jelenségeinek bizonyos szempontok szerinti csoportosítása;
- más gyermekekkel együtt történő vizsgálódásra;
- egyszerű kísérletek elvégzésére;
- egyszerű természettudományos problémák megoldására, a megoldás során jelentkező nehézségek leküzdéséhez segítség kérésére.

Ezeket a képességeket az óvodában a természettudományos foglalkozásokon a különböző tartalmak (pl. a „Víz”) tanításán keresztül fejlesztették.

A magyar óvodák természettudományos és környezeti nevelésének alapelvei 2002 és 2004 között az „Óvodai nevelés országos alapprogramjáról” szóló 137/1996 (VIII. 28) számú Kormány rendelet módosított változatára épültek. Ezek alapján:

- A természet megismerése egy élményközpontú, érdeklődés által vezérelt folyamat;
- A természet megismerésében lényeges elem a gyermek cselekvő aktivitása, a spontán, játékos tapasztalatszerzésre épülő ismeretszerzés;
- A természeti jelenségek megfigyelése sok érzékszerv bevonásával, az óvodapedagógus irányításával történik;
- A természettudományos megismerésben lényeges szerepe van a gyermeki kérdéseknek és válaszoknak, a gyakorlati probléma- és feladatmegoldásnak és a kísérletezésnek.

A két törvény természettudományos nevelésről szóló alapelvei hasonlóak. A német alaptörvény azonban az általános iskolák kerettanterveihöz hasonlóan kitér a természettudományos gondolkodás kognitív fejlesztésének részleteire (összehasonlítás, csoportosítás, tapasztalatok szóbeli kifejtése) míg a magyar alaptörvényben ezek a részletek nincsenek deklarálva. A német gyermekek természettudományos nevelése nagyobb hangsúlyt fektet a természettudományos információfeldolgozás módszereire és tevékenységeire, így az ezen a téren a gyermekek már rutinosabbak az iskola megkezdésekor.

A vizsgált magyar és német tanulók általános iskolai tantervi szabályozását már ismertettük, ahol az óvodához hasonlóan szintén a német keret-tanterv kognitív és metakognitív elemeinek nagyobb hangsúlya volt megfigyelhető a magyar tantervhez képest.

A vizsgálati eredmények megértéséhez további adalék a vizsgálatban résztvevő magyar és német iskolák természetismeret tanításának néhány jellemző különbsége. A rostocki iskolában általában alapelv, hogy az általános iskola 1-4. osztályában a tanár munkáját fejlesztő pedagógus segíti minden természetismeret órán. Egy adott fogalom elsajátítására, illetve bizonyos tevékenységek elvégzésére meghatározott idő áll rendelkezésre, amit a leglassúbb tanuló üteméhez igazítanak. Azok a gyermekek, akik a feladatokat korábban elvégzik, önálló, adott esetben számítógéppel segített fejlesztő játékot, feladatot vagy egyszerű kísérletet végezhetnek. Azokkal, akik a feladatok elvégzésében folyamatosan elmaradnak, még a tanítási óra közben a fejlesztő pedagógus foglalkozik. Így a tanári irányítás és segítség megszűnik. A tanítási órát vezető tanár szervezi, segíti az osztály munkáját és figyeli a tanulók előrehaladását, míg a fejlesztő pedagógus a lemaradó gyermekek felzárkóztatását végzi. Ez a tanítás differenciáltabb formáját jelenti, aminek az a célja, hogy lehetőleg minden gyermek saját előzetes tudásának és ütemének, illetve életkorának megfelelő, megbízható természettudományos tudásra tegyen szert. A magyar iskolákban még nem általános gyakorlat, hogy a tanítási órákon egyszerre két pedagógus foglalkozzon a gyermekekkel. A fejlesztő pedagógus munkáját általában a tanítási órák után végzi, ami azért kevésbé hatékony, mint a tanítási óra közben történő segítség, mert nem látja azonnal és közvetlenül a gyermek problémáit és nehézségeit és így a korrekcióra irányuló beavatkozás sem olyan pontos.

A vizsgálat szempontjából nem elhanyagolható tényező az sem, hogy a német gyermekek a természetismeret órákon jóval több kísérletet és megfigyelést végeznek, amihez egy korszerűbb és jóval gazdagabb eszközpark is rendelkezésre áll.

5.1.4. A vizsgálat módszere

A természettudományos problémamegoldás folyamatának strukturális elemzése céljából minden évfolyamon két problémafeladatot szerkesztettünk, amelyek mennyiségét a vizsgált elemek esetszáma miatt elégségesnek ítéltünk. A problémamegoldási folyamat jellemzőinek évfolya-

monkénti korrekt összehasonlítása végett a problémafeladatok megoldásához szükséges tartalom az 1-4. osztályig ugyanaz volt: az *olvadás és víztisztítás*. Az olvadás fogalmával a didaktikai programban az első évfolyamon foglalkoztak a tanulók. Megtanulták, hogy az olvadás a víz halmazállapot-változása, amelynek során a jégből víz keletkezik. Ehhez a változáshoz melegítésre van szükség. Az *olvadás* fogalmáról a 2-4. osztályig a didaktikai programban már külön nem tanultak. Az iskolai tanítási órákon ez a fogalom a magyar és német tanulók esetében is harmadik osztályban újra előkerült. A *víztisztítás* problémakörrel szintén első osztályos korukban találkoztak a gyermekek. Ez a téma ugyan nem volt része a didaktikai program első évfolyamos tématervének, de a tanulók nagy érdeklődése és kísérletező kedve miatt a víztisztításra vonatkozó egyszerű kísérletet is elvégeztünk. A kísérlet egy egyszerű szűrés volt, amelynek során sáros vizet öntöttünk át egy kavicsot és homokot váltakozva tartalmazó virágcserepen (5. melléklet). Közben a tanulók megtanulták, hogy a víztisztításnak ez a formája azon alapszik, hogy a tiszta víz elválik a szennyeződéstől, ezáltal megtisztul. A víztisztítás folyamatával a didaktikai programban második osztályban foglalkoztak a tanulók. Ennek során szűrést végeztek és elsajátították a szűrés, szűrlet és szűrő fogalmakat. A didaktikai programban a víztisztítás problémája később már nem került elő. A német gyermekek harmadik, a magyar gyermekek negyedik osztályban tanultak róla újra a tantervi követelményrendszernek megfelelően.

A két fogalomra épülő problémafeladatok ismeretrendszere így minden évfolyamon azonos volt, azok a feladatok megfogalmazásában és összetettségében (negyedik osztályban a második probléma feladatban kombináltuk az olvadás és víztisztítás fogalmakat) különböztek egymástól.

Mint azt a probléma típusaival és jellemzőivel foglalkozó alfejezetben már említettük (lásd 1.2.3. alfejezet), vizsgálatunkban a kisiskolások életkori sajátosságaihoz és a tanult természettudományos ismeretekhez igazított szemantikusan szegény, rosszul definiált, ellenféllel nem rendelkező, transzformációs problémák megoldását kértük a tanulóktól számon. Azaz nem kívántunk olyan feladatot adni, ami túl sok előzetes ismeretet igényel, mert azok keresése, vagy hiánya ebben az életkorban megakadályozhatta volna a megoldás folyamatának teljes végigvitelét. A rosszul definiált, transzformációs problémák megoldását az indokolta, hogy mivel ez esetben csak a kiindulási állapot adott és a tényleges megoldást jelentő célállapot nem, a feladat megoldása nagyobb kihívást, több gondol-

kodást igényelt, miközben a problémamegoldás folyamatáról több információt kaphattunk. A két feladat problémáját a tanulók mindig egyedül oldották meg, ami miatt azok ellenféllel nem rendelkező problémák voltak.

A két problémafeladat az első osztályban a következő volt:

- 1) „Itt van előtted egy jégkockákkal teli edény. Mi tennél, ha most hirtelen idehoznának egy szomjas kiskutyát, akinek nagyon gyorsan inni kellene adni? A megoldáshoz a szomszéd asztalon sok olyan eszközt találsz, ami segítségére lehet. Egy dolgot nem tehetsz, a csapból nem engedhetsz vizet!”

A feladatok megoldásakor ügyelni kellett arra, hogy az első osztályos tanulók többsége még nem absztrakt gondolkodó. Ezért nem mentális és fiktív megoldásokat vártunk el tőlük, hanem rendelkezésükre bocsátottuk a megoldáshoz szükséges eszközöket és anyagokat, amelyek segítségével látható és konkrétan érzékelhető, értékelhető megoldáshoz juthattak.

A megoldás *célja* az első feladatban az volt, hogy a kutya ivóvízhez jusson. A *problémát* az jelentette, hogyan lehet a jégből ivóvizet előállítani. Egy első osztályos tanulótól ennél részletesebb probléma reprezentációt még nem várhatunk, mint ahogy a megoldásra vonatkozó jóslat és tervezés esetében sem. A *jóslat*, vagy *hipotézis* a jég megolvasztásának módjaira vonatkozott, amihez ötletként a tanuló vagy felhasználta a rendelkezésre álló eszközöket és lehetőségeket vagy egyéni ötletekkel élt. A jóslatok kifejtésekor a gyermekek azt mondták el, hogyan olvasztják meg a jeget, ami egyben a *tervezés fázisát* is jelenti. Ennek során alkalmazhatták a kísérleti órákon tanult, olvadás folyamatára vonatkozó ismereteiket. A megoldás kulcsa ebben a problémaszituációban a *melegítés* volt. Ehhez a segítségükre álló eszközök között volt hajszárító, gyertya, főzőpohár, vasháromláb, mikrohullámú sütő, főzőpohárban lévő meleg víz. A megoldási tervet is ezekkel az eszközökkel kellett *kivitelezniük* (az eszközhasználat-hoz tanári segítséget vehettek igénybe). Ha egyéni ötletük, jóslatuk volt, azt is elmondhatták, aminek a megoldását szóban vagy rajzban kellett részletesen kifejteniük. A megoldás *értékelése* során indokolniuk kellett, hogy miért az adott megoldás mellett döntöttek, miért és hogyan olvadt meg a jég az általuk választott eljárás során. Végül a probléma és megoldás egyeztetése által be kellett látniuk, hogy sikerült-e a jégből ivóvizet csinálni, tudnak-e a kiskutyának inni adni.

- 2) „Az asztalon lévő üvegpohárban sáros víz van, amit ha felkeversz, teljesen sötét színű, piszkos vizet fogsz látni. Próbáld ki! A sáros víz mellett egy szintén koszos, sáros homokozó játék található, amit meg kellene mosni ahhoz, hogy elrakhassuk. Tiszta vizet a sáros vízből kell csinálnod! A megoldáshoz a szomszéd asztalon sok olyan eszközt találsz, ami segítségedre lehet. Egy dolgot nem tehetsz, a csapból nem engedhetsz vizet!”

Ebben a feladatban a homokozó játék megtisztítása és elrakása volt a *cél*. A *problémát* annak felismerése jelentette, hogy sáros vízzel nem érünk el eredményt, mivel az azzal történő lemosás után a játék ugyanolyan koszos marad. Így a sáros vízből tiszta vagy tisztább vizet kell előállítani. A *jóslat vagy hipotézis* a megoldás módjára vonatkozott, ami itt is egybe esik a *tervezés fázisával*. Az ötletelést és *kivitelezést* segítette az asztalon lévő tölcser, szűrőpapír, tiszta főzőpohár, kavics, homok, alul lyukas virágcserep, ami nem zárta ki, hogy a tanulók ettől eltérő egyéni ötlettel is éljenek.

A megoldáshoz felhasználható előzetes ismereteik a kísérleti program víztisztításra, szűrésre vonatkozó kísérleteiből származtak, amelynek során megtanulták az ülepítés, szűrés, és szűrő fogalmakat. A megoldást a tisztább vagy tiszta víz előállítása és a sáros játék megtisztítása jelentette. *Az értékelés* során arra kellett kitérni, hogy miért és hogyan tisztult meg a víz a választott eljárás által és be kellett látni, hogy az eljárás eredményeként elértük-e a megoldás célját.

Második osztály:

- 1) „Előtted egy üvegpohárban jégkockák vannak, amiből az asztalon lévő málnaszörpös üvegből kicsöppent kis foltot kell lemosnod. A megoldáshoz csak egy papírzsebkendőt tudunk a rendelkezésedre bocsátani, illetve mindent felhasználhatsz, amit a tanteremben a megoldáshoz megtalálsz!”

A második osztályban még mindig nem kértünk a gyermekektől fiktív megoldást. A feladat azért volt nehezebb, mint az első osztályban, mert az absztrakció egy magasabb szintjét igényelte. Az eredmény kézzel fogható volt, ugyanakkor nem voltak biztosítottak a megoldást segítő eszközök.

Ezért a tanulónak saját előzetes ismeretei, a rendelkezésre álló lehetőségek és kreativitása alapján kellett kitalálni a megoldáshoz vezető utat.

A megoldás *célja* az asztalon lévő szennyeződés eltávolítása volt. Ehhez a jégből folyékony vizet kell készíteni, ami a feladat *problémáját* jelenti. A *jóslat, hipotézis, illetve a tervezés* is a megoldás módjára vonatkozott, amihez a tanuló az olvadáshoz szükséges melegítés fogalmát alkalmazta. Mivel itt nem állt rendelkezésére külön segédeszköz, a megoldást előzetes ismeretei és kreativitása alapján úgy kellett megtervezni, hogy az konkrétan kivitelezhető legyen. A *megoldás végrehajtásának* egyik módja az volt, hogy a tanuló kezébe veszi a jeget és ott tartja, amíg az el nem olvad. Egy másik lehetőség, hogy a főzőpoharat veszi a kezébe és keze melegével próbálja a jeget megolvasztani. Szintén megoldás lehet, ha a jégre a csapból meleg vagy hideg vizet enged, stb. Az így nyert vízzel aztán a papír zsebkendő segítségével le tudta törölni az asztalon lévő szennyeződést. Az *értékelés* során el kellett mondani, miért és hogyan történt az olvadás, és sikerült-e elérni a megoldás célját.

- 2) „Az asztalon egy fehér csempelapot látsz, amire piros festéket cseppentettünk. Mosd le a festéket az előtted lévő sáros víz segítségével úgy, hogy a csempelap tiszta legyen. Ha megmondod milyen eszközökre van szükséged, mi biztosítjuk számodra, feltéve, ha van ilyen eszközünk.”

A feladat absztrakciós szintje az előzőhöz hasonló. A kiindulási állapot adott, a megoldáshoz szükséges eszközök azonban nem (egy szekrényben vannak elzárva, nem látja a tanuló). A gyermek ötletein, elgondolásán múlik, hogy melyik eszközt kell biztosítani számára.

A megoldás *célja* a csempe tisztára törlése volt. A *probléma* az, hogyan lehet a sáros vízből olyan tiszta vizet előállítani, amivel a csempe megtisztítható. A *jóslat, hipotézis és tervezés* itt is egybeesett, a megoldás módjára vonatkozott és a tanuló előzetes ismereteire és ötleteire épült. A megoldás terv végrehajtása során ülepítést, szűrést végeztek a tanulók, amelyhez rendelkezésükre álltak az 1. és 2. osztályban a kísérleti órákon alkalmazott „szűrő berendezések” is (5. melléklet). Az *értékelés* a választott eljárás indoklását, a látottak magyarázatát, valamint a probléma és megoldás összevetését jelentette.

Harmadik osztály:

- 1) „Nyáron, nagy melegben az ivóvíz hűtését úgy is megoldhatjuk, hogy rövid időre fagyasztó szekrénybe tesszük. Ha elfeledkezünk róla, a víz megfagyhat. Mit tennél, ha javítások miatt éppen nem lenne víz, és már rosszul vagy a szomszédoktól. Mutasd be, hogyan csinálnál a fagyasztóban lévő jégből ivóvizet? Ha megmondod, hogy a bemutatáshoz milyen eszközökre és anyagokra van szükséged, a szekrényben megkeressük neked.”

A harmadik osztályban tovább növeltük a feladatok fiktív jellegét. Már nem tettük láthatóvá a kiindulási állapotot sem, és az eszközöket és az anyagot (jég) is csak kérésre biztosítottuk. Azt azonban még szükségesnek láttuk, hogy a megoldásról érzékelhető formában győződjön meg a tanuló.

A *cél* az ivóvíz minél gyorsabb elkészítése volt annak érdekében, hogy a szomszédok elmúljon. A *probléma* ismét a jég vízzé változtatásának módja volt, amire különböző hipotézisekkel és jóslatokkal élhettek a tanulók. A *tervezés* fázisa itt sem különült el. A *végrehajtás* során az olvadásról addig tanultakat kellett alkalmazni, míg az *értékelés* a megoldás indoklását, a probléma és a megoldás összevetését jelentette.

- 2) „A gyerekek egy sáros pocsolyában kishalat találtak. Meg akarták menteni, ezért egy pohárba tették és bevitték az osztályterembe, ahol akkor éppen nem volt csapvíz. Ellenben ott volt az a szekrény, amiben mindenféle olyan eszköz megtalálható volt, amivel a problémát meg tudták oldani. Mutasd be, hogy mit tehettek azért, hogy a hal a sáros vízben ne pusztuljon el? Ha megmondod, hogy a bemutatáshoz milyen eszközökre és anyagokra van szükséged, a szekrényben megkeressük neked.”

A megoldás *célja* a halak megmentése volt, amihez csapvíz hiányában a sáros vizet meg kellett tisztítani. A tisztítás módja volt a kiindulási *probléma*, aminek a megoldására különböző *jóslatokkal*, *hipotézisekkel* élhettek a tanulók. A megoldási tervek *kivitelezése* során az első és második osztályban tanult víztisztítási eljárásokat alkalmazhatták és saját ötleteik kivitelezését is elvégezhatték. Az *értékelés*, ebben az esetben is, a megoldás indoklása és magyarázata volt.

Negyedik osztály:

- 1) „Rexi kutya a kertben egy kennelben él. Egy hideg téli napon az ivóvize befagyott. Hogyan segítettél volna neki?”

A negyedik osztályban tovább növeltük az absztrakció szintjét. A feladat fiktív megoldást igényelt, a megoldáshoz nem álltak rendelkezésre segédeszközök, azt mentálisan kellett elvégezni.

A probléma megoldásának *célja az volt*, hogy a kutya ivóvízhez jusson. A *probléma megfogalmazása* során arra kellett kitérni, hogy a víz befagyott, jég lett belőle, és ezért az állat azt nem tudta meginni. A megoldásra vonatkozó *jóslatok*, illetve *hipotézisek* a jég olvadásához vezető módszerekről és eljárásokról szólnak, ami egyben lefedi a *tervezés* fázisát is. A megoldási folyamatnak ez a szakasza volt az, amely leginkább igényelte a tanulók flexibilis gondolkodását, a kísérleti programban tanult fogalmak alkalmazását és az elvégzett kísérletek tapasztalatainak transzferjét. Az *értékelés* fázisát ebben a feladatban is az eredmények előzetes ismeretek alapján történő magyarázata jelentette.

- 2) „Tél van, nagyon hideg. A tó vize befagyott. A jég felszínén a gondatlan emberek egyre több szemetet, közöttük olajos és festékes papírokat, flakonokat, üvegeket dobálnak el. A fagyos időket azután hosszabb napsütéses, melegebb időjárás követi. Mi a probléma? Hogyan oldanád meg?”

A második feladat az elsőnél összetettebb probléma megoldását kívánta meg a tanulóktól. A megoldás *célját* a tó szennyeződésektől történő megszabadítása, és ezáltal az élővilág védelme jelentette. A probléma arra vonatkozott, hogy amennyiben a jég felszínéről nem távolítják el a szennyeződések, az az olvadás után bekerül a vízbe, és ott károkat okoz. Kérdés, hogyan lehet a tó vizét a szennyeződésektől megtisztítani? A megoldáshoz szükséges előzetes ismeretek köre szükségszerűen bővebb volt az első feladathoz képest. Így a tanulóknak ismerniük kellett a szilárd, folyékony, jég, víz, olvadás, fagyás fogalmakat, továbbá azt a törvényszerűséget, miszerint az olaj a víz felszínén úszva megakadályozza a levegőben lévő oxigén vízbe jutását, ami a vízi élőlények oxigénhiányához, pusztulásához vezethet. Mivel ebben az életkorban a sűrűség pontos fogalmát még nem ismerik, azzal kellett tisztában lenniük, hogy a szilárd halmazállapotú szennyeződések anyagai könnyebbek vagy nehezebbek a víznél, következésképp elsüllyednek, vagy úsznak a víz felszínén. A víz-

tisztításra vonatkozó ötletek feltárása, amely a megoldáshoz vezető út legflexibilisebb fázisa volt, a feladatnak az a része, amelynek során a tanulóknak lehetőségük nyílt a kísérleti programban elvégzett, víztisztítási eljárásokra vonatkozó tudásuk transzferálására.

A feladat legtöbb absztrakciót igénylő része a szennyeződések típusának, jellemzőinek felismerése, és annak összekapcsolása az adott szennyeződés eltávolítási módjával. A víztisztítási eljárások feltárása ebben a feladatban is a *hipotézisalkotás és tervezés fázisának egybeesését* jelentette. Bár a feladat az első feladathoz képest több információt tartalmazott a megoldásra vonatkozóan, mégis szemantikailag szegény, rosszul definiált és strukturált, transzformációs problémával bírt.

A vizsgált stratégiai elemek kiválasztásakor a korábban már említett megfontolásból a Pólya-féle (1957) kognitív modellre épülő Gick és Holyoak (1980) *háromlépcsős reduktív modellre* alapoztunk, bár feltételeztük, hogy annak nem minden lépése lesz még jól megfigyelhető a vizsgált korosztály gondolkodásában.

A megoldás *céljának és problémájának* hangsúlyozása és tudatosítása a kísérleti program kiemelt feladata volt. A tanulók *hipotézisalkotásának* vizsgálatakor egyrészt azt elemeztük, hogy *képesek-e* erre a műveletre. Ha igen, *milyen és mennyi feltételezéssel tudnak élni* a megoldásra vonatkozóan. Ugyanígy jártunk el a *tervezés fázisának* vizsgálatakor is.

Arra vonatkozóan, hogy a tanuló *mennyire tudatosan fogalmazza meg a problémát, a megoldás célját*, létrehoztuk a *direkt és indirekt dimenziókat*. Direktnek tekintettük a célmeghatározást, ha a gyerek gondolatai a következő tagmondatokat tartalmazták: „Az a célom.....; Ezzel azt szeretném elérni, hogy; Azt akarom, hogy.....”..stb. Ez nem azt jelenti, hogy az a tanuló, aki nem használt hasonló kifejezéseket, nem tudja, miért kell az adott problémát megoldani. Így itt a tudatos jelző első sorban a megfogalmazásra, a nyelvi kifejezőmódra vonatkozik.

Annak vizsgálatára, hogy a tanulók milyen mértékben alkalmazzák az elsajátított tudományos fogalmakat az egyes fázisokban, létrehoztuk a *tudományos- és mindennapi nyelvhasználat aldimenziókat* (5. 1. 3. táblázat). A feladatok jellegéből adódóan a célmeghatározás és probléma megfogalmazása fázisok még nem igényelték a tudományos fogalmak alkalmazását, így ezeket az aldimenziókat csak a hipotézisalkotás, tervezés és végrehajtás képesség dimenziójában, valamint az értékelés fázisokban vizsgáltuk. Ezt a módszert az indokolta, hogy a tudományos nyelv hasz-

nálatáról a képesség kategóriában is meggyőződhetünk, továbbá így korrektebb az összehasonlítás a többi képesség jellegű fázissal.

| <i>Problémamegoldási folyamat fázisai</i> | <i>A fázisok dimenziói</i> | |
|---|----------------------------|---------------------------|
| Célmeghatározás | Direkt | |
| | Indirekt | |
| Probléma megfogalmazás | Direkt | |
| | Indirekt | |
| Hipotézisalkotás | Képessége | Tudományos nyelv |
| | | Mindennapi nyelv |
| | Mennyiségi mutatói | |
| Tervezés, végrehajtás | Képessége | Tudományos nyelvhasználat |
| | | Mindennapi nyelvhasználat |
| | Mennyiségi mutatói | |
| Értékelés | Képessége | Tudományos nyelvhasználat |
| | | Mindennapi nyelvhasználat |

5.1.3. táblázat

A természettudományos problémamegoldás vizsgált stratégiai fázisai és a fázisok dimenziói

A vizsgálat módszerül a *félíg strukturált egyéniinterjút* választottuk, amelynek során a tanulók gondolatait auditíve rögzítettük, majd kódoltuk és értékeltük. Az egyéni interjú módszerét az indokolta, hogy a tanulók írásban kevesebb instrukció mellett kisebb valószínűséggel tárták volna fel az általuk elképzelt lehetséges megoldásmódokat. Az interjú mellett szólt továbbá az a tény, hogy annak során a tanulók a gondolkodást kísérő informatív értékkel bíró kifejezéseket, terminusokat, gesztusokat és metakommunikatív elemeket is alkalmaznak. Az első és második osztályban még irányítottuk a tanulók gondolkodását a „Mit gondolsz, mi a probléma? Miért kell ezt a problémát megoldani? Hogy oldanád meg a problémát? Mit tennél? Hogy csinálod? Miért történt ez?” kérdések segítségével. A harmadik és negyedik évfolyamon már csak akkor kérdeztünk vagy segítettünk hasonló kérdésekkel, ha a tanuló elakadt a megoldásban és se-

gítségre volt szüksége. Az interjúkat előre felkészített kérdezők (nem a tanulókat tanító pedagógusok) végezték, akiket a gyermekek jól ismertek. A kérdezők bejártak a kísérleti órákra, és a pedagógusok munkáját segítve közvetlen kapcsolatba kerültek a tanulókkal. Ez azért volt fontos, mert így az interjúk során a gyermekek a kérdező személyében olyan partnerre leltek, akinek szorongásmentesen nyilatkoztak meg. Az interjúk az adott iskolában a kísérleti és kontroll csoportban is egyidőben zajlottak, és a teremben mindig csak egy kérdezett tanuló volt jelen. A már kérdezett tanulók az interjúban még nem szereplő tanulókkal nem találkoztak, azok elkülönítését a pedagógusok oldották meg. Az interjúk időtartama 25-30 perc volt.

Az 5. 3. táblázatban szereplő fázisokat jellemzőik alapján háromszor mértük a kísérleti és kontroll csoportban egyaránt: a) a kísérleti tanítás előtt, b) közvetlenül a kísérleti tanítást követően (a tanítás előtti mérés után két hónappal), c) a kísérleti tanítás befejezése után négy hónappal. Ebben a vizsgálatban azonban nem a fejlődés jellemzőinek, hanem a kísérlet eredményeként létrejött *fejlettségi állapotnak* a tanulmányozása volt a cél. Így a három vizsgálatból csak a harmadik vizsgálat állandósult tudásra vonatkozó adatait használtuk a problémamegoldási folyamat struktúrájának és mintázatának jellemzésére. Az első két mérést a később bemutatásra kerülő *fejlődést tanulmányozó vizsgálatban* hasznosítottuk.

A pontozás során egy pontot adtunk akkor, ha az adott kategória jelen volt a tanuló gondolkodásában, míg ellenkező esetben nullát. A hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás mennyiségi vizsgálatokor annyi pontot kapott a gyermek, ahány feltevással, tervjavaslattal élt az adott dimenzióban.

A megoldási folyamat struktúrájának évfolyamok csoportjain belüli és azok közötti különbségeire vonatkozóan *keresztmetszeti mérést* végeztünk. Az egyes fázisok adott feladatban történő eltéréseit a kísérleti és kontroll csoport között, továbbá az adott csoport első és második feladatban mutatott különbségeit a *General Linear Model, Repeated Measure opciójával* elemeztük. Az egyes fázisok egymáshoz viszonyított fejlettségi szintjének és a didaktikai kísérletben résztvevő csoportok teljesítmény különbségeinek értékelésére az évfolyamkon belül a *Cochran-fél Q-próbát* használtuk. A nemek közötti különbségek megállapítására és az egyes fázisok dimenzióinak és aldimenzióinak csoportokon belüli összehasonlítására a *kétmintás t-próbát* alkalmaztuk.

A *longitudinális mérés* az egyes fázisok jellemzőinek évfolyamok közötti eltéréseit vizsgálta, amelynek *eszköze szintén a Cochran-féle próba volt.*

5.1.5. Eredmények és értékelésük

Az értékelés első lépéseként meghatároztuk a mérőeszköz (interjú) *megbízhatóságát.* Mivel a mérés során különálló fázisokat és dimenziókat vizsgáltunk, így azok megbízhatóságát is külön kellett értékelnünk. A *Cronbach- α értékei 0,613 és 0,872 között* voltak, ami egy fejlődést mérő (pre-poszt1 és poszt2 mérés) vizsgálatban elfogadhatónak mondható.

A vizsgálat első részében arra kerestük a választ, hogy *milyen sajátosságokkal rendelkezik a természettudományos problémamegoldási folyamat struktúrája a vizsgált életkorban. Ezen belül azt elemeztük, hogy a megoldás folyamatának egyes fázisai (lépései) milyen szintet érnek el és milyen azok egymáshoz viszonyított aránya az egyes évfolyamokon.* A kérdés megválaszolására *összehasonlítottuk a problémamegoldási folyamat egyes fázisainak átlagait a teljes minta kísérleti és kontroll csoportjában.* Az elemzést probléma feladatonként minden évfolyamban elvégeztük. A feladatonkénti értékelés azért volt indokolt, mert a korábbi vizsgálatok szerint a problémamegoldásban nyújtott teljesítményt a megoldáshoz szükséges ismeretek jellege és mennyisége jelentős mértékben befolyásolja (Litzinger és mtsai, 2010; Revákné, 2010).

Az egyes lépések vagy fázisok átlagai alapján *felállítottuk az adott évfolyamra jellemző problémamegoldási folyamat mintázatot,* amit a folyamat struktúrájának tekintettünk. Az évfolyamokra jellemző folyamat struktúrákat egymással is összehasonlítottuk.

Annak bizonyítására, hogy a diadaktikai program megoldási folyamat egyes lépéseinek szintjére gyakorolt hatását hogyan befolyásolják a magyar és német tanulók természettudományos neveléséből adódó eltérések, *összevetettük a rostocki, debreceni és budapesti tanulók egyes fázisokban elért átlagait.* Az elemzést csak a kísérleti csoportban végeztük, mivel a kontroll csoport nem vett részt a didaktikai programban.

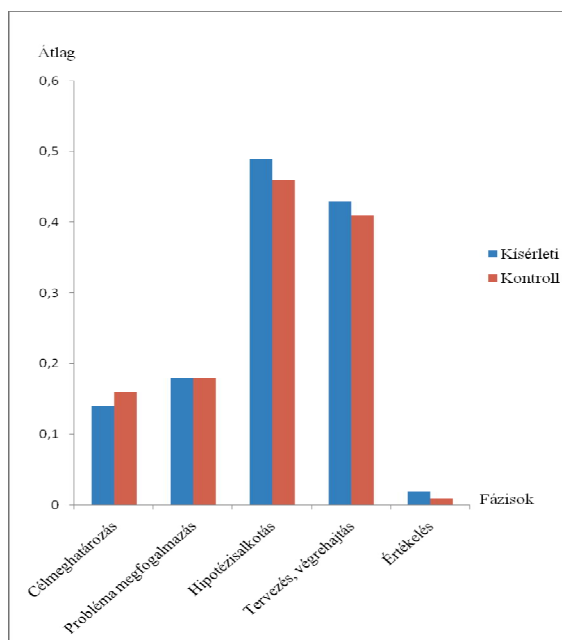
A megoldási folyamat egyes lépéseinek szintjét nemek szerinti megoszlásban is vizsgáltuk a kísérleti és kontroll csoportban egyaránt.

Első osztály

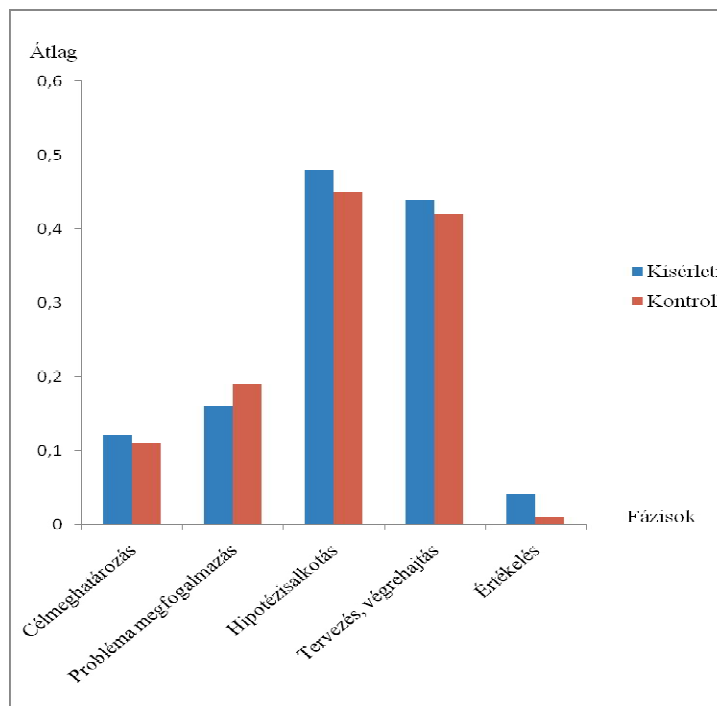
A problémamegoldási folyamat egyes fázisainak szintjét és eltéréseit az SPSS General Linear Model, Repetaed Measures opciójával értékeltük. Az eredmények közül most csak azokat a legfontosabb momentumokat említjük, amelyek jól tükrözik a didaktikai program és az életkor hatásából adódó különbségeket.

A megoldás mintázatát vagy struktúráját tekintve az első osztályban elmondható, hogy a *célmeghatározás, probléma megfogalmazása és az értékelés még alulmarad* a megoldásra vonatkozó jóslatok vagy hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás képességéhez képest. A leggyengébb eredményt az értékelés kategóriában érték el a tanulók.

A kísérleti és kontroll csoport közötti mintázatbeli eltérések hasonlóak, ami azt jelzi, hogy a didaktikai program befolyását az első osztályos minta egészében a problémamegoldás folyamatának struktúrájára jellemző életkori sajátosság még felülmúlja (5.1.1. és 5.1.2. ábra).

**5.1.1. ábra**

A problémamegoldási folyamat egyes fázisainak átlagai az első feladatban az első osztályban



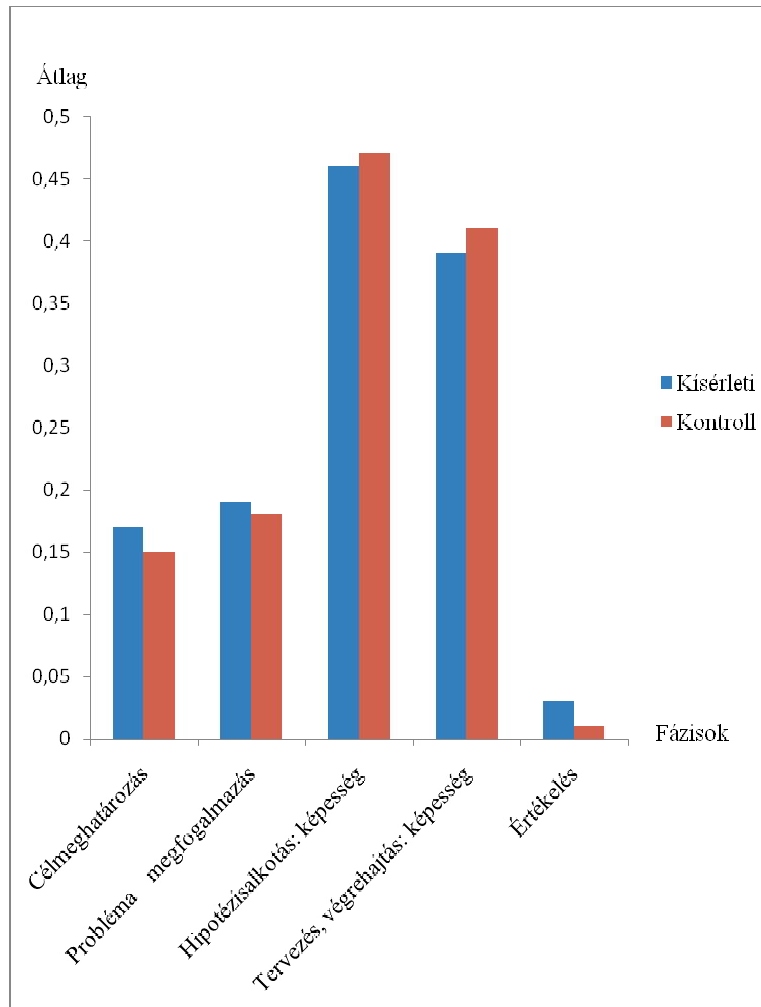
5.1.2. ábra

A problémamegoldási folyamat egyes fázisainak átlagai a második feladatban az első osztályban

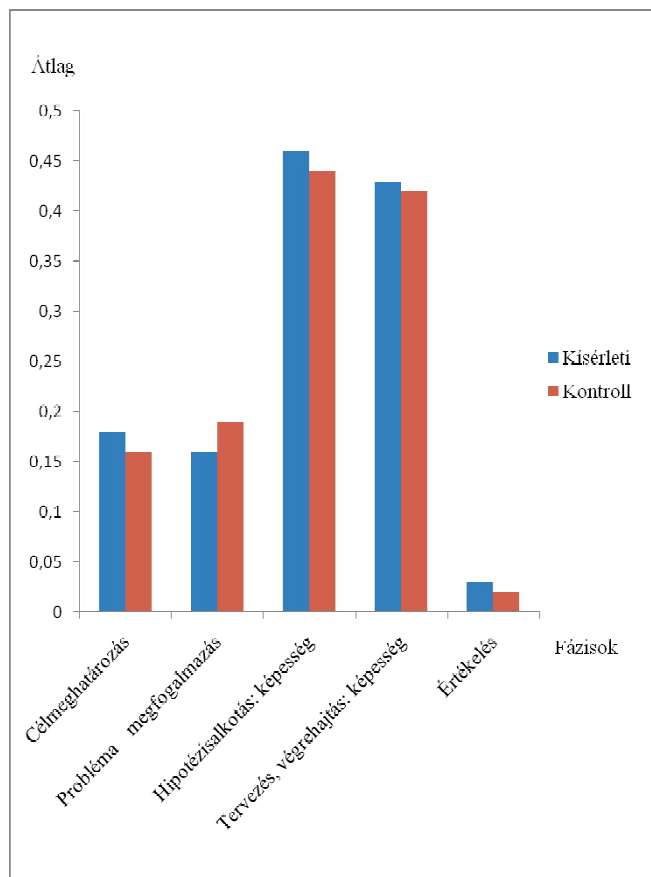
Második osztály

Az első osztályhoz hasonlóan ebben a második évfolyamban is elemeztük a problémamegoldási folyamat fázisainak eltéréseit az egyes feladatokban és a csoportok között

A vizsgálatban résztvevő teljes második osztályos minta problémamegoldási folyamatának mintázata így az első évfolyam mintázatához hasonló és nem mutat különbséget a kísérleti és kontroll csoport között (5. 1. 3. és 5. 1. 4. ábra). Az életkor hatása még a második évfolyamban is erősebb a didaktikai program befolyásánál.

**5.1.3. ábra**

A problémamegoldási folyamat egyes fázisainak átlagai az első feladatban a második osztályban

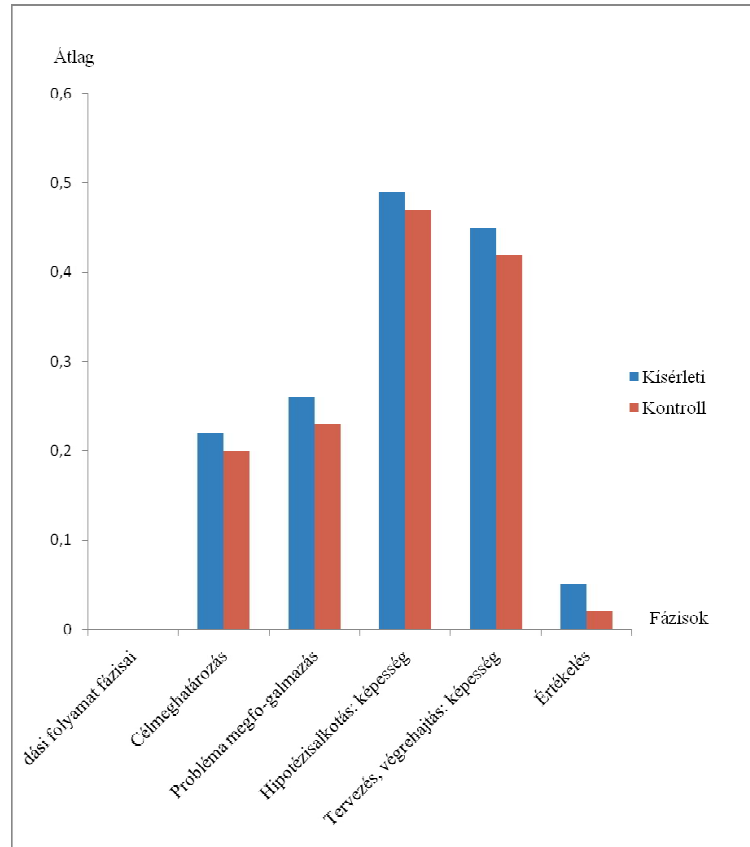


5.1.4. ábra

A problémamegoldási folyamat egyes fázisainak átlagai a második feladatban a második osztályban

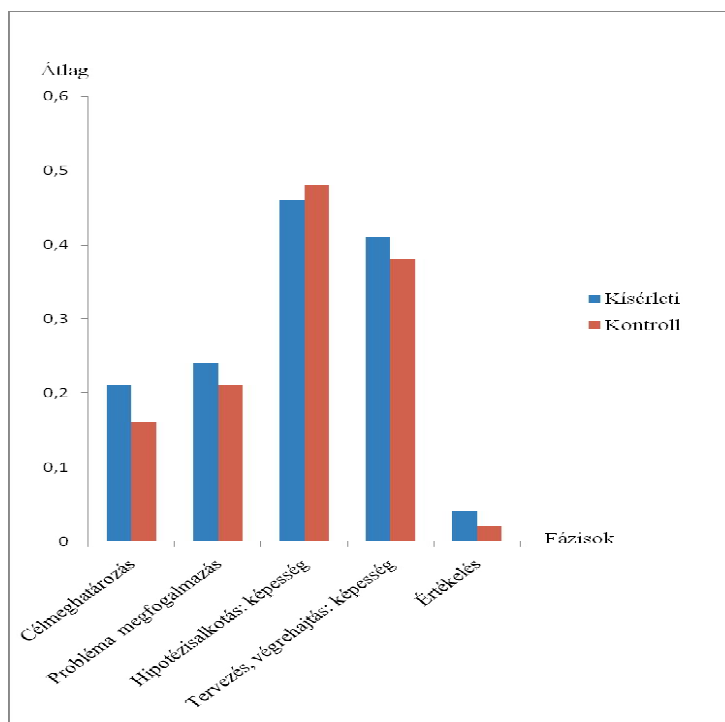
Harmadik osztály

A harmadik osztályos tanulók problémamegoldási folyamatának mintázata is ugyanazt a jellemző struktúrát mutatja, mint az előző két évfolyam (5.1.5. és 5.1.6. ábra). *Így a teljes harmadik évfolyamos mintát vizsgálva a didaktikai program hatása továbbra sem konstatálható teljes biztonsággal a megoldási folyamat struktúrájában, abban az életkor szerepe a meghatározó tényező.*



5.1.5. ábra

A problémamegoldási folyamat egyes fázisainak átlagai az első feladatban a harmadik osztályban



5.1.6. ábra

A problémamegoldási folyamat egyes fázisainak átlagai a második feladatban a harmadik osztályban

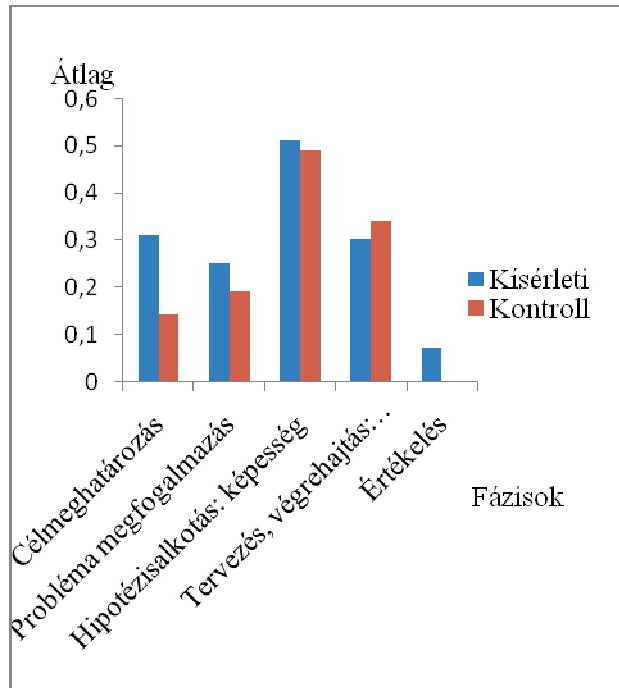
Negyedik osztály

A negyedik osztály változatosabb képet mutat az előző évfolyamokhoz képest. Az adott évfolyamok teljes mintáit vizsgálva az előzőekben egyik évfolyamon sem volt szignifikáns különbség a *célmeghatározás* kategóriákban sem a kísérleti és kontroll csoport azonos feladatai, sem a csoportokon belül az első és második feladat között. A negyedik tanulóknak esetében a Repeated Measure értékek a kísérleti és kontroll csoport azonos feladatai között szignifikánsan magasabb átlagot jeleznek a kísérleti csoportban (CochranQ (4) = 7,806, $p = 0,020$). A csoportokon belül azonban csak a kísérleti csoportban figyelhető meg az első és második feladat között szignifikáns különbség az első feladat javára (CochranQ (3)

= 7,732, $p = 0,025$) míg a kontroll csoportban ez nem jellemző. A *célmeghatározás esetében érhető nyomon* először a teljes minták vizsgálatában, hogy a *kísérleti csoport mindkét feladatban szignifikánsan jobb szintet ért el a kontroll csoporthoz képest. Ez a negyedik osztályban már feltételezhetően a didaktikai program hatása.* A probléma megfogalmazás fázisában a célmeghatározással ellentétben nem találtunk szignifikáns eltérést. Ez jól tükrözi a didaktikai program azon gyengeségét, miszerint az a célmeghatározás fejlesztésére igen, míg a probléma megfogalmazásának képességfejlesztésére nem helyezett kellő hangsúlyt. *A probléma megfogalmazás fázisában elért eredmények az életkor hatásának tudhatók be,* ami erősebbnek bizonyult a kísérleti program hatásánál. Ez az eredmény igazolta Knoblich, Ohlsson és Raney (2001) valamint Britz (1993) állítását, miszerint a kisiskolások problémamegoldó kompetenciái közül a leggyengébb láncszem a probléma reprezentációja, amit csak hosszan tartó, következetes és átfogó gyakorlás révén lehet érdemben fejleszteni.

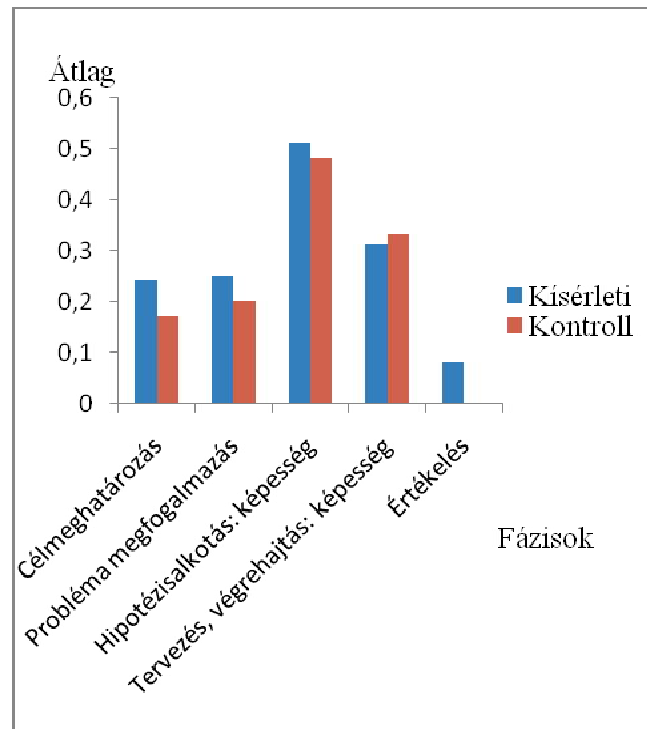
Az értékelés fázisában negyedik osztályban tapasztaltuk először, hogy a kísérleti csoport átlagai mindkét feladatban szignifikánsan magasabbak voltak a kontroll csoporthoz képest (9. melléklet). Ez azzal magyarázható, hogy a negyedik osztályban már több olyan tanuló volt, aki eljutott az absztrakt gondolkodásnak arra a szintjére, aminek birtokában a didaktikai program értékelésre gyakorolt fejlesztő hatásának eredményeként már képes volt a megoldás indoklására és értékelésére.

Az egyes fázisok csoportokon és feladaton belüli átlagait vizsgálva negyedik osztályban is ugyanaz a mintázat figyelhető meg, mint a korábbi években. *A hipotézisalkotás és tervezés képessége szignifikánsan magasabb szintet ért el a többi fázishoz képest, közöttük azonban nincs jelentős eltérés. A legalacsonyabb továbbra is az értékelés szintjére vonatkozó átlag mindkét csoportban és feladatban, de a kísérleti csoport átlaga már szignifikánsan magasabb a kontroll csoporthoz képest (CochranQ (1) = 7,827, $p = 0,015$).* A negyedik osztály problémamegoldási folyamatának mintázata is hasonló az előző évek folyamatstruktúrájához (5.1.7. és 5.1.8. ábra).



5.1.7. ábra

A problémamegoldási folyamat egyes fázisainak átlagai az első feladatban a negyedik osztályban



5.1.8. ábra

A problémamegoldási folyamat egyes fázisainak átlagai az első feladatban a negyedik osztályban

5.1.6. Összegzés

Összegzésként megállapítható, hogy a természettudományos problémamegoldás folyamatának struktúrája az alkalmazott didaktikai programtól függetlenül hasonló a vizsgált minta valamennyi évfolyamában. A általános iskola 1-4. osztályában a természettudományos problémamegoldás folyamatában a célmeghatározás és probléma megfogalmazás, hipotézisalkotás és tervezés képességéhez viszonyított szignifikánsan alacsonyabb szintje figyelhető meg. A problémamegoldás leggyengébb láncszeme a megoldás értékelése és annak magyarázata ebben az életkorban. Az absztrakció magasabb szintjére harmadik illetve negyedik osztályban jutnak el a tanulók, amit a célmeghatározás, probléma megfogalmazás és értékelés ezekre az évfolyamokra történő, előző évfolyamokhoz viszonyított szigni-

fikánsan magasabb szintjei igazolnak. Ugyancsak negyedik osztályra történik meg a vizsgált kategóriákban legmagasabb szintet jelentő, tudatos célmeghatározás és probléma megfogalmazás képességének nagyobb fokú fejlődése és a megoldásra vonatkozó gondolatok absztraktabb, tudományos nyelven történő kifejezése.

A természettudományos problémamegoldási folyamat alapstruktúráját a vizsgált mintában döntő módon az életkor határozta meg. A didaktikai program az egyes fázisok és dimenziók egymáshoz viszonyított arányát befolyásolta. Ez a hatás a harmadik és negyedik osztályban már jól megfigyelhető, míg az első és második osztályokban az életkor hatása az erősebb. A didaktikai program így a harmadikos és negyedikes gyermekek fejlődésére volt legnagyobb hatással.

A problémamegoldás fejlesztésének és fejlődésének feltétele, hogy a tanulók képesek legyenek a megoldáshoz szükséges absztrakt gondolkodásra. A vizsgálat bebizonyította, hogy életkor szerint a harmadik és negyedik osztályosok között már több olyan formális gondolkodással rendelkező tanuló található, akire a problémamegoldást explicit módon fejlesztő program pozitív hatással van. Ez azt jelenti, hogy már az általános iskola alsó tagozatában elkezdhető a természettudományos problémamegoldás eddigieknél tudatosabb fejlesztése, a meglévő és erőteljes fázisok megőrzése, szinten tartása és megerősítése illetve a gyengébb fázisok intenzívebb fejlesztése.

A vizsgálat eredményei arra is rávilágítottak, hogy egy problémamegoldást fejlesztő program (vagy bármilyen fejlesztő program) *hatását mindig befolyásolja a programban résztvevő csoportok kulturális háttere. A fejlesztő program hatásának értékelésekor nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy a tanulók milyen előképzettséggel rendelkeznek, mint ahogy azt sem, hogy mi történik az iskolában a fejlesztő program időtartama alatt. Ezek a háttértényezők jelentősen beleszólhatnak a fejlesztő program eredményeinek értelmezésébe. Ennek bizonyítékát láthattuk a magyar és német tanulók teljesítmény különbségeinek elemzésekor.*

Több ízben láthattunk példát arra is, hogy *a problémamegoldás folyamatának fejlődését befolyásolja a megoldáshoz szükséges előzetes ismeretek megléte illetve az, hogy ezek az ismeretek mennyire élnek frissen a tanulók emlékezetében.*

A mérés körülményei is szerepet játszhatnak a teljesítmények létrejöttében. A negyedik osztályos tanulók egyébként érthetetlen visszaesését a

tervezés és végrehajtás képesség dimenziójában azzal magyaráztuk, hogy az interjúban szereplő két problémafeladatot teljes egészében mentálisan kellett megoldani, nem állt rendelkezésükre konkrét eszköz és anyag a megoldás kivitelezéséhez a korábbi évfolyamokhoz hasonlóan. Így a megoldás végrehajtását fejben, fiktív módon, előző ismereteik és elképzeléseik alapján kellett megtervezni, ami még a negyedikes tanulók számára is túl nehéz feladatnak bizonyult.

A nemek közötti eltéréseket vizsgálva nem találtunk számottevő különbséget a fiúk és lányok között a problémamegoldás folyamatának kognitív struktúrájában. A megoldás egyes fázisait tekintve az első két évfolyamon azokban a fázisokban, ahol a fázis csoportokon és feladatokon belüli különbségeit a nyelvi kifejezőképesség jelentősen befolyásolta, a lányok voltak a jobbak. Harmadik és negyedik osztályban a tudományos nyelv használatában szintén megelőzték a fiúkat és rájuk ezekben az évfolyamokban és aldimenzióban a didaktikai pozitívabb hatást gyakorolt. Ezt a különbséget a két nem eltérő nyelvi és kommunikációs fejlődésével magyaráztuk.

5.2. A 9-10 éves tanulók természettudományos problémamegoldási folyamatának tudásszerkezet vizsgálata a tudástér-elmélet alapján

5.2.1. A vizsgálat előzményei

A tudástérelmélet a tudásszerkezet vizsgálatának egyik módszere (Doignon és Falmagne, 1999). A tudásszerkezet tudástér-elmélet alapján történő mérésének és értékelésének bevezetése Magyarországon Tóth Zoltán (2005, 2012) nevéhez fűződik.

A *tudástér (knowledge space)* valamely témakör (pl. tantárgy) megértéséhez szükséges tudás összességét jelenti. A matematikában és a természettudományokban ez általában problémák (feladatok) olyan csoportja, amelyet a tanulónak tudása alapján tudnia kellene megoldani. Ezek a problémák, illetve a megoldásukhoz szükséges ismeretek többé-kevésbé hierarchikus rendszert képeznek. Ez azt jelenti, hogy amennyiben egy tanuló meg tudja oldani a hierarchiában magasabb szinten lévő valamelyik feladatot, akkor elvárható, hogy a hierarchiában ez alatt lévő feladatokat is megoldja. Ezekből a hierarchiákból levezethető a lehetséges tudásállapotokból álló tudásszerkezet, amit a tudáselemek közötti kapcsolatok bemutatására szolgáló ún. Hasse diagramban tüntetünk fel (pl. 5. 2. 1. ábra) (Tóth, 2005; 2012).

A tudástérelmélet alapján lehetőségünk nyílik egy-egy tanulócsoport jellemző tudásszerkezetének modellezésére. Az eddigi kutatásokban eredményesen használták az ismeretek adaptív kikérdezésére (Abari és Máth, 2010), tanulócsoportok jellemző tanulási útjának (critical learning pathway) meghatározására (Taagepera és mtsai, 1997; Tóth és Kiss, 2006; 2007), a tudásszerkezet, mint hierarchikus hálózat felderítésére (Tóth, 2005; 2007; 2012; Tóth és Sebestyén, 2009). Sikeresen kombinálták a tudástérelméletet és a fenomenográfiát tanulói definíciók elemzésére (Tóth és Ludányi, 2007a; 2007b), és kiterjesztették minden olyan válaszkategória-térre, amelyben a válaszkategóriák nem zárják ki egymást, és közöttük valamilyen előfeltétel-kapcsolat létezik (Tóth és Kiss, 2009; Tóth mtsai, 2008). Az elemzés technikai részletei korábbi tanulmányokban található (Tóth, 2005; 2007; 2012). A tudástér-elmélet problémamegoldási folyamat elemzésére történő alkalmazására eddig nem találtunk példát.

Tóth Zoltán (2012) szerint a tudástér-elmélet kiterjesztésével minden olyan válaszkategória-tér elemezhető, amelyben a válaszkategóriák nem

zárják ki egymást, és közöttük előfeltétel-kapcsolat létezhet. *Amennyiben a problémamegoldás folyamatát egy olyan válaszkategória-térnek tekintjük, amelyben a válaszkategóriák a megoldási folyamat egyes fázisai és dimenziói és feltételezzük, hogy az egyes fázisok és dimenziók között előfeltételkapcsolat van, úgy a tudástér-elmélet segítségével a természettudományos problémamegoldás folyamatának tudásszerkezete is vizsgálható.*

A tudásszerkezet a tudásállapotok rendezett rendszerét jelenti (Tóth, 2012). A problémamegoldás folyamatában az adott tanulócsoporthoz tartozó tudásállapotain az egyes fázisok és dimenziók tanulók gondolkodásában való meglétét és fejlettségi szintjét értjük. A tanulócsoporthoz tartozó problémamegoldási folyamatára jellemző tudásszerkezetek ezeknek a fázisoknak és dimenzióknak az összerendezett rendszerei.

5.2.2. A vizsgálat célja és kérdései

A természettudományos problémamegoldási folyamat kisiskolás kori strukturális jellemzőinek és fejlettségi szintjének vizsgálata után arra kerestük a választ, hogy milyen a problémamegoldás folyamatának tudásszerkezete az általános iskola alsó tagozatában. *Ezzel az volt a célunk, hogy rávilágítsunk arra, hogy a vizsgált életkorban melyek azok a folyamat fázisok és dimenziók, amelyek fejlődése legintenzívebb és ezért fejlesztésre leginkább érzékenyek.*

A vizsgálat kérdései: 1) Melyek a természettudományos problémamegoldási folyamat jellemző tudásszerkezetei a megoldási folyamat különböző szintjein a kísérleti és kontroll csoportban? 2) Mi a jellemző tanulási (fejlődési) út a problémamegoldási folyamat egyes absztrakciós szintjein? 3) Melyek a megoldási folyamat fejlesztésre legérzékenyebb fázisai és dimenziói az általános iskola negyedik osztályában? 4) Milyen mértékben befolyásolja a „Rostock Modell” didaktikai program a természettudományos problémamegoldási folyamat tudásszerkezetét a vizsgált életkorban?

5.2.3. A vizsgálat mintája és módszerei

A vizsgálat mintáját a természettudományos problémamegoldási folyamat struktúráját és azok jellemzőit tanulmányozó korábbi vizsgálatban résztvevő ugyanazon negyedik osztályos tanulók képezték (kísérleti csoport: 80 tanuló, kontroll csoport: 69 tanuló) (5.2.1. táblázat). Azért erre az

évfolyamra esett a választás, mert a negyedikesek között már több olyan tanuló volt, aki eljutott a problémamegoldás általunk vizsgált legmagasabb absztrakciós szintjeire (lásd. 5. 1. alfejezet), ami több szintű elemzést tett lehetővé.

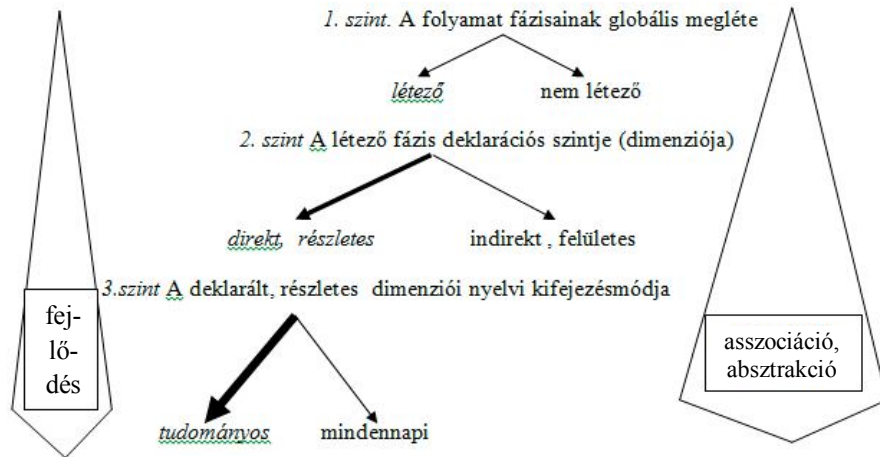
| Évfolyam | Csoport | Budapest (tanuló) | Debrecen (tanuló) | Rostock (tanuló) |
|----------|-----------|-------------------|-------------------|------------------|
| 4. | kísérleti | 27 | 26 | 27 |
| | kontroll | 24 | 15 | 30 |

5.2.1. táblázat

A vizsgálat mintájának megoszlása

A vizsgálati módszer itt is a *félíg strukturált egyéni interjú* volt. Az elemzés során a strukturávizsgálatban szereplő feladatok értékeléséből származó adatokat használtuk fel. Abban a vizsgálatban a fázisok nyelvi kifejezőmódjának elemzésekor nem vettük figyelembe a célmeghatározás és probléma megfogalmazás fázisokat, mivel a problémafeladatok megoldása az első három évfolyamban nem, vagy csak kis mértékben igényelte a tudományos megfogalmazást a többi fázishoz képest. A negyedik osztályban már ezekben a fázisokban is gyakrabban szerepelt a tudományos megfogalmazás (bár jóval kisebb mértékben, mint a többi fázisban), de az alsóbb évfolyamok eredményei miatt ezt sem vettük figyelembe. *Ebben a vizsgálatban azonban már felhasználtuk a negyedikesek célmeghatározás és probléma megfogalmazás nyelvi kifejezőmódjára vonatkozó adatokat is, mivel a megoldási folyamat tudásszerkezetében azok lényeges tudásállapotot képviseltek.* A tudásszerkezet részletesebb vizsgálata érdekében a *tervezés és végrehajtás képesség dimenziójában* azt is elemeztük, hogy a tanulók tervei mennyire *részletesek és így azt a fázis magasabb absztrakciós szintjének tekintettük a kevésbé részletes, felületes terv deklarációhoz képest* (5.2.1. ábra).

A 9-10 éves tanulók problémamegoldó folyamatának strukturáját ebben a vizsgálatban három szinten tanulmányoztuk, amelyek az egyes fázisok sajátságait egyre mélyebben tárják fel (5.2.1. ábra)



5.2.1. ábra

A problémamegoldás folyamatának háromszintű modellje a megoldási folyamat tudásszerkezetének vizsgálatában

Az 5.2.1. ábrán szereplő fázisokat jellemzőik alapján háromszor mértük a kísérleti csoportban: a) a kísérleti tanítás előtt, b) közvetlenül utána (a tanítás előtti mérés után két hónappal), c) a kísérleti tanítás befejezése után négy hónappal. A *kontroll csoportban* is hasonlóan jártunk el, természetesen a fejlesztő kísérlet kihagyásával. Az itt közölt eredmények azonban csak a harmadik mérésre vonatkoznak, amelyek a fejlesztő program eredményeként létrejött állandósult tudást tükrözik. Így a kontroll csoport esetében is a harmadik mérés eredményeit kellett figyelembe vennünk az összehasonlíthatóság érdekében. A pontozás során egy pontot adtunk akkor, ha az adott fázis vagy dimenzió jelen volt a tanuló válaszaiban, míg ellenkező esetben nullát.

Az egyes szintek tudásszerkezetét a tudástérelmélet segítségével jellemeztük. Meghatároztuk az egyes szintek *szakértői hierarchiáit*, majd a kísérleti és kontroll csoportok *egyes szintekre* vonatkozó tudásszerkezetét és jellemző tanulási útjait. Vizsgáltuk, hogy az adott szinten *melyik fázis befogadására képesek leginkább* a kísérleti és kontroll csoport tagjai.

5.2.4. Eredmények és értékelésük

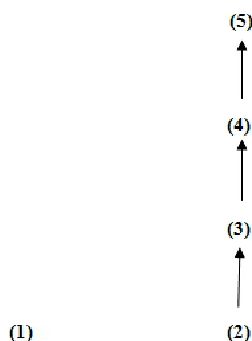
1. szint

A vizsgálat első részében az eddigi kutatások eredményeként megalkotott modellek alapján Falmagne és munkatársai (1990) módszerét felhasználva szakértői hierarchiát szerkesztettünk (Tóth, 2012). Ennek a módszernek a lényege a következő: „*Igaz-e, hogy ha a tanuló nem tudja megoldani a p feladatot, akkor biztosan nem tudja megoldani a p' feladatot sem?*” (Falmagne és mtsai, 1990, idézi: Tóth, 2010, 62. o.). Ha a válasz „igaz”, akkor a feladatok/fázisok egymással való kapcsolatát feltüntető relációtáblázatba 1-t, amennyiben nem igaz, 0-t írunk.

| | 1 Célmeg- határozás | 2 Probléma- megfogal- mazás | 3 Hipotézis- alkotás | 4 Tervezés és végre- hajtás | 5 Értékelés |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------|
| 1 Célmeg- határozás | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 Probléma- megfogalmazás | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 Hipotézis- alkotás | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 Tervezés, kivite- lezés | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 5 Értékelés | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Összesen | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |

5.2.2. táblázat

A problémamegoldási folyamat Pólya-féle (1986) lineáris modelljének lehetséges relációtáblázata az 1. szinten



5.2.2. ábra

*Az 5.2.2. táblázat alapján létrehozható szakértői hierarchia
(szakértői tudásszerkezet)*

Az 5.2.2. táblázat adatai szerint a célmeghatározás kívül esik a problémamegoldás lineáris modell által meghatározott folyamatán. Azért került be mégis a vizsgálandó elemek közé, mert együttjár a probléma megfogalmazásával. Akkor, amikor egy problémát definiálunk, egyúttal utalást teszünk a megoldás céljára is (pl. „A probléma az, hogy a tóba kerülő szennyeződés miatt az élővilág károsodik, így a szennyeződést meg kell szüntetni, vagy megelőzni.” Az utolsó tagmondat a megoldás céljára utal). Az 5. 2. 2. táblázatot elemezve így érthető, miért szerepel 0 pont a célmeghatározás és a többi elem relációjában. Azért, mert attól még, hogy valaki nem tudja megfogalmazni a megoldás célját, képes lehet a többi elem megkonstruálására. A továbbiakban a problémamegoldást a Pólya-féle modellt szigorúan értelmezve, annak logikai menetét és sorrendjét vettük alapul (problémafelvetés és megfogalmazás, hipotézisalkotás, tervezés, kivitelezés, értékelés), és feltételeztük, hogy ezek az elemek a megoldás folyamatában egymásra épülnek és ebben a sorrendben követik egymást.

Az 5.2.2. ábra értelmezése a következő. A hipotézisalkotás az adott probléma megfogalmazását és/vagy a probléma megoldásának célját követő lépés a megoldási folyamatban és feltétele a tervezés, kivitelezés és értékelés fázisok meglétének.

Az értelmi fejlődés folyamatát tekintve ezeknek a lépéseknek, mint képességszinteknek a megjelenése a formális gondolkodás időszakában egy-

időben, különböző fejlettségi szinten történik, amelyek a hipotetikus gondolkodás elengedhetetlen összetevői. Az 5. 2. 2. ábra és az alábbi elemzések azonban azt bizonyítják, hogy ezek a folyamatlépések hierarchikus kapcsolatban vannak egymással. Ez azt jelenti, hogy időbeli eltérés van az egyes elemek megjelenése között, és valószínű, hogy legkésőbb a legmagasabb absztrakciót igénylő elemek, mint például az értékelés érik el a legmagasabb fejlettségi szintet.

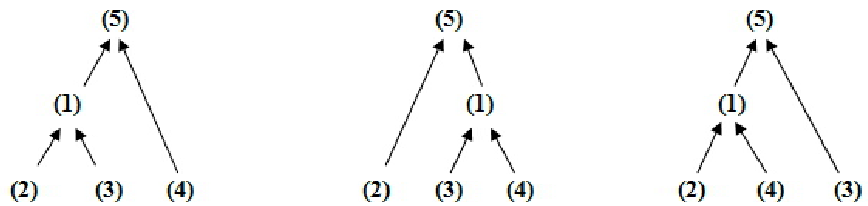
Az 5. 2. 2. ábráról az is leolvasható, hogy tervezni és értékelni csak akkor tudunk, ha van mit, azaz van igazolható hipotézis, ami viszont valamilyen megfogalmazott probléma megoldására vonatkozó feltételezés.

A szakértői hierarchia után a *kísérleti és kontroll csoport tudásszerkezetét* elemeztük az 1. szinten. Az 1. szintre vonatkozó Hasse-diagramok megszerkesztéséhez a tanulók válaszai alapján elkészítettük a vizsgálatban szereplő két feladat megoldása során együttesen előforduló fáziskombinációk táblázatát (5.2.3. táblázat).

| <i>Célmeghatározás</i> | <i>Probléma megfogalmazás</i> | <i>Hipotézisalkotás</i> | <i>Tervezés és végrehajtás</i> | <i>Értékelés</i> | <i>Kísérleti</i> | <i>Kontroll</i> |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 38 | 63 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 |

5.2.3. táblázat

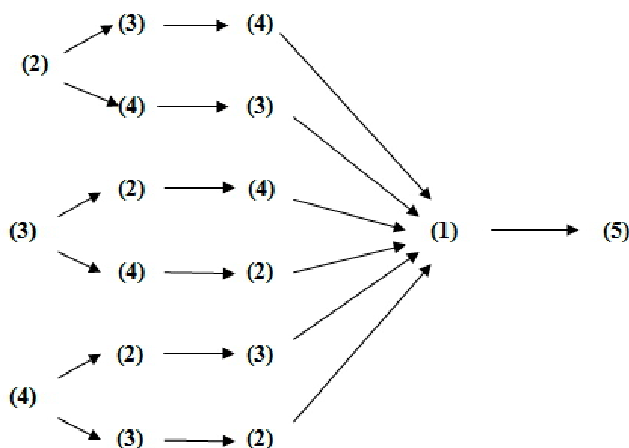
A vizsgálatban szereplő két feladatban együttesen előforduló fáziskombinációk a kísérleti és kontroll csoportban az 1. szinten (1: az adott fázis megfigyelhető volt; 0: az adott fázis nem volt megfigyelhető a megoldás során)



5.2.3. ábra

*A problémamegoldási folyamat 1. szintjének tudásszerkezetére vonatkozó Hasse-diagramok a kísérleti csoportban
(illeszkedések: 94,52%)*

A kísérleti csoport Hasse-diagramjai (5. 2. 3. ábra) azt mutatják, hogy a legmagasabb absztrakcióval bíró szint az értékelés, amelynek feltétele, hogy a tanulók képesek legyenek a megoldás célját, és a problémát meghatározni, tudjanak hipotézist alkotni és az azok igazolását jelentő folyamatot megtervezni. (Amennyiben az egyes tanulók tudás, itt képességállapotát felmérnénk, valószínű az értékelés lenne az a szint, ahova a legkevesebb tanuló jut el. Ez összhangban van az erre vonatkozó struktúravizsgálat (lásd 5. 1 fejezet) eredményével is). A vizsgált mintában az értékelés alatt lévő következő szint a célmeghatározás, aminek feltétele a probléma megfogalmazása, illetve a hipotézisalkotás és tervezés képessége. Ez a tudásszerkezet *eltérést mutat a szakértői hierarchiától*, és azt szemlélteti, hogy a 9-10 éves tanulóknak még nehézséget okoz a megoldás céljának megfogalmazása és ezen még a célzott kísérleti tanítás sem változtatott jelentős mértékben.



5.2.4. ábra

A problémamegoldási folyamatra jellemző tanulási utak az 1. szinten a kísérleti csoportban

A tanulási utakat tekintve a kísérleti csoportban három tanulási út volt megfigyelhető, amelyeket három egymást követő nagy blokkra lehet osztani. Az *elsőként* megjelenő fázisok a tanulás folyamatában *a probléma megfogalmazása, a hipotézisalkotás, a tervezés és kivitelezés, a második blokk* és egyben magasabb szint is *a célmeghatározás*, míg a *harmadik* legkésőbb elsajátított elem az *értékelés*. Ez utóbbi két fázis tehát az, aminek fejlesztésére az eddigieknél nagyobb hangsúlyt kell fektetni a problémamegoldás képességének kialakításakor az általános iskola alsó tagozatában.

Ezt bizonyítja a *kritikus elem* meghatározása is. *A kritikus elem a tudásszerkezet azon eleme, amelynek elsajátítására a tanulócsoport legtöbb tagja fel van készülve* (Tóth, 2005; 2007; 2012). Az 5. 2. 4. táblázat adatai szerint a kísérleti és kontroll csoport tagjai is egyaránt az értékelés lépésének befogadására vannak felkészülve leginkább 9-10 éves korban. A kísérleti tanítás hatása itt abban nyilvánul meg, hogy a kontroll csoport esetében a kritikus elem befogadására több tanuló áll készen, mivel a kísérleti csoportban a célzott tanulási módszerek (kísérletezés) révén a tanulók már korábban is gyakorolták a megoldási folyamat értékelés fázisát, így közöttük többen voltak képesek negyedik osztályra a megoldás értékelésére.

| <i>Csoport</i> | <i>Célmeghatározás</i> | <i>Probléma megfogalmazás</i> | <i>Hipotézis-alkotás</i> | <i>Tervezés, kivitelezés</i> | <i>Értékelés</i> |
|----------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------|
| Kísérleti | 11,45 % | 0,12 % | 0,35 % | 4,96 % | 44,61 % |
| Kontroll | 14,51 % | 0,11 % | 2,26 % | 8,78 % | 79,08% |

5.2.4. táblázat

Az egyes fázisok befogadására kész tanulók aránya a kísérleti és kontroll csoportban az 1. szinten

A *kontroll csoport* esetében nem volt kimutatható jellemző Hasse-diagram, így a tanulási út mintázata feltételezhetően a kísérleti csoportéhoz hasonló. Ez arra bizonyíték, hogy a kísérleti tanítás hatása jóval gyengébb volt a problémamegoldás folyamatának fejlesztésében, kevésbé befolyásolta az egyes elemek globális meglétét és sorrendjét, mint az életkori hatás.

2. szint

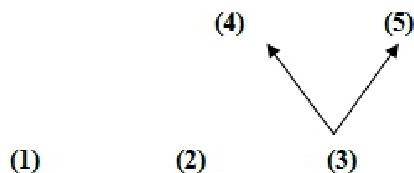
A 2. szinten azt vizsgáltuk, hogyan változik a 6.2. ábrán lévő, 1. szintre jellemző szakértői hierarchia, ha a részletekbe megyünk, és a magasabb absztrakciós szintet jelentő tudatosság és részletesebb kidolgozottság szempontjából elemezzük az egyes lépéseket (*direkt, tudatos célmeghatározás*: pl. Az a célom, ... vagy Azért csinálom, mert ...kezdetű mondatok; *direkt, tudatos probléma megfogalmazás*: pl. A probléma az, hogy..., vagy bevezetés nélkül a lényeg megfogalmazása: „A tó vizét meg kell tisztítani, mert...” stb.; *részletes tervezés*: ha a tervnek minden egyes részletét helyes logikai sorrendben tudja megfogalmazni).

| | 1 <i>Direkt célmeg- határozás</i> | 2 <i>Direkt probléma megfogal- mazás</i> | 3 <i>Hipotézis- alkotás</i> | 4 <i>Részletes tervezés és végrehaj- tás</i> | 5 <i>Értékelés</i> |
|--|--|---|------------------------------------|---|-----------------------|
| 1 Direkt célmeg- határozás | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 Direkt probléma- meghatározás | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 3 Hipotézisalkotás | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 Részletes terve- zés, kivitelezés | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 5 Értékelés | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Összesen | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |

5.2.5. táblázat

A problémamegoldási folyamat Pólya-féle (1986) lineáris modelljének lehetséges relációtáblázata az 2. szinten

Az 5.2.5. táblázatból leolvasható, hogy attól, hogy valaki nem direkt módon fogalmazza meg a probléma lényegét, a többi fázis kifejezésre juthat a megoldás folyamatában. Ellenben, ha nem tud hipotézist alkotni, úgy az azt követő elemek sem jelennek meg. A részletes tervezés és kivitelezés képességének hiánya azt jelenti, hogy ettől függetlenül a tanuló még rendelkezhet a tervezés alacsonyabb szintjével, és így képes lehet az összes többi elem megalkotására is.



5.2.5. ábra

A 5. 2. 5. táblázat alapján létrehozható szakértői hierarchia (szakértői tudásszerkezet)

Az 5.2.5. ábra szerint a szakértői utat követve a részletes tervezés és értékelés lépések feltétele a hipotézisalkotás. *Azaz a részletes tervezés és végrehajtás illetve az értékelés magasabb, míg a direkt célmeghatározás és probléma megfogalmazás azonos szinten van a hipotézisalkotás képességével.*

Míg az 5.2.5. ábra szakértői hierarchiája követi a Pólya-féle lineáris modell elemsorrendjét, addig az 5.2.5. ábrán azt látjuk, hogy a hipotézisalkotás képessége független a probléma felismerésének és megfogalmazásának direkt vagy indirekt módjától, a feltétel annak valamilyen formában és fejlettségi szinten történő megléte.

Az 5.2.5. ábrán lévő szakértői hierarchia szerint így az egyes fázisok dimenziói lehetnek különböző absztrakciós szintek, de ezeknek a dimenzióknak a szintje nem befolyásolja a lineáris struktúra magasabb szintjén jelen lévő következő fázisra történő átlépést.

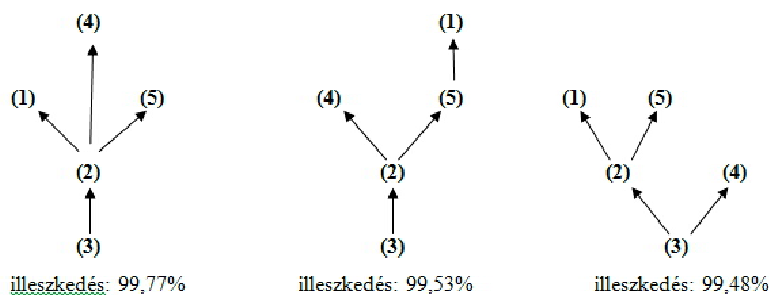
A kísérleti csoport Hasse-diagramjainak elemzése alapján a legmagasabb szintre a deklarált célmeghatározás, értékelés és részletes tervezés került, aminek feltétele az, hogy tudja a gyerek a problémát is tudatosan megfogalmazni. Azaz, ha megfigyelhető valamelyik elem tudatossága, valószínű a többi is hasonló kifejezést nyer. Ez egy magasabb fokú metakognícióra utal.

| <i>Direkt célmeghatározás</i> | <i>Direkt probléma megfogalmazás</i> | <i>Hipotézisalkotás</i> | <i>Részletes tervezés és végrehajtás</i> | <i>Értékelés</i> | <i>Kísérleti</i> | <i>Kontroll</i> |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|------------------|------------------|-----------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 15 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 15 | 11 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 2 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 12 | 43 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 9 | 7 |

| <i>Direkt célmeghatározás</i> | <i>Direkt probléma megfogalmazás</i> | <i>Hipotézisalkotás</i> | <i>Részletes tervezés és végrehajtás</i> | <i>Értékelés</i> | <i>Kísérleti</i> | <i>Kontroll</i> |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|------------------|------------------|-----------------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

5.2.6. táblázat

A vizsgálatban szereplő két feladatban együttesen előforduló fáziskombinációk a kísérleti és kontroll csoportban a 2. szinten (1: az adott fázis vagy dimenziója megfigyelhető volt; 0: az adott fázis vagy annak dimenziója nem volt megfigyelhető a megoldás során)

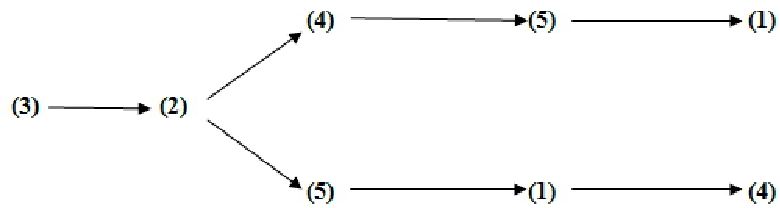


5.2.6. ábra

A problémamegoldási folyamat 2. szintjének tudásszerkezetére vonatkozó Hasse-diagramok a kísérleti csoportban

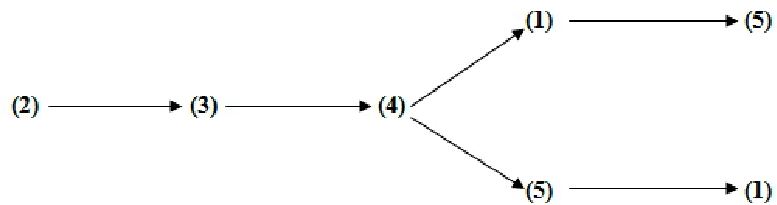
Az 5.2.6. táblázat fáziskombinációiból kiindulva a Hasse-diagramok (6.6. ábra) azt mutatják, hogy a szakértői hierarchiával ellentétben (6.5. ábra) a kísérleti csoportban a hipotézisalkotás mindig előfeltétele a *direkt probléma* megfogalmazásnak. A kísérleti csoport eredménye valószínű azzal magyarázható, hogy a kísérleti tanítás során a hipotézisalkotás nagy hangsúlyt kapott, míg a probléma tényleges megfogalmazása olykor másodlagos tényezőként szerepelt. A kontroll csoportban itt sem sikerült jellemző tudásszerkezetet kimutatni.

A „Rostock Modell” program egyik célja a tanulási folyamat tudatosítása volt a gyermekekben. Módszerei között központi szerephez jutott a kísérletezés, ami által tanultak problémát megfogalmazni, hipotézist alkotni, tervezni és értékelni (bár nem azonos súllyal). A Hasse-diagrammok és a tanulási utak meghatározása után elmondható, hogy már volt olyan tanulási út, ahol a részletes tervezést megelőzően alakult ki az értékelés és tudatos célmeghatározás képessége. Ez feltételezhetően a didaktikai program hatása, mivel a *kontroll csoportban* a tudatos célmeghatározás és értékelés minden esetben a tanulási út legvégére került (5.2.7. és 5.2.8. ábra).



5.2.7. ábra

A problémamegoldási folyamatra jellemző tanulási utak a 2. szinten a kísérleti csoportban



5.2.8. ábra

A problémamegoldási folyamatra jellemző tanulási utak a 2. szinten a kontroll csoportban

| <i>Csoport</i> | <i>Direkt célmeghatározás</i> | <i>Direkt probléma megfogalmazás</i> | <i>Hipotézisalkotás</i> | <i>Részletes tervezés és végrehajtás</i> | <i>Értékelés</i> |
|----------------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|------------------|
| Kísérleti | 49,27 % | 13,55 % | 2,96 % | 40,22 % | 38,53 % |
| Kontroll | 88,48 % | 10,00 % | 7,83 % | 66,44 % | 69,80 % |

5.2.7. táblázat

Az egyes fázisok befogadására kész tanulók aránya a kísérleti és kontrollcsoportban a 2. szinten

A 2. szint kritikus elemeinek meghatározása szintén a Hasse-diagramok és a tanulási utak tanulságait igazolja (5.2.7. táblázat). A problémamegoldás folyamatának tanulásában mind a kísérleti, mind a kontroll csoport esetében a többi fázis után a *direkt célmeghatározás elsajátítása a következő lépés, mellette szorosan a részletes tervezés, kivitelezés és értékelés*. A kísérleti csoport értékei itt is alacsonyabbak a program hatásának köszönhetően.

A pedagógus számára fontos információ tehát, hogy az általános iskola *negyedik osztályában (9-10 éves tanulók) már nemcsak a hipotézisalkotás és probléma megfogalmazás gyakorlása a feladat, hanem a tudatosságra való törekvés a megoldás céljának meghatározásában, tervezésében és értékelésében. Mindez azonban csak akkor történhet így, ha az adott tanulócsoport problémamegoldó gondolkodását tervezetten, fokozatosan és az életkori sajátosságokat figyelembe véve végezzük az általános iskola első osztályától kezdve.*

3. szint

A 3. szint az általunk vizsgált szempontok szerint az elérhető legmagasabb szint. Azt jelenti, hogy az adott fázis, azontúl, hogy tudatos vagy teljes kidolgozottsággal kerül megfogalmazásra, még nyelvezetében is a magasabb kognitív szintet jelentő természettudományos kifejezőmódot alkalmazza.

| | <i>1 Direkt, tudományosan megfogalmazott célmeghatározás</i> | <i>2 Direkt, tudományosan megfogalmazott probléma megfogalmazás</i> | <i>3 Tudományosan megfogalmazott hipotézisalkotás</i> | <i>4 Tudományosan megfogalmazott részletes tervezés és végrehajtás</i> | <i>5 Tudományosan megfogalmazott értékelés</i> |
|---|--|---|---|--|--|
| 1 Direkt, tudományosan megfogalmazott célmeghatározás | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 Direkt, tudományosan megfogalmazott probléma megfogalmazás | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 3 Tudományosan megfogalmazott hipotézisalkotás | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 Tudományosan megfogalmazott részletes tervezés és végrehajtás | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 5 Tudományosan megfogalmazott értékelés | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Összesen | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |

5.2.8. táblázat

A problémamegoldási folyamat Pólya-féle (1986) lineáris modelljének lehetséges relációtáblázata az 2. szinten

(1) (2) (3) (4) (5)

5.2.9. ábra

*Az 6.8. táblázat alapján létrehozható szakértői hierarchia
(szakértői tudásszerkezet)*

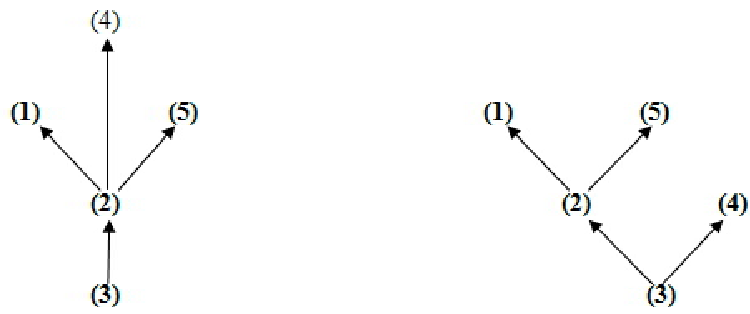
Az 5.2.8. táblázat adatai értelmében, ha a tanuló egy adott fázist nem tud tudományos nyelven megfogalmazni, attól még képes lehet a többi fázis tudományos vagy mindennapi megfogalmazására. Így itt a szakértői hierarchia (5.2.9. ábra) az egyes lépések azonos szintjét mutatja, közöttük nincs összefüggés. *Azaz a tudományos kifejezésmód nem befolyásolja a folyamat lépéseinek hierarchiáját, csupán az adott elem egy magasabb absztrakciós szintjét jelenti.*

A vizsgálat szerint *a kísérleti csoport* a szakértői hierarchiához képest teljesen más képet mutat (5.2.9. táblázat és 5.2.10. ábra). A Hasse-diagramok szerint a hipotézisalkotás tudományos nyelven történő megfogalmazása feltétele az összes többi elem hasonló megfogalmazásának. A másik kiindulópont a direkt probléma megfogalmazás tudományos kifejezésmódja. Aki erre képes, az nagy valószínűséggel a többi fázist is természet tudományos nyelven fogja megfogalmazni.

| <i>Direkt, tudományos megfogalmazott célmeghatározás</i> | <i>Direkt tudományosan megfogalmazott probléma megfogalmazás</i> | <i>Tudományosan megfogalmazott hipotézisalkotás</i> | <i>Tudományosan megfogalmazott részletes tervezés és végrehajtás</i> | <i>Tudományosan megfogalmazott értékelés</i> | <i>Kísérleti</i> | <i>Kontroll</i> |
|--|--|---|--|--|------------------|-----------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 7 | 7 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8 | 4 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 3 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 10 | 9 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 22 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 11 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 | 0 |

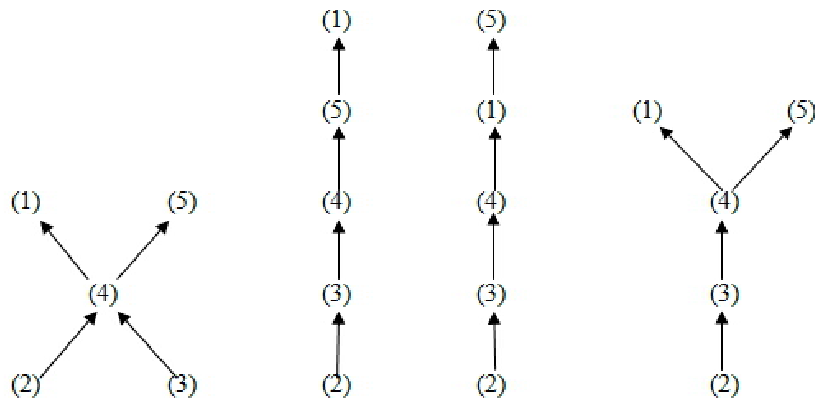
5.2.9. táblázat

A vizsgálatban szereplő két feladatban együttesen előforduló fáziskombinációk a kísérleti és kontroll csoportban az 3. szinten (1: az adott dimenzió megfigyelhető volt; 0: az adott dimenzió nem volt megfigyelhető a megoldás során)



5.2.10. ábra

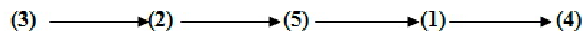
A problémamegoldási folyamat 3. szintjének tudásszerkezetére vonatkozó Hasse- diagramok a kísérleti csoportban (illeszkedések: 99,93%)



5.2.11. ábra

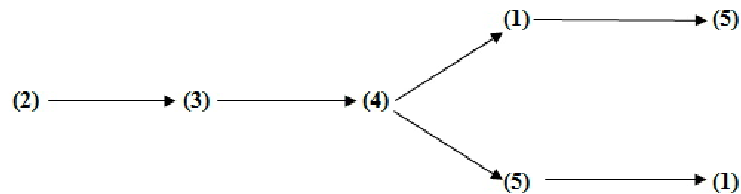
A problémamegoldási folyamat 3. szintjének tudásszerkezetére vonatkozó Hasse-diagramok a kontroll csoportban (illeszkedések: 99,94–99,98 %)

A tanulási út egyirányú hierarchiát mutat a tudományosan megfogalmazott hipotézis, probléma megfogalmazás, értékelés, célmeghatározás és tervezés irányába (5.2.12. ábra). A kulcselem ebben a sorban tehát a hipotézisalkotás tudományos nyelven történő megfogalmazása. Aki már elért erre a szintre, a többi 3. szintre jellemző lépés megjelenésére is számíthat. Ez a folyamat gyorsítható, stabilabbá tehető a megfelelő tanítási módszer segítségével.



5.2.12. ábra

A problémamegoldási folyamatra jellemző tanulási utak a 3. szinten a kísérleti csoportban



5.2.13. ábra

A problémamegoldási folyamatra jellemző tanulási utak a 3. szinten a kontroll csoportban

A kísérleti csoport tanulási útjának vége nagy hasonlóságot mutat a 2. szintre jellemző tanulási úttal, miszerint a tudományos nyelven megfogalmazott értékelés és célmeghatározás a tanulás folyamatában itt is a tudományos, részletes tervezés elé került. Ennek oka ismét a kísérleti tanítás célmeghatározást és értékelést erősítő jellege, másrészt az lehet, *hogy a hipotézis igazolására szolgáló részletes tervezés összetett előzetes ismeretrendszer felidézését és alkalmazását igényli (ráadásul tudományos nyelven). Ez csak többszörös absztrakció útján történhet, ami a vizsgált életkorban az egyik legnehezebb feladat a tanulók számára.* A kvantitatív

értékelés (struktúrávizsgálat, lásd 5. fejezet) szerint azonban sok tanuló eljutott erre a szintre is, szignifikánsan jobb átlagot produkálva a tudományos nyelven megfogalmazott értékeléshez (egyáltalán az értékeléshez) képest.

A *kontroll csoport* Hasse-diagramjai (5. 2. 13. ábra) a kísérleti csoportnál is változatosabb képet mutatnak. Egyik jellemző pontjuk a tudományos részletes tervezés, amelynek előfeltétele a hasonló nyelven történő probléma megfogalmazás és hipotézisalkotás. *A tervezés ugyanakkor az értékelés és célmeghatározás képességének előzménye.* Találhatunk a diagramok között olyan lineáris struktúrákat is, amelyek a kísérleti csoport tanulási útjához hasonlóak azzal a különbséggel, hogy itt a célmeghatározás és értékelés soha nem előzi meg a tervezés lépését.

Alapvető különbség a kísérleti csoporthoz képest, hogy itt nem a hipotézisalkotás a meghatározó, hanem a tudományosan deklarált probléma megfogalmazás. Ez áll a tanulási út legelején és minden csak utána következik. *Annak, hogy a kísérleti csoport először a hipotézis tudományos nyelven történő megfogalmazását tanulja meg, nagyrészt oka a kísérleti tanítás ezen elemre irányuló fokozott fejlesztési törekvése. A kontroll csoport e tekintetben az életkorra jellemző utat mutatja, először a kevésbé absztrakt probléma megfogalmazás jelenik meg.*

| Csoport | Direkt cél-meghatározás tudományos nyelven | Direkt probléma megfogalmazás tudományos nyelven | Hipotézis alkotás tudományos nyelven | Részletes tervezés, kivitelezés tudományos nyelven | Értékelés tudományos nyelven |
|-----------|--|--|--------------------------------------|--|------------------------------|
| Kísérleti | 52,49 % | 29,99 % | 14,99 % | 67,25 % | 61,25 % |
| Kontroll | 88,57% | 50,00 % | 62,82 % | 84,22 % | 89,91 % |

5.2.10. táblázat

Az egyes fázisok befogadására kész tanulók aránya a kísérleti és kontroll csoportban a 3. szinten

A 3. szint kritikus elemeinek tanulmányozásakor a 2. szintez hasonló következtetésekhez juthatunk (5.2.10. táblázat). Továbbra is a *célmeghatározás és értékelés fejlesztése az, amire életkorukból adódóan a 9-10 éves tanulók esetében nagy hangsúlyt kell fektetni.* Ugyanakkor azt is lát-

jük hogy a megoldás menetének kifejtése során a tudományos ismeretek verbális alkalmazására a problémamegoldás folyamatának egész menetében nyomatékosan figyelni kell. *A kísérleti tanítás hatása itt is megmutatkozik és egyben bizonyítja, hogy ha tudjuk azt, hogy az adott életkorban és időintervallumban a megoldási folyamat melyik lépésének fejlesztése aktuális, akkor annak feltárása, erősítése és gyakorlása révén hozzájárulhatunk annak fejlődéséhez.*

5.2.5. Összegzés

A tudástérelmélet lehetőséget biztosít arra, hogy segítségével jellemezzük egy adott tanulócsoporthoz problémamegoldási folyamatának tudásszerkezetét. Alkalmos egy kísérleti tanítás után a problémamegoldás strukturális különbségeinek kimutatására a kísérleti és kontroll csoport között, ami rámutat arra, mi az életkori hatás eredménye és mi az, ami a fejlesztő módszerek segítségével befolyásolható.

Vizsgálatunkban a „Rostock Modell” didaktikai program hatását teszteltük a Pólya-féle lineáris modell szerkezete alapján az általános iskola negyedik osztályában. A három különböző szinten végzett elemzés egyik konklúziója az, hogy *a lineáris modell fázisainak tanulási sorrendje időlegesen befolyásolható célzott tanítási-tanulási módszerekkel.* Ez nem jelenti azt, hogy a problémamegoldás öröklötten kialakuló folyamata felbomol, csupán azt, hogy az adott módszer segítségével a gyerek bizonyos elemeket hamarabb tanul meg megfogalmazni, deklarálni a többi elemhez képest. Így vizsgálatunkban *a kísérleti csoportban az adott fázisok egyre magasabb szintű elemzésénél azt láttuk, hogy a hipotézisek megfogalmazása hamarabb megtörténik a tanulás folyamatában, mint a probléma megfogalmazása, továbbá, hogy számukra a célmeghatározás és értékelés a legnehezebb feladat.*

A didaktikai program abból a feltételezésből indult ki, hogy ezek között a tanulók között már vannak olyanok, akik eljutottak a formális gondolkodás szintjére, így a problémamegoldás folyamatának tudatosítására irányuló módszerek alkalmazhatók az ismeretszerzés folyamatában. Ugyanakkor azt is feltételezte, hogy ez a problémamegoldás még nem teljes struktúrájú, a magasabb szintű absztrakciót igénylő fázisok és dimenziók még nem jutottak el a megfelelő szintre. Így komplex módon próbálta a feltételezhetően meglévő, stabilabb és a gyengébb folyamatok fejlesztését is elérni. A lineáris modell elemei közül *nem fektetett kellő*

hangsúlyt a probléma megfogalmazására, míg módszeresen fejlesztette a célmeghatározás, hipotézisalkotás, tervezés és értékelés képességét. Ennek tudható be, hogy a kontroll csoporthoz képest a kísérleti csoportban az elemek megjelenésének magasabb szintjein (2. és 3. szint) az értékelés és célmeghatározás elemek előbbre kerültek a tanulási utakban, illetve hogy a kísérleti csoport hamarabb tanulta meg a hipotézisalkotás magasabb szintjét a klasszikusan öt megelőző probléma megfogalmazáshoz képest. A sorrend időleges befolyásolhatósága azt is jelenti, hogy egy 9-10 éves gyerek problémamegoldó képessége még nagyon képlékeny. A megoldási folyamat fázisai és azok sorrendje már létezik (és ez valószínű öröklött sajátosság, mivel problémát az is tud ösztönösen megoldani, akivel ezt soha nem tanították), de az egyes fázisok még nem egyforma erősségűek és stabilak a tanulóknban.

Abból kiindulva, hogy a *probléma megfogalmazása, és a hipotézisalkotás képessége* szinte minden esetben feltétele volt a többi elem megjelenésének, azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a klasszikus sorrendhez hasonlóan ezek *célzott fejlesztésére már az általános iskola első osztályától kezdve figyelni kell.* Ennek a két elemnek a megerősítése feltétele a tervezésnek, *célmeghatározásnak és értékelésnek*, aminek a megtanulására, tudatossá tételére már a 9-10 éves tanulók többsége fel van készülve, így a negyedik osztályban már sor kerülhet ezek nyomatékos fejlesztésére. Mindamellett azt is szem előtt kell tartani, hogy a problémamegoldás folyamata egységes egész, nincs fontos vagy kevésbé fontos fázisa. Bármelyik hiányzik vagy nem megfelelő a fejlettségi szintje, az a megoldás kudarcához vezethet. Így egyik vagy másik elem hangsúlyosabb fejlesztése nem jelenti azt, hogy a többire nem fordítunk figyelmet. Csupán azt, hogy az adott életkor kognitív fejlettségi szintjét összehangoljuk a problémamegoldás absztrakciós szintjeivel.

Kérdés, hogy *szükség van-e egy ilyen explicit beavatkozásra*, jobb lesz-e ettől később a tanulók problémamegoldása? Erre a kérdésre a mintában szereplő tanulók követéses vizsgálata adhat magyarázatot, de *feltételezhetően gyorsabbá és tervezhetőbbé teszi majd a megoldás folyamatát, amire manapság nagy szükségünk van.*

5.3. A fejlesztő program hatása a kisiskolások természet-tudományos problémamegoldási folyamatának fejlődésére

5.3.1. A vizsgálat előzményei

Mint ahogy azt a természettudományos problémamegoldási folyamat strukturájának és a fázisok fejlettségi szintjének vizsgálata során már említettük (lásd 5.1 alfejezet), a kisiskolások problémamegoldó stratégiájának explicit fejlesztésére vonatkozó vizsgálatok száma kevés. Ezért nem találunk sok példát arra sem, hogy milyen módszerekkel értékeljük a megoldási folyamat fejlődését összességében és azok fázisaiban illetve dimenzióiban.

A fejlődést mérő vizsgálatunkban Aravena és Carlos (2007) tanulmányát vettük alapul, akik 9-11 éves tanulók matematikai problémamegoldási folyamatának explicit fejlesztésekor azt mérték, hogy a fejlesztés eredményeként a feladatok megoldásában milyen szinten jelentek meg a Pólya-féle modell egyes elemei. A vizsgálat során a tanulók a kísérleti tanítás előtt és után két különböző tartalmú matematikai feladatsort írtak, amelyek a feladatok megoldásának strukturálásában azonosak voltak (a probléma megértését, a tervezést, kivitelezést és a megoldás értékelését kérték számon). A pre- és posztteszt eredményeinek összehasonlításából következtek a megoldási folyamat egyes fázisainak fejlődésére. A vizsgálat tanulságaként a 9-11 éves tanulók számára a fejlesztő tanítás után is a probléma megértése és reprezentációja volt a legnehezebb feladat, míg a legjobb eredményt a megoldási tervek számában érték el.

A „Rostock Modell” didaktikai program hatásának fogalmi fejlődésre gyakorolt hatását Schneider és Oberlander (2008) a Glaser-féle (2005) csoportosítás módszerével végezték, amelynek során a tanulókat az elő- és utótesztekben mutatott teljesítmény különbségek alapján különböző fejlődéskategóriákba soroltak:

- *Koncepcióépítés*: fogalmak kialakulása anélkül, hogy annak bármilyen előzménye lenne;
- *Koncepcióváltás*: a hétköznapi elképzeléseket a tudományos fogalmak váltják fel;
- *Koncepciók összeadódása*:
 - a) A hétköznapi elképzelésekhez más strukturájú hétköznapi elképzelések vagy tudományos orientációjú elképzelések társulnak.
 - b) A tudományos orientációjú elképzelésekhez más tudományos orientációjú és strukturájú elképzelések adódnak.

c) A tudományos orientációjú elképzelések hétköznapi elképzelésekkel egészülnek ki.

- *Koncepciómegőrzés*: nincs változás a kiinduló elképzelésekben, függetlenül attól, hogy hétköznapi elképzelésekről vagy tudományos orientációjú elképzelésekről van-e szó.
- *Koncepcióösszevonás*: olyan változás, ami két koncepcióból indul ki és egy egységes felé halad.
- *Koncepciólépítés*: egy meglévő koncepció elvetése anélkül, hogy egy ekvivalenst hoznánk létre helyette.

Ez a kategorizálás minden olyan esetben alkalmazható értékelési eljárás, amikor a mérni kívánt tényező változására vonatkozóan legalább kettő vagy ennél több adat áll rendelkezésre. Amennyiben ez a tényező a problémamegoldási folyamat valamelyik eleme (fázisa), amelynek fejlettségi szintjére vonatkozóan három, időben egymást követő adattal rendelkezünk, úgy fejlődésének jellemzésére használhatjuk a kategorizálás módszerét. Vizsgálatunkban így ezt az eljárást alkalmaztuk a megoldási folyamat egyes fázisaiban mutatott fejlődés jellemzésére.

5.3.2. A vizsgálat célja és kérdései

A vizsgálat *elsődleges célja* egy olyan *értékelési módszer* kidolgozása volt, aminek segítségével információt nyerhetünk a tanulók problémamegoldásban, ezen belül a megoldási folyamatban mutatott fejlődéséről. Ezek az információk visszajelzések lehetnek a pedagógus felé az egyes tanulók fejlődési sajátosságairól és képességeiről, és következtetéseket vonhat le az alkalmazott tanítási és tanulási módszerek hatékonyságára vonatkozóan is. Tájékoztató értékű lehet a szülők felé a gyermek aktuális fejlettségéről csakúgy, mint a gyermek felé saját tudásának szintjéről.

A vizsgálat további célja a vizsgálatban szereplő tanulók fejlődési sajátosságainak értékelése, amelyre a vizsgálat két fő kérdése is vonatkozik: 1) Milyen a tanulók megoszlása a problémamegoldási folyamatra jellemző változások egyes típusai között az egyes évfolyamokban? 2) Milyen mértékű a „Rostock Modell” didaktikai program hatása a tanulók problémamegoldási folyamatának fejlődésében? 3) Milyen különbségek mutatathatók ki az egyes évfolyamok természettudományos problémamegoldásának fejlődésében? 4) Milyen arányban jutnak el a tanulók az életkor és a didaktikai program hatásának eredményeként a program végére az egyes fázisok általunk vizsgált magasabb szintjeire?

5.3.3. A vizsgálat mintája és módszere

A vizsgálat mintája kisebb eltérésekkel megegyezik az 5. 1. fejezetben bemutatott struktúravizsgálat mintájával. Mát ott is említettük, hogy bár a vizsgálatban elsőtől negyedik évfolyamig ugyanazok a tanulók vettek részt, mégsem egyforma az egyes évfolyamon vizsgált tanulók száma. Mivel minden évfolyamon három mérés volt (pre- első posztteszt és második posztteszt), ebben a vizsgálatban csak azoknak a tanulónak a fejlődését tudtuk értékelni, akik mind a három mérésben résztvettek. A fejlődést mérő vizsgálat mintájának összetételét az 5. 3. 1. és 5. 3. 2. táblázatok mutatják.

| <i>Évfolyam</i> | <i>Csoport</i> | <i>Budapest (tanuló)</i> | <i>Debrecen (tanuló)</i> | <i>Rostock (tanuló)</i> | <i>Összesen</i> |
|-----------------|----------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 1. | kísérleti | 29 | 25 | 25 | 79 |
| | kontroll | 22 | 20 | 31 | 73 |
| 2. | kísérleti | 25 | 26 | 23 | 73 |
| | kontroll | 23 | 15 | 25 | 63 |
| 3. | kísérleti | 27 | 24 | 22 | 73 |
| | kontroll | 22 | 17 | 30 | 69 |
| 4. | kísérleti | 25 | 25 | 23 | 73 |
| | kontroll | 23 | 14 | 29 | 66 |

5.3.1. táblázat

A vizsgálati minta megoszlása a fejlődést mérő vizsgálatban

| <i>Évfolyam</i> | <i>Csoport</i> | <i>Fiúk</i> | <i>Lányok</i> |
|-----------------|----------------|-------------|---------------|
| 1. | kísérleti | 40 | 39 |
| | kontroll | 33 | 40 |
| 2. | kísérleti | 35 | 38 |
| | kontroll | 33 | 30 |
| 3. | kísérleti | 36 | 37 |
| | kontroll | 35 | 34 |
| 4. | kísérleti | 38 | 35 |
| | kontroll | 32 | 34 |

5.3.2. táblázat

A vizsgálati minta nemek szerinti megoszlása a fejlődést mérő vizsgálatban

A vizsgálat értékelése a három mérés adatai alapján történt: a) a kísérleti tanítás előtt, b) közvetlenül a kísérleti tanítást követően (a tanítás előtti mérés után két hónappal), c) a kísérleti tanítás befejezése után négy hónappal. A három mérés (minden mérésben) alkalmával az *egyéni interjúk* során évfolyamonként ugyanazokat a feladatokat oldattuk meg a tanulókkal (lásd 5.1. fejezet).

Az értékeléshez az alábbi kategóriákat hoztuk létre (5. 3. 3. táblázat).

| <i>A változás típusa</i> | <i>A változás altípusai</i> | <i>A változás altípusának szintjei</i> | <i>A szintek jelölése</i> |
|--------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------|
| Stagnálás | | 0. szint | $0 \rightarrow 0 \rightarrow 0$ |
| | | 1. szint | $a \rightarrow b \rightarrow c$ |
| | | 2. szint | $A \rightarrow B \rightarrow C$ |
| Progresszió | Átmeneti | 0. szint | $0 \uparrow b \downarrow 0$ |
| | | 1. szint | $a \uparrow B \downarrow c$ |
| | | 2. szint | $0 \uparrow B \downarrow 0$ |
| | Megtartott | 0. szint | $0 \uparrow b \rightarrow c$ |
| | | 1. szint | $a \uparrow B \rightarrow C$ |
| | | 2. szint | $0 \uparrow B \rightarrow C$ |
| | Késleltetett | 0. szint | $0 \rightarrow 0 \uparrow c$ |
| | | 1. szint | $a \rightarrow b \uparrow C$ |
| | | 2. szint | $0 \rightarrow 0 \uparrow C$ |
| | Folyamatos | | $0 \uparrow b \uparrow C$ |
| | Progresszió átmeneti regresszióval | | $a \downarrow 0 \uparrow C$ |
| Reduktív progresszió | | $0 \uparrow B \downarrow c$ | |
| Regresszió | Átmeneti | 0. szint | $a \downarrow 0 \uparrow c$ |
| | | 1. szint | $A \downarrow b \uparrow C$ |
| | | 2. szint | $A \downarrow 0 \uparrow C$ |
| | Megtartott | 0. szint | $a \downarrow 0 \rightarrow 0$ |
| | | 1. szint | $A \downarrow B \rightarrow C$ |
| | | 2. szint | $A \downarrow 0 \rightarrow 0$ |
| Késleltetett | 0. szint | $a \rightarrow b \downarrow 0$ | |
| | 1. szint | $A \rightarrow B \downarrow c$ | |
| | 2. szint | $A \rightarrow B \downarrow 0$ | |

| | | | |
|--|------------------------------------|--|-------------------------------|
| | Folyamatos | | $A \downarrow b \downarrow 0$ |
| | Regresszió átmeneti progresszióval | | $a \uparrow B \downarrow 0$ |
| | Reduktív regresszió | | $A \downarrow 0 \uparrow c$ |

5.3.3. táblázat

A problémamegoldás folyamat fázisaiban mért változások típusai

Az 5.3.3. táblázat értelmezése a következő: a vizsgált fázis a tanuló megoldásában nem volt kimutatható az adott mérésben; *a*: az *előmérés* során a vizsgált fázis annak alacsonyabb szintjén volt kimutatható (pl. volt célmeghatározás, de indirekt (nem tudatos) dimenzióban); *b*: az *első posztteszt* során a vizsgált fázis annak alacsonyabb szintjén volt kimutatható (pl. volt tervezés és végrehajtás, de nem részletes dimenzióban); *c*: a *második posztteszt* során a vizsgált fázis annak alacsonyabb szintjén volt kimutatható (pl. volt értékelés, de nem tudományos nyelven volt megfogalmazva); *A*: az *előmérés* során a vizsgált fázis annak magasabb szintjén volt kimutatható (pl. volt célmeghatározás, direkt, tudatos dimenzióban); *B*: az *első posztteszt* során a vizsgált fázis annak magasabb szintjén volt kimutatható (pl. volt tervezés és végrehajtás, részletes dimenzióban); *C*: a *második posztteszt* során a vizsgált fázis annak magasabb szintjén volt kimutatható (pl. volt értékelés, amit a tanuló tudományos nyelven fogalmazott meg).

Stagnálás (nincs változás): bármelyik szintről is indult a tanuló, fejlettségi szintje a három mérés során nem változott.

- *Stagnálás 0. szint*: a tanuló megoldásában az adott fázis egyik mérésben sem volt kimutatható;
- *Stagnálás 1. szint*: a tanuló megoldásában az adott fázis minden mérésben az *alacsonyabb szinten* volt kimutatható;
- *Stagnálás 2. szint*: a tanuló megoldásában az adott fázis minden mérésben a *magasabb szinten* volt kimutatható.

Progresszió (fejlődés): a tanuló a három mérés során valahol vagy végig fejlődést mutatott. *Átmeneti fejlődés*: a harmadik mérésben visszaesett az *előmérés szintjére*.

- *Átmeneti fejlődés 0 szint*: Az *előmérésben* a vizsgált fázis nem volt megfigyelhető, a *második mérésben* a vizsgált fázis alacsonyabb di-

menziójába lépett majd a harmadik mérésben ismét az előmérés szintjét mutatta.

- *Átmeneti fejlődés 1. szint:* Az előmérésben a vizsgált fázis *alacsonyabb szintjéről* indult, a második mérésben a vizsgált fázis *magasabb dimenziójába* lépett, majd a harmadik mérésben *ismét az előmérés szintjét* mutatta.
- *Átmeneti fejlődés 2. szint:* Az előmérésben a vizsgált fázis *nem volt megfigyelhető*, a második mérésben a vizsgált fázis *magasabb dimenziójába* lépett, majd a harmadik mérésben *ismét az előmérés szintjét* mutatta.

Megtartott fejlődés: Fejlődés az első és második mérés között következett be, ami a harmadik mérésre már nem változott.

- *Megtartott fejlődés 0. szint:* az előmérésben *nem volt* kimutatható a vizsgált fázis. A második mérésben az adott fázis *alacsonyabb szintjére* jutott a tanuló, ami a harmadik mérésben *már nem változott*.
- *Megtartott fejlődés 1. szint:* az előmérésben a tanuló a fázis *alacsonyabb szintjéről* indult. A második mérésben a fázis *magasabb szintjére* jutott, ami a harmadik mérésben *már nem változott*.
- *Megtartott fejlődés 2. szint:* az előmérésben *nem volt* kimutatható a vizsgált fázis. A második mérésben az adott fázis *magasabb szintjére* jutott a tanuló, ami a harmadik mérésben *már nem változott*.

Késleltetett fejlődés: az előmérés és a második mérés között nincs különbség, fejlődés a harmadik mérésre következik be.

- *Késleltetett fejlődés 0. szint:* az elő- és első mérésben a fázis *nem figyelhető meg*, a harmadik mérésre a tanuló az adott fázis *alacsonyabb szintjére* jut.
- *Késleltetett fejlődés 1. szint:* az elő- és első mérésben a fázis *alacsonyabb szintű dimenziója mérhető*, a harmadik mérésre a tanuló az adott fázis *magasabb szintjére* jut.
- *Késleltetett fejlődés 2. szint:* az elő- és első mérésben a fázis *nem figyelhető meg*, a harmadik mérésre a tanuló az adott fázis *magasabb szintjére* jut.

Folytonos fejlődés: a tanuló mérésről mérésre egyre magasabb szintre kerül.

Progresszió átmeneti regresszióval: A tanuló az előmérés alacsonyabb dimenziójú fázisából a második mérésben visszaesik a nulla szintre, majd

a harmadik mérésben az előméréshez képest magasabb fejlettségi szintre jut.

Reduktív progresszió: Az előmérésben a fázis nem figyelhető meg. A második mérésben az adott fázis magasabb szintű dimenziója mutatható ki, ami a harmadik mérésben visszaesik a fázis alacsonyabb szintjére.

Regresszió (visszaesés): a fázis harmadik mérésben mutatott szintje átmeneti visszaesés után az előmérés szintjével egyezik meg, vagy alacsonyabb szintet ér el az előméréshez képest.

Átmeneti regresszió: a harmadik mérésben a tanuló visszakerül az előmérés szintjére.

- *Átmeneti regresszió 0. szint:* az előmérésben a fázis *alacsonyabb szintje* mérhető, ami a második mérésben visszaesik *nulla szintre*, majd a harmadik mérésben *ismét az előmérés szintje* tapasztalható.
- *Átmeneti regresszió 1. szint:* az előmérésben a fázis *magasabb szintje* mérhető, ami a második mérésben visszaesik *alacsonyabb szintre*, majd a harmadik mérésben *ismét az előmérés szintje* tapasztalható.
- *Átmeneti regresszió 2. szint:* az előmérésben a fázis *magasabb szintje* mérhető, ami a második mérésben visszaesik *nulla szintre*, majd a harmadik mérésben *ismét az előmérés szintje* tapasztalható.

Megtartott regresszió: visszaesés az első és második mérés között következett be, ami a harmadik mérésre már nem változik.

- *Megtartott regresszió 0. szint:* Az előmérésben a fázis *alacsonyabb szintjéről* indulva a második és harmadik mérésben *nulla szintre* történő visszaesés figyelhető meg.
- *Megtartott regresszió 1. szint:* Az előmérésben a fázis *magasabb szintjéről* indulva a második és harmadik mérésben az *alacsonyabb szintre* történő visszaesés figyelhető meg.
- *Megtartott regresszió 2. szint:* Az előmérésben a fázis *magasabb szintjéről* indulva a második és harmadik mérésben *nulla szintre* történő visszaesés figyelhető meg.

Késleltetett regresszió: a fázis szintjei az elő- és első mérésben azonosak, visszaesés a harmadik mérésben figyelhető meg.

- *Késleltetett regresszió 0. szint:* az elő- és első mérésben a fázis *alacsonyabb szintje* mérhető, a harmadik mérésben *nulla szintre* esik vissza a tanuló.

- *Késleltetett regresszió 1. szint:* az elő- és első mérésben a fázis magasabb szintje mérhető, a harmadik mérésben *az alacsonyabb szintre esik* vissza a tanuló.
- *Késleltetett regresszió 2. szint:* az elő- és első mérésben a fázis *magasabb* szintje mérhető, a harmadik mérésben *nulla szintre* esik vissza a tanuló.

Folyamatos regresszió: az elsőtől a harmadik mérésig folyamatos visszaesés figyelhető meg.

Regresszió átmeneti progresszióval: Az előmérés *alacsonyabb szintjéről* indulva a második mérésben a *fázis magasabb szintű* dimenziója figyelhető meg, ami a harmadik mérésben *visszaesik nulla szintre*.

Reduktív regresszió: Az előmérés *magasabb szintjéről* indulva a második mérésben a *fázis nem figyelhető meg*, majd a harmadik mérésben a fázis az előméréshez képest alacsonyabb szintet éri el.

A három mérésben mutatott teljesítmény alapján minden egyes tanulót besoroltunk a megfelelő kategóriába. A vizsgálatot az interjúban alkalmazott mindkét feladattal elvégeztük minden évfolyamon. Az értékelés során a vizsgálat kérdéseinek megfelelően azt elemeztük, hogy az adott évfolyamon a változás altípusainak összegzése után milyen a tanulók megoszlása a *stagnálás, progresszió és regresszió* kategóriákban. Ennek a három kategóriának az összesített értékelését a kísérleti és kontroll csoportban is elvégeztük, feladatonként azonban nem. Ez azzal indokolható, hogy amennyiben az adott tanuló bármelyik (vagy mindkettő illetve egyik sem) feladatban *mutatta a fejlődés valamelyik altípusát*, azt úgy tekintettük, hogy az adott fázis vonatkozásában képes eljutni a magasabb szintre, tehát abban *fejlődést értel*. Ha a tanuló *mindkét feladatban és mindhárom mérésben azonos fejlettségi szinten maradt*, vagy az egyik feladatban stagnált, a másikban *visszesést* mutatott azt *stagnálásként*, míg ha mindkét feladatban *visszesést* észleltünk, azt *regresszióként* értékeltük.

A stagnálás, progresszió és regresszió kategóriákban mért tanulói megoszlást évfolyamonként értékeltük a kísérleti és kontroll csoport összehasonlításával. Az adott évfolyamon a változás kategóriákban mutatott előfordulási gyakoriságok kísérleti és kontroll csoport közötti összehasonlítást *kétmintás t-próbával* végeztük. Az évfolyamokon belül az egyes csoportokban a kategóriák közötti megoszlás, valamint a csoporton belül az adott kategória évfolyamok közötti megoszlás vizsgálatára az

SPSS Cochran -féle Q- próbáját alkalmaztuk. Vizsgáltuk a résztvevő magyar és német tanulók, valamint a nemek szerinti megoszlást is. Az országok közötti összehasonlítás során csak a kísérleti csoportot vizsgáltuk a progresszió kategóriában, mivel itt ismét arra kerestük a választ, hogyan befolyásolják a didaktikai program hatását az egyes országok természettudományos oktatásának eltérő sajátosságai. A nemek szerinti vizsgálatban is az országok közötti összehasonlításhoz hasonlóan jártunk el. Az elemzéshez az *SPSS Cochran -féle Q-* és *páros t-próba* opcióit használtuk. A didaktikai program problémamegoldási folyamat egyes fázisainak fejlődésére gyakorolt hatását a *Cohens-féle hatásméret (Cohens' d)* segítségével értékeltük, amelynek kiszámításakor minden évfolyamon az előtesztben a két feladat átlagai közül a kisebb, míg a második posztteszt esetében a nagyobb átlagot vettük figyelembe a fejlődés teljes intervallumának lefedése érdekében.

5.3.4. Eredmények és értékelésük

A vizsgálat első részében arra a kérdésre kerestük a választ, hogy *milyen a tanulók megoszlása a problémamegoldási folyamatra jellemző változások egyes típusai között az egyes évfolyamokban, továbbá milyen mértékben hat ezekre a változásokra a „Rostock Modell” didaktikai program*. Ennek érdekében a tanulók stagnálás, progresszió és regresszió kategóriákban történő eloszlását évfolyamonként és csoportonként is értékeltük (5.3.4. táblázat).

Az egyes évfolyamok természettudományos problémamegoldási folyamatának fejlődésében mutatkozó különbségek bizonyítására megvizsgáltuk, hogy az adott évfolyam kísérleti és kontroll csoportjának tanulói milyen fázisokban mutatták a legnagyobb fejlődést. Ennek érdekében összehasonlítottuk a tanulók előfordulási gyakoriságát évfolyamonként mindkét csoportban a vizsgált fázisok progresszió kategóriájában (5.3.4. táblázat, 5.3.1. ábra). Az összehasonlítás során a hipotézisalkotás, valamint a tervezés és végrehajtás fázisokban csak a képesség dimenziókkal számoltunk, a mennyiségi dimenziókat nem vettük figyelembe.

| Évfolyam | Célmeghatározás | | Probléma megfogalmazás | | Hipotézisalkotás | | Tervezés és végrehajtás | | Értékelés | |
|----------|-----------------|----------|------------------------|----------|------------------|----------|-------------------------|----------|-----------|----------|
| | Kísérleti | Kontroll | Kísérleti | Kontroll | Kísérleti | Kontroll | Kísérleti | Kontroll | Kísérleti | Kontroll |
| 1. | 0,17 | 0,16 | 0,19 | 0,15 | 0,13 | 0,15 | 0,24 | 0,21 | 0,14 | 0,08 |
| 2. | 0,20 | 0,16 | 0,21 | 0,17 | 0,22 | 0,16 | 0,16 | 0,12 | 0,15 | 0,13 |
| 3. | 0,52 | 0,43 | 0,53 | 0,43 | 0,42 | 0,27 | 0,28 | 0,24 | 0,17 | 0,14 |
| 4. | 0,63 | 0,40 | 0,60 | 0,43 | 0,41 | 0,31 | 0,26 | 0,07 | 0,26 | 0,10 |

5.3.4. táblázat

A tanulók előfordulási gyakorisága a természettudományos problémamegoldási folyamat fázisainak progresszió kategóriájában az egyes évfolyamok kísérleti és kontroll csoportjaiban

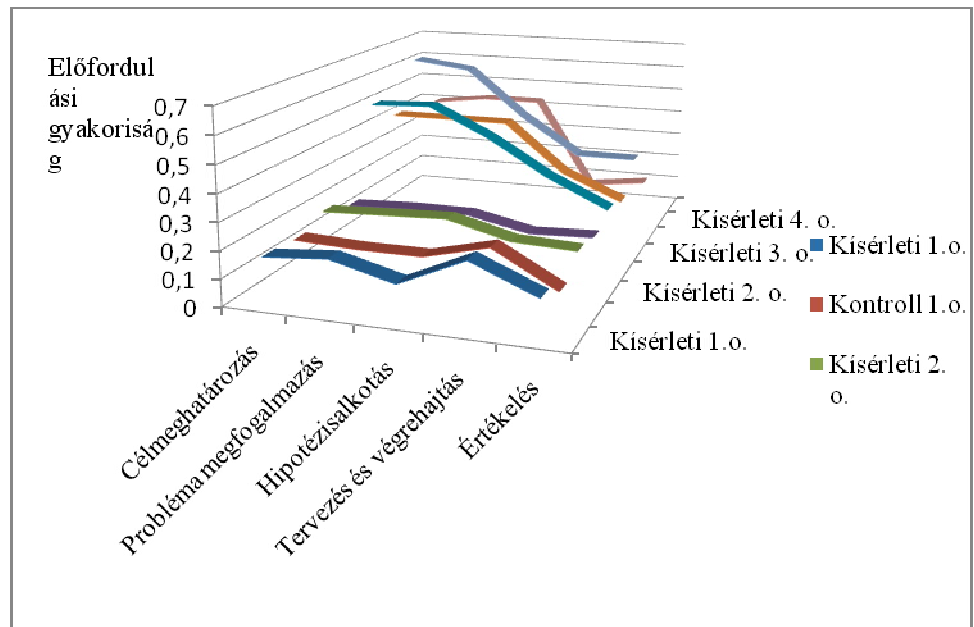
Az *első osztály* kísérleti és kontroll csoportjában a *tervezés és kivitelezés fázisban* a tanulók előfordulási gyakoriságaszignifikánsan magasabb volt a többi fázishoz képest (tervezés: CochranQ (3) = 7,806, p = 0,020, kivitelezés: CochranQ (3) = 7,814, p = 0,015). Így az első évfolyam fejlődése ebben a fázisban volt a legnagyobb. A kísérleti és kontroll csoport előfordulási gyakorisága között a tervezés és végrehajtás fázisban nem volt szignifikáns eltérés csakúgy, mint a többi fázisban sem. Így a *didaktikai program hatása a problémamegoldási folyamat fejlődésére az első évfolyamon összességében gyengének mondható.*

A *második osztályban* sem változott a helyzet, a kísérleti és kontroll csoport fázisbeli fejlődései között nincs szignifikáns eltérés egyetlen fázisban sem. Még az első osztályban kiemelkedő tervezés végrehajtás fázisban is jelentősebb visszaesés figyelhető meg a második évfolyamon. A *másodikosok* teljesítményére a *stagnálás* volt végig jellemző minden fázisban, így a *didaktikai program hatására nem volt jelentős fejlődés egyik fázisban sem.*

A *harmadik osztályban jelentős mértékű változás* állt be a tanulók problémamegoldási folyamatának képességszintjeire vonatkozóan. A *célmeghatározás, probléma megfogalmazás és hipotézisalkotás képességeinek szintje szignifikánsan magasabb* lett (célmeghatározás: CochranQ (3) = 7,357, p = 0,025, probléma megfogalmazása: CochranQ (3) = 7,245, p = 0,04, hipotézisalkotás: CochranQ (3) = 7,350, p = 0,023) az első és második osztályhoz képest a *kísérleti és kontroll csoportban* is, ami feltételez-

hetően annak az életkori hatásnak a következménye, hogy a korábbi évfolyamokhoz viszonyítva nőtt a formális gondolkodás szakaszába eljutó gyermekek száma. Ebben a három fázisban (bár a hipotézisalkotás a célmeghatározás és probléma megfogalmazás képességszintjéhez képest szignifikánsan alacsonyabb szintet ért el) volt legnagyobb a tanulók fejlődése, a kísérleti csoportban szignifikánsan nagyobb mértékben. Ez részben arra bizonyíték, hogy a didaktikai program a kísérleti csoportban pozitív hatást gyakorolt ezeknek a fázisoknak a fejlődésére, másrészt arra, hogy a problémamegoldási folyamatban mutatott képességszintek fejlesztésére alkalmazott módszerek akkor hatékonyak (akkor van értelmük), ha már kialakultak azok a képességek, amelyek fejlesztésére az adott módszerek irányulnak.

A negyedik osztály problémamegoldási folyamatban elért fejlődése annyiban különbözik a harmadikosokhoz képest, hogy a célmeghatározás és probléma megfogalmazás képességszintje a kísérleti csoportban tovább növekedett.



5.3.8. ábra

A tanulók előfordulási gyakorisága a természettudományos problémamegoldás fázisainak progresszió kategóriájában az egyes évfolyamok kísérleti és kontroll csoportjaiban

Ugyancsak jelentős a különbség a kísérleti és kontroll csoport értékelés fázisban mutatott fejlődése között a kísérleti csoport javára. Azaz a negyedik osztályosok már az értékelés fázis fejlesztésére is érzékenyek. A többi fázishoz képest azonban (a többi évfolyamon is) az értékelés még nehéz feladat az általános iskola alsó tagozatosai számára.

A tervezés és végrehajtás fázisában történő jelentős visszaesés a többi fázishoz képest a harmadik és negyedik osztályban nehezen magyarázható még akkor is, ha tudjuk, hogy a célmeghatározás, probléma megfogalmazás és hipotézisalkotás ebben a két évfolyamban a többi fázishoz képest intenzív fejlődésnek indult. Az okokat keresve a struktúra és fejlődés vizsgálatban is azt feltételeztük, hogy a tervezésben mutatott gyengébb teljesítmény oka a felmérésben szereplő feladatok jellegében (absztrakciós szintje és komplex tartalma sok esetben meghaladta a tanulók tervezési képességét) keresendő.

Annak a kérdésnek a megválaszolására, hogy milyen arányban jutnak el a tanulók az életkor és a didaktikai program hatásának eredményeként a program végére az egyes fázisok általunk vizsgált magasabb szintjeire, (direkt, tudományosan megfogalmazott célmeghatározás, direkt, tudományosan megfogalmazott probléma megfogalmazás, tudományosan megfogalmazott hipotézisalkotás, tudományosan megfogalmazott részletes tervezés és végrehajtás tudományosan megfogalmazott értékelés) megnéztük, hogy mennyi tanuló érte el ezeket a szinteket öt, négy, három, kettő és egy fázisban a negyedik osztályban.

| Csoport | Kategóriák | | | | |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 5. kategória | 4. kategória | 3. kategória | 2. kategória | 1. kategória |
| Kísérleti | 0,05 | 0,11 | 0,28 | 0,20 | 0,36 |
| Kontroll | 0,01 | 0,04 | 0,12 | 0,41 | 0,42 |

5.3.5. táblázat

A tanulók előfordulási gyakorisága a fázisok legmagasabb szintjét jelző kategóriákban a negyedik osztályban

A kísérleti csoportban egy fázisban a tanulók 36%-a érte el az adott fázisra jellemző legmagasabb szintet. Ezt követően azoknak a tanulóknak a száma volt a legtöbb, akik három fázisban mutatták a fázisok legmagasabb szintjét, majd a kettő, illetve négy és öt fázisban magasabb szintre jutók következtek (5. 3. 5. táblázat). A kontroll csoportban is az 1. és 2. kategóriában történő elfordulási gyakoriság volt a legnagyobb, amihez képest szignifikánsan kevesebb volt azoknak a tanulóknak a száma, akik ennél több fázisban mutatták az általunk mért legmagasabb absztrakciós szinteket.

A különbség a kísérleti és kontroll csoport között tehát nem jelentős az egyes fázisok legmagasabb szintjének elérésében. *A tanulók többsége mindkét csoportban az 1. kategóriába esik. A tanulók életkora szerint így a 9-10 évesek között már több olyan gyermek van, aki eljut a formális gondolkodás szakaszába, de abban még nem nagy százalékban mutatják a legmagasabb absztrakciós szinteket. Ennek további fejlődésére a későbbi életkorokban lehet számítani.* A kísérleti és kontroll csoport eredményeiből az is kiderül, hogy *a didaktikai program segített abban, hogy a tanulók az egyes fázisokban minél magasabb fejlettségi szintet érjenek el, hiszen a három és négy fázisban magasabb szintre jutók száma a kísérleti csoportban szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll csoportban.*

5.3.5. Összegzés

A kisiskolások természettudományos problémamegoldási folyamatának fejlődésvizsgálatában az egyik *cél egy olyan értékelési módszer kidolgozása volt, aminek segítségével részletes információt nyerhetünk a tanulók adott évfolyamon belüli változásáról* illetve a megoldás folyamatában elért fejlettségi szintekről. *Ennek érdekében három változás típust és azon belül több altípust illetve szintet hoztunk létre.* A módszer alkalmazásának feltétele, hogy a tanuló problémamegoldásban mutatott fejlettségi szintjét három egymást követő alkalommal mérjük. Vizsgálatunkban ez a kísérleti tanítások előtti preteszt, valamint az azok után alkalmazott két poszteszt volt. Ezt a módszert *a pedagógusok is alkalmazhatják.* Egy év eleji, félév végi és évvégi felmérés eredményeit összehasonlítva pontosabb információt kapnak a tanulók problémamegoldási folyamatának fejlődéséről. Ezeknek az *eredményeknek a birtokában arra is választ kapnak, hogy az adott tanulócsoportban melyik problémamegoldási fázis fejlesztése a legaktuálisabb, melyek fejlődése a legproblémásabb illetve hol*

és hogyan kell beavatkozni a problémamegoldás fejlesztésébe a tanítási órákon.

A vizsgálat további célja volt a problémamegoldási folyamat változásainak tanulmányozása az egyes évfolyamokon. Ennek érdekében megnéztük, hogy: 1) az adott évfolyamok kísérleti és kontroll csoportjain belül milyen a tanulók előfordulási gyakorisága az egyes változás típusokban; 2) milyen megoszlásbeli különbségek vannak az egyes évfolyamok kísérleti és kontroll csoportjai között a különböző változás típusokban (ezzel a didaktikai program hatását igazoltuk); 3) milyen eltérések figyelhetők meg az adott változás típusban az egyes évfolyamok között.

A három mérés legfontosabb eredményei a következők voltak:

- Az első osztályban a kísérleti és kontroll csoport is a tervezés és végrehajtás képesség, illetve a hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás mennyiségi dimenzióiban mutatták a legnagyobb fejlődést. A didaktikai program is ezeknek a fázisoknak a fejlődésére gyakorolta a legnagyobb hatást. A fejlődés ellenére ezeknek a fázisoknak a fejlettségi szintje a másodikosok kivételével alulmaradt a többi évfolyam fejlettségi szintjéhez képest.*
- A második osztály egy stagnáló évfolyam volt. Csak a hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás mennyiségi dimenzióiban fejlődtek jelentősen, és ezekben a dimenziókban a didaktikai program fejlesztő hatása is erős volt. A többi fázisban az elsősök fejlettségi szintjétől nem tértek el szignifikáns mértékben.*
- A harmadik osztályban jelentős változás következett be. A célmeghatározás, probléma megfogalmazás fázisában valamint a hipotézisalkotás képesség dimenziójában szignifikánsan nagyobb mértékű fejlődés volt megfigyelhető az első két évfolyamhoz képest. Ez a változás a kísérleti és kontroll csoportra is jellemző volt, amit az életkor hatásának tekinthetünk. A két csoport közötti megoszlásbeli különbségek és a kísérleti csoportban mért közepes hatásméreték azonban a célmeghatározás és probléma megfogalmazása fázisokban a didaktikai program jelentősebb fejlesztő hatását igazolták.*
- A negyedik osztályban tovább nőtt a célmeghatározásban és probléma megfogalmazásban fejlődést mutató tanulók száma, és az eddigi évfolyamokhoz képest jelentős fejlődésnek indult az értékelés fázis. A kísérleti csoport fejlődése ezekben a fázisokban felülmúlta a*

kontroll csoport progresszióját, ami a diadaktikai program fejlesztő hatását igazolta.

A három mérés során vizsgáltuk a *magyar és német tanulók közötti fejlődésbeli különbségeket is. Szignifikáns eltérést az értékelés fázis kivételével minden fázisban találtunk.* A célmeghatározás, probléma megfogalmazás fázisokban, valamint a hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás képesség dimenziókban a magyar gyermekek fejlődése volt intenzívebb a vizsgált kísérleti csoportban. A hipotézisalkotás és tervezés végrehajtás mennyiségi dimenzióiban a harmadik osztályban a német, negyedik osztályban a magyar tanulók fejlődtek nagyobb mértékben.

A nemek fejlődése közötti különbségekre vonatkozó vizsgálatban a lányok előnye a hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás mennyiségi dimenziókban volt jellemző az első és második osztályban. Fejlődésükre a didaktikai program ezekben az évfolyamokban nagyobb hatással volt. Máshol nem volt megfigyelhető a két nem fejlődése közötti szignifikáns eltérés.

A fejlődés vizsgálat végén a tanulókat évfolyamonként fejlődési kategóriákba soroltuk. *A harmadik osztályban volt először megfigyelhető, hogy a tanulók többsége három fázisban mutatott fejlődést és az ennél több fázisban fejlődő tanulók száma is növekedett.* Negyedik osztályban a legtöbb tanuló még mindig három fázisban fejlődött, de a négy fázisban előbbrejutó tanulók száma is jelentősen megnövekedett a harmadik évfolyamhoz képest.

A fejlődés általunk vizsgált legmagasabb szintjére jutó tanulók előfordulási gyakoriságát a negyedik osztályban mértük. Megállapítottuk, hogy a legtöbb tanuló egy vagy két fázisban jutott el a legmagasabb szintre és a kísérleti csoportban a többi kategóriában is nagyobb számú tanuló volt a kontroll csoporthoz képest. Ezt a különbséget a didaktikai program hatásaként értelmeztük.

Az eredményekből levonható következtetések:

- A természettudományos problémamegoldási folyamat intenzív fejlődése már 8-9 éves korban megfigyelhető.*
- Az intenzív fejlődést mutató tanulók többsége feltételezhetően eljutott a formális gondolkodás szakaszába.*

- A formális gondolkodásra képes tanulók nagy része *még nem érte el a problémamegoldás legmagasabb absztrakciós szintjeit*, az a későbbi életkorokban történik meg.
- A problémamegoldás *hatékony fejlesztésének feltétele a fejlesztendő képesség összetevők megléte.*
- *A természettudományos problémamegoldás fejlesztése az általános iskola első osztályától indokolt, mivel az első évfolyam tanulói (6-7 évesek) már képesek a megoldásra vonatkozó jóslatokkal élni.* Ezért az első és második osztályban a megoldásra vonatkozó jóslatok kifejtésére és a jóslatok magvalósítására érdemes hangsúlyozottabban ösztönözni a tanulókat. Ehhez olyan tanulási környezet biztosítása szükséges, amelyben a tanulók szabadon megnyilvánulhatnak és sok természettudományos megfigyelést és egyszerű kísérletet végeznek. Harmadik és negyedik osztályban már tudatosan számon kérhetjük a megoldás célját, a probléma megfogalmazását és a megoldásra vonatkozó hipotéziseket, illetve a megoldás értékelését is. A harmadik és negyedik évfolyamon vállalkozhatunk a problémamegoldás folyamatának explicit fejlesztésére.
- A problémamegoldás folyamatának *fejlődését befolyásolja az, hogy a tanuló rendelkezik-e a megoldáshoz szükséges előzetes ismeretekkel*, illetve azok milyen frissen élnek a tanuló emlékezetében.

5.4. A természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődésének kapcsolata néhány háttérváltozóval

5.4.1. A vizsgálat előzményei

A problémamegoldás folyamatában mutatott fejlődés a tanulók kognitív fejlettségi szintjén kívül más tényezők befolyásától is függ. A 2.8. alfejezetben részletesen bemutattuk azokat a kutatási eredményeket, amelyek a problémamegoldás és a háttértényezők kapcsolatára vonatkoznak. Ebben a vizsgálatban a problémamegoldási folyamat fejlődésének összefüggéseit vizsgáltuk a matematika és természetismeret osztályzattal, a negyedik osztályosok kompetenciamérésének gondolkodás résztesztjén elért eredményével és az anya iskolai végzettségével.

A problémamegoldásban nyújtott teljesítmény matematikaosztályzattal mutatott szoros kapcsolatát számtalan tanulmány bizonyította. Ezeknek a

vizsgálatoknak a többsége azonban matematikai problémák megoldását kérte számon a tanulóktól. A megoldási folyamat fejlődésének háttértenyezőire vonatkozó vizsgálatok száma már jóval kevesebb, különösen az általános iskola alsó tagozatában.

A természettudományos problémamegoldási folyamatra vonatkozó vizsgálatainkban többször hivatkoztunk Aravena és Carlos (2007) azon kutatására, amelyben 9-10 éves tanulók körében vizsgálták a Pólya-féle (1958) modell egyes elemeinek fejlődését egy matematikai problémamegoldás fejlesztését célzó program eredményeként. Ebben a vizsgálatban a kutatók erős összefüggést találtak a megoldási folyamat fejlettségi szintje és a matematikai teljesítmény illetve osztályzatok között. Azt is megállapították, hogy a fejlesztő program a korábban gyengébb matematikai teljesítményt és osztályzatot mutató tanulók fejlődésére gyakorolt nagyobb hatást.

Molnár Gyögyvér (2006) a komplex, életszerű problémamegoldás képességének fejlettségi szintjét és az induktív gondolkodás valamint a tantárgyi osztályzatok kapcsolatát többszörös regresszióanalízissel vizsgálva a variancia 44%-át tudta megmagyarázni. Megállapította, hogy a háttértenyezők közül az induktív gondolkodás fejlettsége (15%), a matematikaosztályzat (2%), a biológiaosztályzat (3%), és a fizikaosztályzat (5%) kapcsolata a problémamegoldás fejlettségi szintjével meghatározó jelentőségű. Az általános iskolások körében a matematikaosztályzattal mutatott összefüggés minden vizsgált évfolyamon (3-8. osztály) szignifikáns volt.

Az anya iskolai végzettsége és a problémamegoldás fejlettsége közötti összefüggésre vonatkozó eredmények már változatosabb képet mutatnak. A PISA 2003-ban végzett mérésének eredményei szerint a szülők iskolai végzettsége jó előjelzője a tanulók problémaegoldásban nyújtott teljesítményének (OECD, 2004). Ezek az eredmények rámutattak arra, hogy Magyarországon a vizsgált tanulók (14-15 évesek) problémamegoldásban mutatott teljesítménye a gazdasági-társadalmi index, valamint a szülők iskolai végzettségének függvényében jelentős eltéréseket mutat. A hátrányos helyzetű diákok hazánkban a problémamegoldásban egy szinttel alacsonyabb teljesítménykategóriába estek a legjobb háttérrel rendelkező tanulókhoz képest. Ez az 550 pontos skálán 101 pontnyi (szignifikáns) különbséget jelentett.

Molnár (2006) szerint a komplex, életszerű problémák megoldásában nyújtott teljesítmény és az anya iskolai végzettsége között az alsó tagozatban nincs szignifikáns összefüggés. A középiskolában azonban a PISA mérésekhez hasonlóan már iskolatípustól függően szignifikáns kapcsolatokat talált. Hasonló összefüggést mutatott ki Ezhilrajan (2012) is, aki az anya iskolai végzettsége és a matematikai problémamegoldás kapcsolatát vizsgálta 9. osztályos tanulók körében.

5.4.2. A vizsgálat célja és kérdései

A vizsgálat célja néhány háttértényező szerepének kimutatása volt a természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődésére. A vizsgálat kérdései minden esetben a befolyásoló tényezők fejlődésre gyakorolt hatására és azzal történő összefüggéseire vonatkoztak. Így vizsgáltuk, hogy milyen összefüggés figyelhető meg: 1) tanulók matematika-osztályzatával, 2) természetismeret osztályzatával, 3) a kompetencia mérés gondolkodás résztesztjének eredményeivel és 4) az anya iskolai végzettségével.

5.4.3. A vizsgálat mintája és módszere

A vizsgálatban résztvevő tanulók megoszlása a tanulmányozott háttértényezők szerint eltéréseket mutatott. Alapvető különbség a struktúra, tudásszerkezet és fejlődés vizsgálatokhoz képest, hogy a háttértényezők vonatkozásában *a német tanulókat nem elemeztük*. Ennek oka az volt, hogy nem álltak következetesen rendelkezésünkre azok az adatok, amelyek birtokában az értékelést megtehettük volna. *Így ebben a vizsgálatban csak a magyar tanulók adatait használtuk fel.*

A tantárgyi osztályzatokkal történő összefüggés vizsgálatban a harmadikos és negyedikes tanulók eredményeit elemeztük, mivel az első két évfolyamon a tanulók tanulmányi előmenetelét formatív módon értékelték. Tantárgyi osztályzatokat csak a harmadik és negyedik évfolyamon kaptak a tanulók.

Kompetenciamérésre a vizsgálat időtartama alatt 2008-ban került sor, amelyben az alsó tagozatban csak a negyedikesek képességeit mérték fel. Így a kompetenciamérés gondolkodás résztesztjével mutatott összefüggés vizsgálatban csak a *negyedikesek szerepeltek*.

Az anya iskolai végzettségének problémamegoldási folyamat fejlődésre gyakorolt hatását tekintve évfolyamonként ugyanazokkal a tanulói létszámokkal dolgoztunk, mint a fejlődésvizsgálatban.

A vizsgált háttértényezőkre vonatkozó összesített tanulói megoszlás az 5.4.1. táblázatban látható.

| Évfolyam | Csoport | Budapest (tanuló) | Debrecen (tanuló) | Összesen | Vizsgált háttértényező |
|----------|-----------|-------------------|-------------------|----------|--|
| 1. | kísérleti | 29 | 25 | 54 | Anya iskolai végzettsége |
| | kontroll | 22 | 20 | 42 | |
| 2. | kísérleti | 25 | 26 | 51 | Anya iskolai végzettsége |
| | kontroll | 23 | 15 | 38 | |
| 3. | kísérleti | 27 | 24 | 51 | Anya iskolai végzettsége, tantárgyi osztályzatok |
| | kontroll | 22 | 17 | 39 | |
| 4. | kísérleti | 25 | 25 | 50 | Anya iskolai végzettsége, tantárgyi osztályzatok, kompetenciamérés |
| | kontroll | 23 | 14 | 37 | |

5.4.1. táblázat

A minta megoszlása a háttértényezők szerepére vonatkozó

A háttértényezőkkel történő összefüggések tanulmányozása során megnéztük, hogy a vizsgált évfolyamon milyen a tanulók megoszlása az egyes fejlődés kategóriákban (lásd 5.3. fejezet) az adott háttértényező értékei szerint. Vizsgáltuk, hogy a háttértényező meghatározott értékeit mutató tanulók között melyik az a fejlődési kategória, amelyikben a leggyakoribb a tanulók előfordulási gyakorisága. Ezt a fejlődési kategóriát tekintettük jellemzőnek a háttértényező adott értékére vonatkozóan. A tanulókra vonatkozó háttértényezők adatai és a tanulóra jellemző *fejlődési kategória közötti összefüggés* megállapítására *rangkorrelációs vizsgálatot* végeztünk, amelynek során meghatároztuk a kapcsolat mértékét jelző *Spearman rho* értékét. A háttértényezők hatásának mélyrehatóbb elemzése során azt is megvizsgáltuk, hogy az egyes fejlődési kategóriákban milyen eltérések figyelhetők meg a tanulók megoszlásában az adott háttérté-

nyező különböző értékei között. Az elemzést ebben az esetben az SPSS *Cochran-féle Q-próbával* végeztük.

5.4.4. Eredmények és értékelésük

A természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődésének háttértényezői sorában először a matematikaosztályzattal mutatott összefüggést vizsgáltuk. A *harmadik osztály* kísérleti csoportjában (N = 51) 7 tanuló közepes, 23 tanuló jó és 21 tanuló jeles osztályzatot kapott matematikából évvégén. A kontroll csoportban (N = 39) is hasonló volt a tanulók megoszlási aránya az egyes matematikaosztályzatokban. Közepest 6 tanuló, jó osztályzatot 19 tanuló, míg jeles osztályzatot 14 tanuló ért el a harmadik osztály végén.

Az adott matematikosztályzathoz tartozó fejlődési kategóriák közötti tanulói megoszlások különbségeit a *kísérleti csoportban* vizsgálva az látható, hogy a közepes osztályzatot elért tanulók körében az egy fázisban (1. fejlődési kategória), a jó osztályzatot kapók körében a kettő vagy három fázisban (2. és 3. fejlődési kategória) míg az ötösök között szignifikánsan a három fázisban fejlődő tanulók aránya volt a legnagyobb (5. 4. 2. táblázat).

A *kontroll csoport* esetében a legtöbb tanulót tartalmazó fejlődési kategória a közepes osztályzat esetében az 1. kategória, jó osztályzatnál a 2. kategória, míg a jeles osztályzatot mutatók között 2. és 3. kategória volt. Így *szignifikáns eltérés a két csoport adott osztályzathoz tartozó fejlődési kategóriákban mutatott megoszlásában nincs*.

A negyedik osztály kísérleti (N = 50) és kontroll csoportjában (N = 37) a harmadikosoktól etérően már az elégséges matematikaosztályzatok is megjelentek. A kísérleti csoportban 3 tanuló kapott elégségest, 9 tanuló közepest, 16 tanuló jó és 22 tanuló jeles osztályzatot. A kontroll csoportban az elégségesek száma 6, a közepeseké 9, a jó osztályzatoké 15, míg a jeleseké 7 volt.

A *negyedikesek* matematika osztályzathoz tartozó fejlődési kategóriáit vizsgálva a harmadik osztályhoz hasonló képet kaptunk. *Azaz a matematikaosztályzatok növekedésével párhuzamosan a tanulók a problémamegoldási folyamatban is egyre magasabb fejlődési kategóriába estek.* A *kísérleti csoportban* az elégséges osztályzatot elért tanulók többsége egy fázisban, a közepesek többsége két vagy három fázisban, a jók nagyobb há-

nyada három és négy fázisban, míg a jelesek nagyobb arányban a negyedik fázisban mutattak fejlődést.

A kontroll csoportban az elégségesek és közepesek többsége egy fázisban, a jók két fázisban, míg a jelesek kettő vagy három fázisban mutattak fejlődést. A kontroll csoport esetében az adott matematika osztályzathoz tartozó legtöbb tanulót tartalmazó fejlődési kategória a közepes, jó és jeles osztályzatok esetében is egy kategóriával a kísérleti csoport alatt maradt. Ez a különbség betudható a didaktikai program hatásának.

Az egyes fejlődési kategóriákon belül az adott osztályzatokhoz tartozó tanulói megoszlások különbségeit tanulmányozva valamennyi kategóriában szignifikáns eltérést tapasztaltunk (5.4.2. táblázat). A harmadik osztály kísérleti csoportjában az 5., 4. és 3. kategóriákban a matematikaosztályzatok növekedésével együtt nőtt a fejlődési kategórián belüli tanulói előfordulási gyakoriság is. Ezekben a fejlődési kategóriákban *legnagyobb arányban a jeles osztályzatot elért tanulók szerepeltek*. A 2. fejlődési kategóriás tanulók többsége a kísérleti csoportban a jó osztályzatot, míg az 1. fejlődési kategóriába esők a közepes osztályzatot kapók körébe tartoztak.

A kontroll csoport annyi különbséget mutat a kísérleti csoporthoz képest, hogy az 5. fejlődési kategóriában egy tanuló sem található.

A matematika osztályzatok és természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődésének összefüggésire vonatkozó értékelésünket támasztja alá a két változó közötti rangkorrelációs vizsgálat is. A Spearman rho értékek mindkét évfolyam és mindkét csoport esetében közepes és szignifikáns kapcsolatot jeleznek (5. 4. 2. táblázat). Ez azt támasztja alá, *hogy a természettudományos problémamegoldási folyamatban jelentkező képességszintek együttjárnak a matematikai teljesítménnyel*. Egyben azt is jelenti, hogy a matematika tantárgy felelőssége nagy a tanulók problémamegoldó gondolkodásának fejlesztésében. A matematikában megtanult problémamegoldó technikák, algoritmusok és megszerzett képességek transzferálhatók a természettudományos tanulási folyamatba. Ez fordítva is igaz, a természettudományos problémamegoldási folyamatban szerzett tudás a matematika tanulásában is jól alkalmazható.

A matematika osztályzatok és a természettudományos problémamegoldási folyamatban mutatott képességek fejlődése közötti összefüggés vizsgálatának *fontos tanulsága, hogy egy problémamegoldást fejlesztő program ezt a kapcsolatot a két változó között megváltoztatni nem tudja, csu-*

pán erősítheti. Másik tanulság, hogy a természettudományos problémamegoldás és a metamatikai problémamegoldás folyamatának struktúrája hasonló (a kapcsolat minden csoportban szignifikáns a két változó között).

| Évfolyam | Csoport | Spearman rho |
|----------|-----------|--------------|
| 3. | Kísérleti | 0,423* |
| | Kontroll | 0,512** |
| 4. | Kísérleti | 0,534** |
| | Kontroll | 0,398* |

5.4.2. táblázat

A matematikaosztályzatok és a természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődése közötti összefüggést jelző rangkorrelációs értékek a harmadik és negyedik évfolyamon (: $p \leq 0,05$; ** : $p \leq 0,01$)*

A természetismeret osztályzatok és a problémamegoldási folyamat fejlődésének kapcsolatát a matematikához hasonlóan vizsgáltuk. A harmadik osztály kísérleti csoportjában (N = 51) 5 tanuló középest, 11 tanuló jó osztályzatot és 35 tanuló jelest kapott a természetismeret tantárgyból évvégén. A kontroll csoportban (N = 39) középest 4 tanuló, jó osztályzatot 10 tanuló, míg jeles osztályzatot 25 tanuló ért el a harmadik osztály végén.

A kísérleti csoportban az egyes osztályzatokhoz tartozó fejlődési kategóriákban mutatott előfordulási gyakoriságokat vizsgálva a közepes osztályzatot mutatók körében a 4. fejlődési kategóriába, a jók között a 3. kategóriába, míg a jelesek között ismét a negyedik kategóriába esett a tanulók többsége.

A kontroll csoportban a közepesek többsége egy fázisban, míg a jók és jelesek nagy része kettő fázisban mutatott fejlődést a problémamegoldásban. A kísérleti és kontroll csoport között szignifikáns eltérések vannak. A kísérleti csoportban az adott osztályzatot kapók körében a fejlődést mutatók többsége magasabb fejlődési kategóriába esik. Ez feltételezhetően a didaktikai program hatásának köszönhető.

A negyedik osztály kísérleti csoportjában a közepesek között a problémamegoldás folyamatában legtöbb fejlődést mutató tanuló a 4., a jók és jelesek között a 3. fejlődési kategóriába esik. A kontroll csoportban a közepesek között kettő fázisban, míg a jók és jelesek között három fázisban

fejlődött a legtöbb tanuló. Itt a kísérleti és kontroll csoport megoszlásai között nem volt jelentős különbség.

Az egyes fejlődési kategóriákon belül a természetismeret osztályzat szerinti tanulói megoszlás tekintetében harmadik osztályban a kísérleti csoport 5. kategóriában illetve a kontroll csoport 4. fejlődési kategóriában mutatott előfordulási gyakoriságainak különbségei kivételével a megoszlások eltérése minden kategóriában és mindkét csoportban szignifikáns.

A kísérleti csoportban az 5. fejlődési kategóriában a tanulók megoszlási gyakorisága szignifikánsan nem különbözik egymástól. A 4. fejlődési kategóriában a közepes osztályzatot mutató tanulók előfordulási gyakorisága szignifikánsan nagyobb a jók gyakoriságához képest. A jelesek a jókhoz és közepesekhez képest is nagyobb előfordulási gyakorisággal szerepelnek a négy fázisban fejlődést mutató tanulók között. A 3. fejlődési kategóriában a legnagyobb a jó, majd a jeles és végül a közepes osztályzatot kapó tanulók aránya. A 2. és 1. fejlődési kategóriákban a jelesek felé csökkenő tanulói előfordulási gyakoriság figyelhető meg.

A harmadik osztály kontroll csoportjában az 5. fejlődési kategóriában egy tanuló sem található. A 4. kategóriában az előfordulási gyakoriságok között nincs szignifikáns eltérés. A 3. és 2. fejlődési kategóriákban a jó tanulók, míg az 1. kategóriában a közepes tanulók szerepelnek a legnagyobb gyakorisággal.

A negyedik osztály kísérleti csoportjában az 5. kategóriában nincs szignifikáns eltérés az különböző osztályzatot kapók között. A 4. kategóriában a közepesek, a 3. fejlődési kategóriában a jók és jelesek találhatóak a legnagyobb arányban. A 2. és 1. fejlődési kategóriákban ismét a közepesek előfordulási gyakorisága a legnagyobb.

A negyedik osztály kontroll csoportban az 5. fejlődési kategóriában nincs szignifikáns eltérés az egyes osztályzatokhoz tartozó tanulók előfordulási gyakoriságában. A 4. kategóriában a jók, míg a 3. fejlődési kategóriában a jók és jelesek gyakorisága a legnagyobb. A kontroll csoport tanulói között a kettő és egy fázisban fejlődést mutatók többsége közepes osztályzatot ért el természetismeret tantárgyból.

A természetismeret tantárgyi osztályzatok és a problémamegoldási folyamat fejlődése közötti összefüggést jelző Sperman rho értékek a harmadik osztály kísérleti csoportjában nem mutattak szignifikáns kapcsolatot a két változó között (5.4.3. táblázat). A kontroll csoportban az összefüggés már szignifikáns. A 4. osztály kísérleti csoportjában negatív és

szignifikáns, gyenge összefüggést igazolt a rangkorrelációs vizsgálat. A kontroll csoportban is hasonló erősségű kapcsolat figyelhető meg pozitív előjellel.

A rangkorrelációs vizsgálat *a természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődése és a természetismeret tantárgyi osztályzatok között gyengébb és kevésbé következetes kapcsolatot jelzett a matematika osztályzatokkal mutatott összefüggéshez képest*. Ezen még az általunk bemutatott és alkalmazott fejlesztő program sem tudott érdemben változtatni. Ebből arra következtethetünk, hogy *a matematikai teljesítmény erősebben függ a tanulók problémamegoldási képességétől*. A természetismeret tantárgy tanulásában az általános iskola alsó tagozatában még inkább az elemi gondolkodási műveletek fejlesztéséé és alapszintű ismeretszintű tudás kialakításáé a fő szerep. A matematikával ellentétben természetismeret tantárgyból az alsó tagozatban lehet úgy is jó osztályzatot kapni, ha valaki csak megtanulja az adott témát feldolgozó szöveget. *Ezért a kisiskolások természetismeret tantárgyi teljesítményemég nem feltétlenül jár együtt a gondolkodási képességek magasabb fejlettségi szintjével*.

A *harmadik és negyedik osztály kísérleti csoportjában* azt is megfigyelhettük, hogy a természetismeretből leggyengébb osztályzatot kapók (közepesek) *előfordulási gyakorisága a 4. fejlődési kategóriában volt a legnagyobb*. Hasonló előfordulási gyakoriság harmadikban csak a jelesek körében volt érzékelhető, míg a jók (és negyedikben a jelesek is) az egygyel alacsonyabb fejlődési kategóriában voltak megfigyelhetők legnagyobb arányban. Negyedik osztályban a kísérleti csoportban a Sperman rho értéke is negatív (a kontrollban pozitív), ami feltételezésünk szerint azt jelenti, hogy *minél jobb osztályzatot ért el valaki természetismeret tantárgyból, annál kevésbé gyakorolt hatást a didaktikai program a problémamegoldási folyamatában mutatott képességek fejlődésére*. Azaz *a didaktikai program a gyengébb eredményt mutatók körében volt hatásosabb a negyedik osztályban*.

| <i>Évfolyam</i> | <i>Csoport</i> | <i>Spearman rho</i> |
|-----------------|----------------|---------------------|
| 3. | Kísérleti | 0,113 |
| | Kontroll | 0,412** |
| 4. | Kísérleti | -0,334** |
| | Kontroll | 0,379* |

5.4.3. táblázat

A természetismeret osztályzatok és a természettudományos probléma-megoldási folyamat fejlődése közötti összefüggést jelző rangkorrelációs értékek a harmadik és negyedik évfolyamon (: $p \leq 0,05$; ** : $p \leq 0,01$)*

Az összefüggések sorában megvizsgáltuk, hogy van-e kapcsolat a magyar negyedikes tanulókkal 2008-ban végzett Országos kompetenciamérésben szereplő gondolkodási műveletek és a természettudományos problémamegoldási folyamatban mutatott képességek fejlődése között.

A kompetenciamérés gondolkodás altesztjében a rendszerezés és kombinálás képességszintjét vizsgálták. A két gondolkodási művelet alkalmazását számonkérő feladatokban maximálisan 100-100 pontot lehetett elérni. Az országos átlag a rendszerezés esetében 52 pont, míg a kombinálás esetében 53 pont volt. A tanulók két gondolkodási művelet alkalmazására vonatkozó országos átlaga között nem volt szignifikáns eltérés. A két gondolkodási művelet összefüggése nem bizonyult erősnek és szignifikánsan sem (Pearson korreláció: 0,077; Spearman rho: 0,103) (OH, 2008).

| <i>Gon- dolko- dási művelet</i> | <i>Cso- port</i> | <i>Át- lag</i> | <i>Fejlődési kategóriák</i> | | | | |
|---|----------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | | <i>5. ka- tegória</i> | <i>4. kate- gória</i> | <i>3. kate- gória</i> | <i>2. ka- tegória</i> | <i>1. ka- tegória</i> |
| Rend- szerezés | Kísérleti | 68 | 0,20 | 0,28 | 0,25 | 0,16 | 0,11 |
| | Kontroll | 64 | 0,09 | 0,18 | 0,34 | 0,24 | 0,15 |
| Kombi- nálás | Kísérleti | 76 | 0,20 | 0,28 | 0,25 | 0,16 | 0,11 |
| | Kontroll | 72 | 0,09 | 0,18 | 0,34 | 0,24 | 0,15 |

5.4.4. táblázat

A kompetenciamérés gondolkodási altesztjében szereplő, gondolkodási műveletekhez tartozó fejlődési kategóriákban mutatott előfordulási gyakoriságok a negyedik osztályban

Az 5.4.4. táblázatban látható, hogy a mi vizsgálatunkban résztvevő tanulók mindkét csoportban felülmúlták az országos átlagot (nagyvárosi és egyben gyakorló általános iskolák tanulói voltak). Az 5.4.4. táblázatban feltüntetett előfordulási gyakoriságok az egyes fejlődési kategóriában megegyeznek a fejlődés vizsgáltában adott évfolyamra vonatkozó gyakorisági értékekkel, így azok elemzésére ismét nem térünk ki. A fejlődés vizsgálatban tapasztalt megoszlások változatlan formában történő felhasználásának oka az volt, hogy a gondolkodási műveletekre vonatkozó teljesítményeket nem csoportosítottuk különböző kategóriákba, csak a teljes minta átlagával kerestük az összefüggést.

Az 5.4.5. táblázat szerint *a rendszerezés és a problémamegoldási folyamat fejlődése között nincs értékelhető összefüggés. A kombinálással mutatott kapcsolat is gyenge, de szigifikáns.* Így megállapítható, hogy a természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődése az általános iskola negyedik osztályában hozzájárul a tanulók kombinálási képességének fejlődéséhez. Ez nem véletlen, mivel *a problémamegoldás során ez a gondolkodási művelet a megoldási folyamat minden fázisában alkalmazásra kerül.*

| <i>Gondolkodási művelet</i> | <i>Csoport</i> | <i>Spearman rho</i> |
|-----------------------------|----------------|---------------------|
| Rendszerezés | Kísérleti | 0,076 |
| | Kontroll | 0,089 |
| Kombinálás | Kísérleti | 0,275* |
| | Kontroll | 0,179* |

5.4.5. táblázat

A kompetenciamérés gondolkodási altesztjében szereplő gondolkodási műveletek átlagai és a természettudományos problémaemegoldási folyamat fejlődése közötti összefüggést jelző rangkorrelációs értékek a a negyedik évfolyamon (: $p \leq 0,05$; ** : $p \leq 0,01$)*

A háttértényezőkkel mutatott összefüggés vizsgálatában utolsóként az *anya iskolai végzettsége és a problémamegoldási folyamat fejlődése közötti kapcsolatot tanulmányoztuk.* Az iskolai végzettségek sorában a következő végzettségeket vizsgáltuk: nyolc általános, szakmunkás, érettségi, főiskola és egyetem. A tanulók megoszlása az anya iskolai végzettsége

szerint az egyes évfolyamokon hasonló volt. Változás a kísérleti csoportban a harmadik osztályra történt, ahol a főiskolát végzett anyák 3 %-a egyetemi diplomát szerzett. A kontroll csoportban a negyedik osztályra volt ugyanez megfigyelhető, ahol a főiskolai diplomával rendelkező anyák 6 %-a kapott egyetemi diplomát (5. 4. 6. táblázat). Csak „nyolc általános” iskolai végzettséggel a mintában egy anya sem szerepelt, így ezt a végzettségtípust az elemzés során kihagytuk.

| Anyai iskolai végzettsége | 1. osztály | | 2. osztály | | 3. osztály | | 4. osztály | |
|---------------------------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| | Kísérleti | Kontroll | Kísérleti | Kontroll | Kísérleti | Kontroll | Kísérleti | Kontroll |
| Szakmunkás | 3% | 5% | 3% | 5% | 3% | 5% | 3% | 5% |
| Érettségi | 16% | 18% | 16% | 18% | 16% | 18% | 16% | 18% |
| Főiskola | 43% | 46% | 43% | 46% | 40% | 46% | 40% | 40% |
| Egyetem | 38% | 31% | 38% | 31% | 41% | 31% | 41% | 37% |

5.4.6. táblázat

A tanulók anyai iskolai végzettsége szerinti megoszlása az egyes évfolyamokon

Az *első osztályban* a tanulók előfordulási gyakoriságát elemeztük az adott iskolai végzettséghez tartozó fejlődési kategóriákban. A *kísérleti csoportban* iskolai végzettségtől függetlenül a tanulók nagy része egy vagy két fázisban fejlődött. Kivételt az egyetemet végzett anyák gyermekei képeztek, akik között a három fázisban fejlődő tanulók aránya volt a legnagyobb.

A *kontroll csoportban* is hasonló megoszlásokat figyelhetünk meg. Az egyetemi végzettségű anyák gyermekei a kontroll csoportban is három vagy két fázisban fejlődtek nagyobb számmal.

A kisiskolás tanulók természettudományos problémamegoldási folyamatának fejlődése és az anyai iskolai végzettsége közötti összefüggésvizsgálat változatos képet mutatott (5. 4. 7. táblázat). Erős kapcsolat a két változó között egyetlen évfolyamon sem figyelhető meg. *Az összefüggések gyengék és csak az első és negyedik osztály kísérleti csoportjában szigni-*

fikánsak. Ez összességében azt jelenti, hogy a tanulók természettudományos problémamegoldási folyamatában mutatott fejlődést az általános iskola alsó tagozatában az anya iskolai végzettsége kevésbé befolyásolja. Az első és negyedik osztályban a kísérleti csoport kontroll csoporthoz viszonyított erősebb összefüggése utalhat arra, hogy a didaktikai program problémamegoldásra kifejtett fejlesztő hatása nagyobb a magasabb iskolai végzettségű anyák gyermekei esetében. Ezt azonban csak akkor lehetne teljes bizonyossággal kijelenteni, ha ugyanezt az eltérést más évfolyamon is tapasztaltuk volna.

| <i>Évfolyam</i> | <i>Csoport</i> | <i>Spearman rho</i> |
|-----------------|----------------|---------------------|
| 1. | Kísérleti | 0,243* |
| | Kontroll | 0,198 |
| 2. | Kísérleti | 0,153 |
| | Kontroll | 0,179 |
| 3. | Kísérleti | 0,098 |
| | Kontroll | 0,214 |
| 4. | Kísérleti | 0,321** |
| | Kontroll | 0,171 |

5.4.7. táblázat

Az anya iskolai végzettsége és a természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődése közötti összefüggést jelző rangkorrelációs értékek a negyedik évfolyamon

(* : $p \leq 0,05$; ** : $p \leq 0,01$)

5.4.5. Összegzés

A kisiskolások természettudományos problémamegoldási folyamatának háttértényezői közül a matematika- és természetismeret osztályzattal, a rendszerezés és kombinálás gondolkodási műveletek alkalmazását igénylő feladatokban nyújtott teljesítménnyel és az anya iskolai végzettségével mutatott összefüggéseket vizsgáltuk.

Megállapítottuk, hogy a természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődése és a vizsgált tantárgyi osztályzatok közötti összefüggés a matematika esetében erősebb a természetismeret tantárgyhoz képest. Ezt a két tantárgy eltérő logikai struktúrájával és tanulási sajátosságaival ma-

gyarítottuk. A matematika tantárgyban elért eredmény alapvetően függ a tanulók problémamegoldó gondolkodásának fejlettségétől, míg a természetismeret tantárgyban mutatott jobb teljesítményt az általános iskola alsó tagozatában az ismeretek betanulásával is el lehet érni. *Amennyiben a természetismeret oktatása a megszerzett ismeret alkalmazását (több kísérlet, megfigyelés, természettudományos probléma megoldása) az eddiginél súlyozottabban kérné számon, úgy a problémamegoldási folyamatban mutatott fejlődés és természetismeret tantárgyi tudás és teljesítmény között is erősebb összefüggés lenne.*

A gondolkodási műveletek közül a kombinálás művelettel mutatott összefüggés szignifikáns, de gyenge volt. *A kapcsolat oka az, hogy ez a gondolkodási művelet a problémamegoldás minden fázisában jelen van.*

Az anya iskolai végzettsége és a természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődése között csak gyenge és többségében nem szignifikáns kapcsolatot tudunk kimutatni. Ez azt igazolja, hogy *az anyák iskolázottsága a vizsgált mintában szignifikánsan nem befolyásolta a problémamegoldási folyamatban elért képességszinteket az általános iskola alsó tagozatában.*

Összefoglalás

A természettudományos nevelés céljai között kiemelt jelentőségű a tanulók természet iránti pozitív attitűdjének kialakítása. Ennek a célnak a megvalósításához a természet megismerésén keresztül vezet az út. A természet-megismerési kompetenciák között központi szerepe van a természettudományos kutatás logikájára épülő problémamegoldásnak, amelynek tudatos fejlesztése a természettudományos oktatás kiemelt feladata. A fejlesztés módszereinek alkalmazását elsődlegesen a tanulók életkori sajátosságaihoz kell igazítanunk. Ehhez ismernünk kell az adott életkorra jellemző kognitív, affektív és effektív sajátosságokat, továbbá a természettudományos problémamegoldás strukturális és procedurális jellemzőit.

A tanulmányban bemutatott „Rostock Modell” nemzetközi didaktikai program az általános iskola 1-4. évfolyamos tanulóinak természettudományos gondolkodását, ennek részeként a természettudományos problémamegoldást kívánta vizsgálni és fejleszteni. A problémamegoldás fejlesztésének fontos módszere volt a kísérletezés, amely menetének tudatosítása a program kiemelt feladata volt. Ez egyúttal a problémamegoldás folyamatának explicit fejlesztését is jelentette. Ezért került vizsgálataink középpontjába a természettudományos problémamegoldás folyamatának többszempontú tanulmányozása.

A *vizsgálat elsődleges célja* a kisiskolások természettudományos problémamegoldási folyamatára jellemző sajátosságok feltárása volt. Ezzel arra kívántunk rávilágítani, hogy az adott életkorban a problémamegoldás mely elemeinek a fejlesztése a legindokoltabb és leghatékonyabb. A *vizsgálat másik célja* az általunk alkalmazott didaktikai program természettudományos problémamegoldási folyamat változására gyakorolt hatásának kimutatása volt. Ezzel mintát és ötletet szerettünk volna adni arra vonatkozóan, hogy a vizsgált életkorban hasonló módszerekkel a problémamegoldás folyamatának mely elemei fejleszthetők a legnagyobb hatékonysággal.

Az *előzményekből* levont legfontosabb következtetések a kisiskolások természettudományos problémamegoldási folyamatának fejlesztésére és vizsgálatára vonatkozóan a következők voltak:

- 1) A problémamegoldás egy olyan komplex folyamat, amelyben a problémamegoldó egy kognitív, affektív, effektív és szociális sajátosságokkal rendelkező személyiség, aki feladatát meghatározott körülmények között végzi.

- 2) A problémátípusok rendszerét tekinthetjük úgy, mint egy n-dimenziós topológiai hiperteret, amelynek meghatározott keresztmetszetében helyezkednek el a vizsgálatunkban szereplő problémafeladatok kiindulási problémái. A vizsgálatunkban alkalmazott problémák a kisiskolás életkornak megfelelően a szemantikusan szegény, jól definiált, ellenféllel nem rendelkező, adott problémák megoldását igénylő és valós problémák dimenzióinak keresztmetszetébe kerültek.
- 3) A vizsgált életkor kognitív fejlettségi szintjének legmegfelelőbb problémamegoldási folyamat modell Pólya György (1957) modelljének átdolgozott változata, a Gick és Holyoak (1980) háromlépcsős redukzív modell. Ennek a modellnek a természettudományos kutatás hipotetikus-deduktív modelljével történő egyeztetése után alkottuk meg az általunk vizsgált folyamatmodellt: 1) *A megoldás céljának meghatározása*; 2) *A probléma megfogalmazása*; 3) *A megoldásra vonatkozó jóslat, hipotézis*; 4) *Tervezés és végrehajtás*; 5) *Értékelés*.
- 4) A didaktikai program során a tanulóknak úgy kell kialakítani a tanulás és problémamegoldás folyamatának tudatos ismeretét és szabályozását, továbbá a megfelelő önreflexiót, hogy ezzel ne terheljük túl a tanulók munkamemóriáját, és az instrukciókat folyamatosan, kis lépésekben adagoljuk.
- 5) A természettudományos problémamegoldási folyamat változásait a kognitív tényezőkön kívül más tényezők is befolyásolják, amelyek hatását szintén vizsgálnunk kell ahhoz, hogy a problémamegoldás adott életkorra jellemző sajátosságait megfelelően értelmezzük.
- 6) A kisiskolás mint affektív, szociális és kognitív jellemzőkkel rendelkező, komplex személyiség vesz részt a tanulás folyamatában. Ezért a „Rostock Modell” didaktikai program a kísérleti tanítások során kiemelten kezelte a tanulók emocionális és motivációs igényeit, továbbá olyan módszereket alkalmazott, amelyek biztosították a hatékony tanuló-tanár és tanuló- tanuló interakciókat. A didaktikai program az értő, szemléletes és tudatos természettudományos tanulás igényét kívánta kialakítani és fejleszteni a tanulóknak. A problémamegoldás tanulásában explicit és implicit eljárást egyaránt alkalmazott. A megoldás tudatossága nemcsak a megoldási folyamat fázisainak az ismeretére vonatkozott, hanem a tanulók megoldás közben tanúsított tevékenységének tudatos önértékelésére is. A didaktikai program figyelembe veszi, hogy a tanulók különböző értelmi fejlettséggel rendelkeznek és a vizs-

gált életkorban már formális gondolkodással rendelkező tanulók is előfordulnak. Ennek érdekében a „VÍZ” témakörben bizonyos témák tanulását előbbre hozta a magyar és német kerettantervekhez képest. A víz részecske természetével történő következtetés, minden évfolyamra kiterjedő foglalkozás megalapozta a részecske szemlélet kialakítását és a későbbi tévképzetek elkerülését.

A vizsgálatok a természettudományos problémamegoldási folyamat fejlettségét, annak változásait, továbbá a megoldási folyamat fejlődését befolyásoló háttértényezők szerepét tanulmányozták.

A természettudományos problémamegoldási folyamat *fejlettségének vizsgálata* során a kisiskolás korosztály megoldási folyamatának *struktúráját* és a megoldási folyamatra vonatkozó *tudásszerkezetet* kívántuk feltárni. A struktúra és tudásszerkezet vizsgálatokban kerestük a didaktikai program problémamegoldási folyamatra gyakorolt hatását.

A struktúra vizsgálat legfontosabb eredményei és következtetései:

- 1) A természettudományos problémamegoldás folyamatának struktúrája az alkalmazott didaktikai program hatásától függetlenül hasonló a vizsgált minta valamennyi évfolyamában.
- 2) Az általános iskola 1-4. osztályában a természettudományos problémamegoldás folyamatában a célmeghatározás és probléma megfogalmazás fázisok hipotézisalkotás (jóslat) és tevezés képességéhez viszonyított szignifikánsan alacsonyabb szintje volt megfigyelhető.
- 3) A problémamegoldás leggyengébb láncszeme a megoldás értékelése és annak magyarázata a vizsgált életkorban.
- 4) Az absztrakció magasabb szintjére harmadik illetve negyedik osztályban jutnak el a tanulók, amit a célmeghatározás, probléma megfogalmazás és értékelés ezekre az évfolyamokra történő, előző évfolyamokhoz viszonyított szignifikánsan magasabb fejlettségi szintjei igazolnak.
- 5) Negyedik osztályra történik meg a vizsgált kategóriákban legmagasabb szintet jelentő, tudatos célmeghatározás és probléma megfogalmazás képességének előző évfolyamokhoz viszonyított nagyobb fokú fejlődése és a megoldásra vonatkozó gondolatok absztraktabb, tudományos nyelven történő kifejezése.
- 6) A természettudományos problémamegoldási folyamat alapstruktúráját a vizsgált mintában döntő módon az életkor határozta meg. A didakti-

kai program az egyes fázisok és dimenziók egymáshoz viszonyított arányát befolyásolta illetve a harmadikos és negyedikes gyermekek fejlődését segítette legnagyobb mértékben.

- 7) A problémamegoldás fejlesztésének és fejlődésének feltétele, hogy a tanulók képesek legyenek a megoldáshoz szükséges absztrakt gondolkodásra. A vizsgálat bizonyította, hogy életkor szerint a harmadik és negyedik osztályosok között már van több formális gondolkodással rendelkező tanuló, akire a problémamegoldást explicit módon fejlesztő program pozitív hatással van. Ez azt jelenti, hogy már az általános iskola alsó tagozatában elkezdhető a természettudományos problémamegoldás eddigieknél tudatosabb fejlesztése, a meglévő és erőteljes fázisok megőrzése, szinten tartása és megerősítése illetve a gyengébb fázisok intenzívebb fejlesztése.
- 8) Egy fejlesztőprogram hatásának értékelésekor nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy a tanulók milyen előképzettséggel rendelkeznek, illetve mi történik az iskolában a fejlesztő program időtartama alatt. Ezek a háttértényezők jelentősen beeshetnek a fejlesztő program eredményeinek értelmezésébe. Ennek bizonyítékát láthattuk a magyar és német tanulók teljesítmény különbségeinek elemzésekor.
- 9) A problémamegoldás folyamatának fejlettségi szintjét (és fejlődését is) befolyásolja a megoldáshoz szükséges előzetes ismeretek megléte, azok minőségi és mennyiségi paraméterei.
- 10) A két nem között nem találtunk számottevő különbséget a problémamegoldás folyamatának kognitív struktúrájában.

A természettudományos problémamegoldási folyamat strukturális és fejlődésbeli sajátosságainak sokoldalú vizsgálata érdekében tanulmányoztuk a negyedik évfolyamos tanulók problémamegoldási folyamatának *tudásszerkezetét*. A három különböző szinten végzett elemzés legfontosabb konklúziói:

- 1) A problémamegoldás Pólya-féle (1958) lineáris modell fázisainak tanulási sorrendje időlegesen befolyásolható célzott tanítási-tanulási módszerekkel.
- 2) A struktúra és fejlődés vizsgálatok eredményeivel összhangban beigazolódott, hogy a problémamegoldás fejlődése során a tanulók hamarabb tanulnak meg hipotéziseket, jóslatokat megfogalmazni, mint prob-

lémát reprezentálni. A 9-10 éves gyermek számára a célmeghatározás és a megoldás értékelése a legnehezebb feladat.

- 3) A tanulási utak elemzése rámutatott arra az evidenciára, hogy a probléma megfogalmazása, és a hipotézisalkotás képessége szinte minden esetben feltétele a többi elem megjelenésének.
- 4) A kritikus elemek meghatározása során beigazolódott, hogy a tanulók többsége már 9-10 éves korban kész a problémamegoldási folyamat legabsztraktabb elemeinek elsajátítására. Ezért ebben az életkorban már intenzíven foglalkozhatunk a problémamegoldás explicit fejlesztésével is. A tanulók az általános iskola alsó tagozatában ekkor a legérzékenyebbek a tudatos célmeghatározás és probléma megfogalmazás valamint az értékelés képességének fejlesztésére.

A kisiskolások természettudományos problémamegoldási folyamatának *fejlődését elemző vizsgálatunk*bana pedagógiai gyakorlatban is alkalmazható értékelési eljárást dolgoztunk ki. Az eljárás a fejlődést követő három egymás utáni mérésből állapítja meg, hogy a tanuló a problémamegoldási folyamatban milyen változáson ment keresztül az oktatás meghatározott időtartama alatt. Ezek alapján a tanulók három változás típusba (stagnálás, progresszió, regresszió) és különböző altípusokba sorolhatók. Az általunk végzett fejlődésvizsgálat alapját is ez az eljárás képezte, amelynek legfontosabb eredményeit az alábbiakban foglaljuk össze:

- 1) Az első osztályban a kísérleti és kontroll csoport is a tervezés és végrehajtás képesség, illetve a hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás mennyiségi dimenzióiban mutatták a legnagyobb fejlődést.
- 2) A második osztály „stagnáló” évfolyam volt. Csak a hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás mennyiségi dimenzióiban fejlődtek jelentősen.
- 3) *A harmadik osztályban a célmeghatározás, probléma megfogalmazás valamint a hipotézisalkotás fázisokban szignifikánsan nagyobb mértékű fejlődés volt megfigyelhető az első két évfolyamhoz képest. Ez a változás a kísérleti és kontroll csoportra is jellemző volt, amit az életkor hatásának tekinthetünk. A két csoport közötti megoszlásbeli különbségek és a kísérleti csoportban mért közepes hatásméretetek azonban a célmeghatározás és probléma megfogalmazása fázisokban a didaktikai program jelentősebb fejlesztő hatását igazolták.*
- 4) *A negyedik évfolyamon tovább nőtt a célmeghatározásban és probléma megfogalmazásban fejlődést mutató tanulók száma és jelentős fejlő-*

désnek indult az értékelés fázis is. *A kísérleti csoport fejlődése ezekben a fázisokban felülmúlta a kontroll csoport progresszióját, ami a didaktikai program fejlesztő hatását igazolta.*

- 5) A magyar és német tanulók között (az értékelés fázis kivételével) minden fázis fejlődésében szignifikáns eltérést találtunk. A célmeghatározás, probléma megfogalmazás fázisokban, valamint a hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás képesség dimenziókban a magyar gyermekek fejlődése volt intenzívebb a vizsgált kísérleti csoportban. A hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás mennyiségi dimenzióiban a harmadik osztályban a német, negyedik osztályban a magyar tanulók fejlődtek nagyobb mértékben. Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy a német tanulók több kísérletet és megfigyelést tartalmazó természettudományos nevelése nem jelentett előnyt a didaktikai program fejlesztő hatása szempontjából a rostocki tanulók esetében. Másik következtetésünk az volt, hogy a megoldásra vonatkozó hipotézisek és tervezés tekintetében abban az évfolyamban mutatták a nagyobb fejlődést a tanulók, amelyben az interjúban alkalmazott feladat megoldásához szükséges ismereteket a tanítási órákon aktuálisan tanulták.
- 6) A nemek fejlődése közötti különbségekre vonatkozó vizsgálatban a lányok előnye a hipotézisalkotás és tervezés, végrehajtás mennyiségi dimenziókban volt jellemző az első és második osztályban.
- 7) A fejlődésvizsgálat végén a tanulókat évfolyamonként fejlődési kategóriákba soroltuk. A harmadik osztályban volt először megfigyelhető, hogy a tanulók többsége három fázisban mutatott fejlődést és az ennél több fázisban fejlődő tanulók száma is növekedett. Negyedik osztályban a legtöbb tanuló még mindig három fázisban fejlődött, de a négy fázisban előbbrejutó tanulók száma is jelentősen megnövekedett a harmadik évfolyamhoz képest.
- 8) A fejlődés legmagasabb szintjére jutó tanulók előfordulási gyakoriságát a negyedik osztályban mértük. A legtöbb tanuló egy vagy két fázisban jutott el a legmagasabb szintre *és a kísérleti csoportban a többi kategóriában is nagyobb számú tanuló volt a kontroll csoporthoz képest. Ezt a különbséget a didaktikai program hatásaként értelmeztük.*

A természettudományos problémamegoldási folyamat változásainak pontosabb értelmezése céljából megvizsgáltuk, hogy *milyen összefüggés figyelhető meg a megoldási folyamatban bekövetkező fejlődés valamint a matematika- és természetismeret osztályzat, a rendszerezés és kombinálás*

gondolkodási műveletei és az anya iskolai végzettsége között. A vizsgálat eredményei a következők voltak:

- 1) A természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődése és a vizsgált tantárgyi osztályzatok közötti összefüggés a matematika esetében erősebb a természetismeret tantárgyhoz képest. Ezt a két tantárgy eltérő logikai struktúrájával és tanulási sajátosságaival magyaráztuk.
- 2) A gondolkodási műveletek közül a kombinálás művelettel mutatott összefüggés volt gyenge, de szignifikáns. A kapcsolat oka az, hogy ez a gondolkodási művelet a problémamegoldás minden fázisában jelen van.
- 3) Az anya iskolai végzettsége és a természettudományos problémamegoldási folyamat fejlődése között csak gyenge és többségében nem szignifikáns kapcsolatot tudunk kimutatni. Az anyák iskolázottsága a vizsgált mintában szignifikánsan nem befolyásolta a problémamegoldási folyamatban elért képességszinteket az általános iskola alsó tagozatában.

A természettudományos problémamegoldásra vonatkozó struktúra, tudásszerkezet és fejlődésvizsgálataink közös konklúziói a pedagógiai gyakorlat számára:

- 1) A természettudományos problémamegoldási folyamat intenzív fejlődése már 8-9 éveskorban megfigyelhető.
- 2) A legtöbb fázisban intenzív fejlődést mutató tanulók többsége feltételezhetően már eljutott a formális gondolkodás szakaszába, de még nem érte el a problémamegoldás legmagasabb absztrakciós szintjeit. Ez a későbbi életkorokban várható.
- 3) A problémamegoldás hatékony fejlesztésének feltétele a fejlesztendő képesség összetevők megléte illetve az azok befogadására történő felkészültség megfelelő mértéke.
- 4) A természettudományos problémamegoldás fejlesztése az általános iskola első osztályától indokolt, mivel a tanulók ekkor már képesek a megoldásra vonatkozó jóslatokkal élni. Ezért már az első osztályban a megoldásra vonatkozó jóslatok (hipotézisek) kifejtésére és azok kivitelezésére érdemes ösztönözni a tanulókat. Ehhez olyan tanulási környezet biztosítása szükséges, amelyben a tanulók szabadon megnyilvánulhatnak és sok természettudományos megfigyelést és egyszerű kísérletet végeznek. Harmadik és negyedik osztályban már tudatosan

számon kérhetjük a megoldás célját, a probléma megfogalmazását és a megoldásra vonatkozó hipotéziseket, illetve a megoldás értékelését is. A harmadik és negyedik évfolyamon vállalkozhatunk a problémamegoldás folyamatának explicit fejlesztésére.

- 5) A problémamegoldás folyamatának fejlődését befolyásolja az, hogy a tanuló rendelkezik-e a megoldáshoz szükséges előzetes ismeretekkel, illetve azok milyen frissen élnek a tanuló emlékezetében.

A vizsgálatok fontos tanulsága, hogy *a problémamegoldási folyamat az életkor által meghatározott alapstruktúrával rendelkezik, amelyet egy problémamegoldást komplex módon fejlesztő (explicit és implicit fejlesztés) program kevésbé tud befolyásolni. A fejlesztő programok hatása abban rejlik, hogy képes a struktúra elemeinek egymáshoz viszonyított arányait megváltoztatni, a megoldási folyamat egyes fázisaink képességszintjét növelni* akkor, ha az adott fázis már jelen van a tanuló gondolkodásában. Ez azonban fontos hozadéka lehet egy fejlesztő programnak, mert ezáltal a tanulók rutinosabb, következőképp sikeresebb problémamegoldóvá válnak.

A tanulmányban egy kiválasztott problémamegoldó modell alapján vizsgáltuk a tanulókat. Kérdés, hogy ez mennyiben fedi le a gyermeki gondolkodás problémamegoldó sémáit? Létezik-e a már leírt modellektől eltérő korai problémamegoldási út? Ha igen, hogyan struktúrálődik és változik az életkor előrehaladtával, míg nem elérjük a felnőttekre jellemző komplex problémamegoldás sémáit?

A kérdések megválaszolásában a struktúra és fejlődés vizsgálatok mellett a jövőben jelentős szerepe lehet azoknak a neurobiológiai és bioinformatikai kutatásoknak, amelyek a problémamegoldás biológiai hátterét kívánják feltárni. Mivel a problémamegoldó gondolkodás egy *képesség*, fejlődésében jentős szerepe van a környezetnek is. Így a kutatások során nem hagyható figyelmen kívül az sem, hogy milyen hatások és hogyan befolyásolják ennek a képességnek az expresszióját. A problémamegoldás vizsgálata ezért komplex feladat, amely a természet- és társadalomtudományok konvergens, összehangolt kutatási együttműködését igényli a jövőben.

Irodalom

- Abari Kálmán és Máth János (2010): A történelmi tudás mérése a tudás-tér-elmélet segítségével. In: Münnich, Á. és Hunyady, Gy. (szerk.): *A nemzeti emlékezet vizsgálatának pszichológiai szempontjai*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 191-216.
- Abu-Jado, S. és Nwfal, M. (2007): *Teaching thinking: Theory and practice*. Al Masera Publisher, Amman
- Ackermann, E. K. (1987): New trends in cognitive development: Theoretical and empirical contributions. *Learning and Instruction*, 8 (4), 375-385.
- Aebli, H., Montada, L. és Steiner G. (1994): *Erkennen, Lernen, Wachsen*. Klett-Cotta, Stuttgart.
- Adey, P és Csapó B. (2012): A tudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In: Csapó Benő és Szabó Gábor (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 17-57.
- Ainsworth, M. D. S. (1978): Infant-mother attachment. In: Richards, M. (szerk.): *The Child's Integration into the Social World*. Cambridge University Press, New York.
- Aktamis, H. és Ergin, Ö. (2008): The effect of scientific process skills education on students' scientific creativity, science attitudes and academic achievements. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9 (1), 28-42.
- Albrecht, K. (2003): *High problem solving. A new paradigm for thinking*. <http://www.KarlAlbrecht.com> Letöltés: 2013. 01. 23.
- Alheit, P. (1995): „Biographizität” als Lernpotential: Konzeptionelle Überlegungen zum biographischen Ansatz in der Erwachsenenbildung. In: Krüger, W. Marotzki (szerk.): *Erziehungswissenschaftliche Biographieforschung*. Opladen: Leske und Budrich.
- Alloway, T. P. (2006): How does working memory work in the classroom? *Educational Research and Reviews*, 1, 134–139.
- Anderson, D. és Nashon, M. (2006): Predators of knowledge construction: Interpreting students' metacognition in an amusement park physics program. *Science Education*, 1–23.

- Anderson, J. R. (1983): *The architecture of cognition*. Harvard University Press, Cambridge.
- Anderson, J. R. és Thompson, R. (1989): Use of analogy in a production system architecture. In: Vosniadou, S. és Ortony, A (szerk.): *Similarly and analogical reasoning*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. és Wittrock, M. C. (2001): *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman, New York.
- Andreassen, C. és Salatas-Water, R. H. (1989): Organization during studying: relationships between metamemory, strategy use, and performance. *Journal of Educational Psychology*, 81 (2), 190–196.
- Aravena, D. M. és Caamano, E. C. (2007): *The method of problem solving based on the Japanese and Polya's models. A classroom experience in chilean schools*. <http://tsg.icme11.org/document/get/454> Letöltés: 2012. 12. 11.
- Artz, A. F. és Armour-Thomas, E. (1992): Developmnet of a cognitive-metacognitive framework for protocol analysis of mathematical problem solving in small groups. *Cognition and Instruction*, 9, 137–175.
- Assessment of Performance Unit (1984): *Science is schools: age 13. Report No. 2*. HMSO, London.
- Az óvodai nevelés alapprogramja (2004): *137/1996 (VIII. 28) számú Kormány rendelet az óvodai nevelés alapprogramjáról*. Oktatási és Kulturális Minisztérium, Budapest.
- Baddeley, A. D. (1995): Working memory. In: Gazzaniga, M. S. (szerk.): *The Cognitive NeuroSciences*, MA: MIT Press, Cambridge.
- Baddeley, A. D. (2002): Is working memory still working? *European Psychologist*, 7, 85–97.
- Balogh László és G. Kámánchey Márta (1995): A gondolkodás fejlődésének sajátosságai 6–10 éves korban, különös tekintettel az anyanyelvi fejlettséggel való összefüggésekre. In: Balogh László (szerk): *Tehetség és a képességek*. Debrecen, KLTE, 9–32.
- Barnard, P. (1999): Interacting cognitive subsystems: Modeling working memory phenomena within a multiprocessor architecture. In: Miyake, A. és Shah, P. (szerk.): *Models WorkingMemory: Mechanisms of Active*

- Maintenance and Executive Control*. Cambridge University Press, New York.
- Baron, J. (2000): *Thinking and deciding*. Cambridge University Press, New York.
- Beck, U. (1986): *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Frankfurt a. M Suhrkamp.
- Beckmann, J. F. és Guthke, J (1995): Complex problem solving, intelligence and learning ability. In: Frensch, P. A. és Funke, J. (szerk.): *Complex problem solving. The European perspective*. NJ: Erlbaum, Hillsdale. 3–25.
- Baumrind, D. (1991): The influence of parentid style of adolescence competence and substance abuse. *Journal of Early Adolescence*, 11, 56–95.
- Beckmann, J. F. és Guthke, J. (1995): Complex problem solving, intelligence and learning ability. In: Frensch, P. A. és Funke, J. (szerk.): *Complex problem solving. The European perspective*. NJ: Erlbaum, Hillsdale, 3–26.
- Belland, B. R., Ertmer P. A. és Simons, K. D. (2006): Perceptions of the value of problem-based learning among students with special needs and their teachers. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1 (2), 1–18.
- Bennett, W. (2008): Problem solving: can anybody do it? *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 60–64.
- Bentley, D. és Watts, D. M. (1989): *Learning and teaching in school science: practical alternatives*. Open University Press, Milton Keynes.
- Berger, P. és Luckmann, T. (1991): *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit*. Fischer Taschenbuch, Frankfurt a. M.
- Blythe, T. (1999): *The Teaching For Understanding Guide*. Jossey-Bass Publisher, San Francisco.
- Bolton. J. és Ross, S. (1997): Developing students' physics problem-solving skills. *Physics Education*, 32, 176–185.
- Borasi, R. (1986): On the nature of problems. *Educational Studies in Mathematics*, 17, 125–141.
- Breidenstein, G. és Kelle, K. (1998): *Geschlechteralltag in der Schulklasse. Ethnographische Studien zur Gleichaltrigenkultur*. Juventa, Weinheim, München.

- Bransford, J. és Stein, B. (1984): *The IDEAL Problem Solver: A guide for improving thinking, learning, and creativity*. W. H. Freeman, New York.
- Britz, J. (1993): *Problem solving in early childhood classrooms*. ERIC digest. <http://www.ericdigests.org/1993/early.htm> Letöltés: 2013.01.22.
- Brooks, D. W. és Shell, D. F. (2006): Working memory, motivation, and teacher-initiated learning. *Journal of Science Education and Technology*, 15, 17–30.
- Brown, A. L. (1987): Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In: Weinert, F. E. és Kluwe, R. H. (szerk.): *Metacognition, motivation, and understanding*. Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale, New Jersey, 65–116.
- Brown, A. L. (1990): Domain-specific principles affect learning and transfer in children. *Cognitive Science*, 14, 107–133.
- Bruer, J. T. (2003): *Der Mythos der ersten drei Jahre. Warum wir lebenslang lernen*. Beltz Taschenbuch, Weinheim, Basel, Berlin.
- Bruner, J. (1973): *Der Prozeß der Erziehung*. Berlin Verlag, Berlin.
- Brush, T. és Saye, J. (2008): The effects of multimedia – supported problem-based learning inquiry on student engagement, empathy, and assumption about history. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 2 (1), 21–56.
- Bynum, W. F. és Porter, R. (2005): *Oxford Dictionary on Scientific Quotations*. Oxford.
- Cajas, F. (2001). The science/technology interaction: Implications for science literacy. *Research in Science Teaching*, 38 (7), 715–729.
- Camacho, M. és Good, R. (1989): Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 251–272.
- Carroll, J. B. (1993): *Human cognitive abilities. A survey of factoranalytic studies*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Carey, S. (1985): On the origin of casual understanding. In: Sperber, D. Premack, D. és Premack A. J., (szerk.): *Casual kognition*. Clarendon Press, Oxford, 268–302.
- Carey, S. (1987): *Conceptual change in childhood*. MIT Press, Cambridge.

- Carey, S. és Gelman, R. (szerk.) (1991): *The epigenesis of mind: Essays in biology and cognition*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, New Jersey.
- Case, R. (1985): *Intellectual development: Birth to adulthood*. Academic Press, New York.
- Chaille, C. és Britain, L. (2003): *The young child as scientist (3rd ed.)*. Allyn and Bacon, Boston.
- Charles, C. M. (2000): *The Synergetic Classroom. Joyful Teaching and Gentle Discipline*. Longman, New York.
- Chase, W. G. és Simon, H. A. (1973): Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4, 55–81.
- Cheng, D. N., Holyoak, K. J. (1985): Pragmatic reasoning schemas. *Cognitive Psychology*, 17, 391–416.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. és Glaser, R. (1981): Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5 (2), 121–152.
- Chi, M. T. H., Glaser, R. és Rees, E. (1982): Expertise in problem solving. In: Sternberg, R. I. (szerk.): *Advances in the psychology of human intelligence*. 1, Hillsdale, New Jersey.
- Chinn, C. A. és Malhotra, B. A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology*, 94, 327–343.
- Chiu, M. H., és Lin, J. W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Research in Science Teaching*, 42(4), 429–464.
- Clarke, S. (2001): *Unkocking Formative Assessment. Practical strategies for enhancing pupils' learning in the primary classroom*. Hodder and Stoughton, London.
- Cook, M. P. (2006): Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, 90, 1073–1091.
- Cole, M. és Cole, R. (2001): *Fejlődéslélektan*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Cooper, M., Cox, C., Nammouz, M. és Case, E. (2008): An assessment of the effect of collaborative groups on students' problem-solving strategies and abilities. *Journal of Chemical Education*, 85, 866–872.

- Cooper, M. és Urena, S. (2009): Design and validation of an instrument to assess metacognitive skillfulness in chemistry problem solving. *Journal of Chemical Education*, 86 (2), 240–245.
- Chrappán Magdolna (2001): A természettudományos képzésről. *Új Pedagógiai Szemle*, 51 (10), 66–77.
- Crebert, G., Patrick, C. J., Cragolini, V., Smith, C., Worsfold, K. és Webb, F. (2011): *Problem Solving Skills Toolkit*. <http://www.griffith.edu.au/gihe/resources-support/graduate-attributes>. Letöltés: 2012.12. 13.
- Csányi Vilmos (1999): Megmutatni, hogyan működik a tudomány. *Új Pedagógiai Szemle*, 49 (5), 23–37.
- Csapó Benő (1991): A gondolkodás műveleti képességeinek fejlesztése: a kísérlet eredményei. *Új Pedagógiai Szemle*, 41 (4), 31–40.
- Csapó Benő (1992): *Kognitív pedagógia*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Csapó Benő (2000): A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök összefüggései. *Magyar Pedagógia*, 100 (3), 343–366.
- Csapó Benő (2005): A komplex problémamegoldás a PISA 2003 vizsgálatban. *Új Pedagógiai Szemle*, 105 (3), 43–52.
- Csíkos Csaba (2007): *Metakogníció. A tudásra vonatkozó tudás pedagógiája*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Damon, W. (1989): *Die soziale Entwicklung des Kindes. Ein entwicklungspsychologisches Lehrbuch* (aus dem Amerik. übers. von Urs Aeschbacher). Klett-Cotta, Stuttgart.
- Davis, P. J. (1985): What do I know? A study of mathematical self-awareness. *Col-lege Mathematics Journal*, 16, 22–41.
- DeBaryshe, B. D., Patterson, G. R. és Capaldin, D. M. (1993): A performance model of academic achievement in early adolescents boys. *Development Psychology*, 29 (5), 795–804.
- Defeyter, M. A. és German, T. P. (2003): Acquiring an understanding of design: evidence from children's insight problem solving. *Cognition*, 89, 133–155.
- Doignon, J. P. és Falmagne, J. C. (1999): *Knowledge Spaces*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- De Groot, A. D. (1965): *Thought and choice in chess*. The Hague, Netherlands: Mouton.
- De Jong, T. és Ferguson-Hessler, M. G. H. (1986): Cognitive structure of good and poor novice problems in physics. *Journal of Educational Psychology*, 78, 279–288.

- Desoete, A., Roeyers, H. és Buysse, A. (2001): Metacognition and mathematical problem solving in grade 3. *Journal of Learning Disabilities*, 34, 435–449.
- Dewey, J. (1910): *How we think*. D. C. Heath and Company, London.
- Dossey, J., Csapó B., de Jong, T., Klieme, E. és Vosnidaou, S. (2000): Cross-surricular competencies in PISA: Toward a framework for assessing problem solving skills: In: Organisation for Economic Cooperation and Development (2000): *The INES compendium: Contributions from the INES networks and working groups*. GA. 12, OECD, Paris.
- Dörner, D. (1980): On the difficulty people have in dealing with complexity. *Simulation and Games*, 11, 87–106.
- Dreyfus, T. és Eisenberg, G. T. (1998): A matematikai gondolkodás különböző oladalaíróól. In: Sternberg, R. J. és Ben-Zew, T. (szerk.): *A matematikai gondolkodás természete*. Vince Kiadó Kft., Budapest.
- Dunbar, K. (1993): Concept discovery in ascientific domain. *Cognitive Science*, 17, 397–434.
- Duncker, K. (1945): On problem solving. *Psychological Monographs*, 58 (5), 1–270.
- Duran, M. és Sendag, S. (2012). A preliminary investigation into critical thinking skills of urban high school students: Role of an IT/STEM program. *Creative Education*, 3 (2), 241–250.
- Egan, D. E. és Greeno, J. G. (1974): Theory of rule induction: knowledge acquired in concept learning, serial pattern learning and problem solving. In: Gregg, L. W. (Ed.): *Knowledge and cognition*. Erlbaum, Hillsdale, New Jersey.
- Elliot, A. (2007): Building thinking and problem solving skills in early childhood. *Every Child*, 3, 33–38.
- Elshout, J. J. (1987): Problem-solving and education. In: De Corte, E., Lodewijks, H., Parmentier, R. és Span, P. (szerk.): *Learning and instruction: European research in aninternational context* Leuven University Press and Pergamon Press, Oxford. 1, 259–274.
- Ericsson, K. A., Feltovich, P. J. és Hoffman, R. R. (szerk.) (2006): *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. Cambridge University Press, New York.
- Ericsson, K. A. és Kintsch, W. (1995): Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211–245.

- Ericsson, K. A. és Simon, H. A. (1993): *Protocol analysis: Verbal reports as data*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Ergül, R., Simsekli, Y., Calis, S., Özdilek, Z., Göcmencelebi, S. és Sanli, M. (2011): The effects of inquiry-based science teaching on elementary school students' science process skills and science attitudes. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*, 5 (1), 48–68.
- Evans, J. S. B. T. (2005): Deductive reasoning. In: Holyoak, K. J. és Morrison, R. G. (szerk.), (pp. 169–184). New York: *The Cambridge handbook of thinking and reasoning*. Cambridge University Press, New York, 169–184.
- Ezhilrajan, K. (2012): Influence of parental qualification and occupation over mathematical problem solving ability of IX standard students. *International Journal of Behavioral Social and Movement Sciences*, 1 (3), 119–125.
- Farooque Umer, S. L. P. és Viswanathappa, G. (2006): Influence of parental occupation on learners achievement in English medium primary schools of Kerala. *Journal of Community Guidance and Research*. 23, 58–64.
- Feyerabend, P. K. (1978): *Against method, Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*. Verso, London, UK.
- Fisher, R. (1999): *Hogyan tanítsuk gyermekeinket gondolkodni?* Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Flawell, J. H. (1985): *Cognitive development*. (2nd ed.). Englewood Cliffs, Prentice-Hall, New Jersey.
- Flawell, J. H. (1987): Speculations about the nature and development of metacognition. In: Weinert, F. E. és Kluwe, R. (szerk.): *Metacognition, motivation, and understanding*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey.
- Ford, D. (2006): Representations of science within children's trade books. *Research in Science Teaching*, 43 (2), 214–235.
- Fredericksen, N. (1984): Implication of cognitive theory for instruction in problem solving. *Review of Educational Research*, 54, 363–407.
- Frensch, P. A. és Funke, J. (1995): Definitions, traditions and a general framework for understanding complex problem solving. In: Frensch, P. A. és Funke, J. (szerk.) (1995): *Complex problem solving. The European*

- Perspective*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, New Jersey.
- Friege, G. és Lind, G. (2006): Types and qualities of knowledge and their relation to problem solving in physics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4, 437–465.
- Funke, J. (2001). Dynamic systems as tools for analysing human judgement. *Tand Reasoning* 7 (1), 69–89.
- Gamoran, A. és Nystrand, M. (1991): Background and instructional effects on achievement in eight grade English and social studies. *Journal of Research on Adolescence*, 1, 277–300.
- Gardner, H. (1994): *Der ungeschulte Kopf. Wie Kinder denken (2. Aufl.)*. Klett-Cotta, Stuttgart.
- Garofalo, J. és Lester, F. (1985): Metacognition, cognitive monitoring, and mathematical performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16 (3), 163–76.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C. és Stegmann, Z. (2004): Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive psychology*, 18, 1–16.
- Gentner, D. és Holyoak, K. J. (1997): Reasoning and learning by analogy. *American Psychologist*, 52, 32–34.
- Gesetz zur Förderung von Kindern in Kindertageseinrichtungen und in Tagespflege (2004): 270/1992 (V. 19) *Kindertagesförderungsgesetz – KiföG M-V*, Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur, Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.
- Gick, M. L. és Holyoak, K. J. (1980): Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306–355.
- Gilhooly, K. J. (1988): *Thinking: directed, undirected and creative*. Academic Press, London and San Diego.
- Glaser, B. G. és Strauss A. L (2005): *Grounded Theory. Strategien qualitativer Forschung (2. korr. Aufl.)*. Huber, Bern.
- Goel, V. (2005): Cognitive neuroscience of deductive reasoning. In: Holyoak, K. J. és Morrison, R. G. (szerk.): *The Cambridge handbook of thinking and reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Gol, T. (2010): The general assesment of problem solving processes and metacognition in physics education. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 2 (2), 110–122.

- Gonzalez, C., Thomas, R. P. és Vanyukov, P. (2005): The relationships between cognitive ability and dynamic decision making. *Intelligence*, 33 (2), 169–186.
- Goos, M., Galbraith, P. és Renshaw P. (2000): A money problem: A source of insight into problem solving action. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 80, 128–151.
- Gopnik, A. (2000): *Forschergeist in Windeln. Wie Ihr Kind die Welt begreift (aus dem Amerik. von G. Turner)*. Kreuzlingen, Ariston, München.
- Gredler, M. E. (1997): *Learning and Instruction, Theory into Practice*. Merrill, Prentice Hall, New Jersey.
- Greiff, S. és Funke, J. (2010): Systematische Erforschung komplexer Problemlösefähigkeit anhand minimal komplexer Systeme. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56, 216–227.
- Greeno, J. G. (1978): Natures of problem solving abilities. In: Estes, W. K. (Ed.): *Handbook of learning and cognitive processes*. 5, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, New Jersey.
- Greenough, W. T., Black, J. E., és Wallace, C. S. (1987): Experience and Brain Development. *Child Development*, 58 (3), 539–559.
- Guilford, J. P. (1967): *The nature of human intelligence*. McGraw-Hill, New York.
- Hale, J. F. (1989): *Learning and memory*. Allyn and Bacon, Inc., Boston.
- Hanson, D. és Akerson, V. (2006). Will an improved understanding of nature of science (NOS) improve elementary teachers' self-efficacy for science teaching? A call for research. *Alberta Science Education Journal*, 38 (1), 6–11.
- Hayes, J. R. és Simon, H. A. (1976): The understanding process: Problem izomorphs. *Cognitive Psychology*, 8, 165–190.
- Heller, K. és Heller, P. (1995): *The competent problem solver, a strategy for solving problems in physics, calculus version (2nd ed.)*. MN: McGraw-Hill, Minneapolis.
- Heppner, P. P. és Krauskopf, C. J. (1987): An information-processing approach to personal probelem solving. *The Counselling Psychologist*, 15, 371–447.
- Hodson, D. (1998): *Teaching and Learning Science. Towards a personalized approach*. Open University Press, Buckingham, Philadelphia.

- Holyoak, K. J. és Hummel, J. E. (1998): Analogy in a physical symbol system. In: Holyoak, K. J., Gentner, D., Kokinov, B. (Ed.): *Advances in analogy research: Integration of the theory and data from the cognitive, computational and neural sciences*. New Bulgarian University, Sofia, 9–18.
- Holyak, K. J. és Koh, K. (1987): Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory and Cognition*, 15, 332–340.
- Holyoak, K. J. és Thagard, P. M. (1989): Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 19, 295–355.
- Horváth György (1986): *A tartalmas gondolkodás*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Hummel, J. E. és Holyoak, K. J. (1997): Distributed representations of structure. A theory of analogical assess and mapping. *Psychological Review*, 104, 427–466.
- Humphrey, G. (1963): *Thinking: An introduction to experimental psychology*. Wiley, New York.
- Hurd, P. (1998): Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82 (3), 407–416.
- Hurd, P. (2002). Modernizing science education. *Research in Science Teaching*, 39 (1), 3–9.
- Janke, B. (1995): Entwicklung naiven Wissens über den physikalischen Auftrieb: Warum schwimmen Schiffe? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogik Psychology*, 27, 122–138.
- Johnson, D. M. (1972): *Systematic introduction to the psychology of thinking*. Harper and Row, New York.
- Johnstone, H. és Otis, H. (2006): Concept mapping in problem based learning: a cautionary tale. *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 84–95.
- Hutchinson, E. D. (1949): *How to think creatively*. Abigdon Cokesbury, New York.
- Johnson-Laird, P. N. (2005): Mental models and thought. In: Holyoak, K. J. és Morrison, R. G. (szerk.): *The Cambridge handbook of thinking and reasoning*. Cambridge University Press, New York, 185–208.
- Johnson-Laird, P. N., Legrenzi, P. és Legrenzi, M. S. (1972): Reasoning and a sense of reality. *British Journal of Psychology*, 63, 395–400.

- Johnstone, A. H. és El-Banna, H. (1986): Capacities, demands and processes: A predictive model for science education. *Education in Chemistry*, 23, 80-84.
- Johnstone, A. H., Hogg, W. R. és Ziane, M. (1993): A working memory applied to physics problem solving. *International Journal of Science Education*, 15, 663–672.
- Kahney, H. (1986): *Problem solving: a cognitive approach*. Open University Press, Milton Keynes.
- Kahneman, D. és Tversky, A. (1979): Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263–291.
- Kantowsky, M. G. (1980): Some thoughts on teaching for problem solving. In: *NCTM Yearbook*. 195–203.
- Kapa, E. (2007): Transfer from structured to open-ended problem solving in a computerized metacognitive environment. *Learning and Instruction*, 17, 688–707.
- Kaufmann, F. X. (2005): *Schrumpfende Gesellschaft. Vom Bevölkerungsrückgang und seinen Folgen*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Keane, M. T., Ledgeway, T. és Duff, S. (1994): Constraints on analogical mapping: a comparison of three models. *Cognitive Science*, 21, 373–418.
- Kilpatrick, J., Swafford, J. és Findell, B. (szerk.) (2001): *Adding it up: Helping children learn mathematics*. DC: National Academy Press, Washington.
- Klahr, D. (2000): *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. MIT Press, Cambridge MA
- Klein Sándor (1980): *A komplex matematikatanítási módszer pszichológiai hatásvizsgálata*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P. és Dahlstrom, K. (2005): Computerized training of working memory in children with ADHD: A randomized, controlled trial. *Journal of American Academic Child Adolescent Psychiatry*, 44, 177–186.
- Kluwe, R. H. (1987): Executive decisions and regulation of problem solving behavior. In: Weinert, F. E. és Kluwe, R. (szerk.): *Metacognition, motivation, and understanding*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, New Jersey.
- Knoblich, G., Ohlsson, S. és Raney, G. E. (2001): An eye movement study of insight problem solving. *Memory and Cognition*, 38, 1–27.

- Korom Erzsébet, Nagy Lászlóné, B. Németh Mária, Radnóti Katalin, Makádi Mariann, Revákné Markóczi Ibolya, Adorjáné Farkas Magdolna, Tóth Zoltán, Csikos Csaba és Wagner Éva (2012): Részletes tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. In: Csapó Benő és Szabó Gábor (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 179–309.
- Kozéki, B. és Entwistle, N. J. (1983): Describing and utilizing motivational styles in education. *British Journal of Educational Studies*, 31 (3), 184–197.
- Köhler, W. (1969): *The task of Gestalt psychology*. Princeton University Press, Princeton, N. J.
- Környezetismeret kerettanterv (1-4.osztály), (2012): 51/2012. (XII. 21.) EMMI rendelet a kerettantervek kiadásának és jóváhagyásának rendjéről. Nemzeti Erőforrás Minisztérium, Budapest.
- Kretschmann, J. (1948): *Natürlicher Unterricht (2. Aufl.)*. Schroedel, Hannover.
- Krist, H., F. Wilkening (1993): Repräsentationale Entwicklung. In: Engelkamp, J. és Pechmann, T. (szerk.): *Mentale Repräsentationen*. Huber, Bern, 147–161.
- Kuhn, D. és Pease, M. (2008): What needs to develop in the development of inquiry skills? *Cognition and Instruction*, 26, 512–559.
- Kulcsár Tibor (1982): *Az iskolai teljesítmény pszichológiai tényezői*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Lénárd Ferenc (1978): *A problémamegoldó gondolkodás*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Lénárd Ferenc (1984): *A problémamegoldó gondolkodás*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Lester, F. K. (1994): Musings about mathematical problem solving research: 1970 -1994. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25, 6. sz. 660–675.
- Lin, X. D. (2001): Designing metacognitive activities. *Educational Technology Research and Development*, 49, 23–40.
- Liu, X., és Lesniak, K. (2006): Progression in children's understanding of the matter concept from elementary to high school. *Research in Science Teaching*, 43 (3), 320–347.

- Litzinger, T., Meter, P., Firetto, C., Passmore, L., Masters, C., Costanzo, F., Gray, G., Turns, S. és Higley, K. (2010): A Cognitive Study of Problem Solving in Statics. *Journal of Engineering Education*, 99 (4), 337–357.
- Lo, Y., Sides, A., Rozelle, J. és Osherson, D. (2002): Evidential diversity and premise probability in young children's inductive judgment. *Cognitive Science*, 26, 181–206.
- Longo, P. J. és Anderson, O. R. és Witch, P. (2002): Visual Thinking Networking promotes problem solving achievement for 9th Grade earth science students. *Electronic Journal of Science Education*, 7(1), Article Seven. <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html> Letöltés: 2012. 12. 16.
- Lovett, M. C. és Anderson, J. R. (1994): Effects of solving related proofs on memory and transfer in geometry problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20, 366–378.
- Luchins, A. S. és Luchins, E. H. (1950): New experimental attempts at preventing mechanization in problem solving. *Journal of General Psychology*, 42, 279–297.
- MacDonald, D. és Gustafson, B. (2006). Three classroom strategies for teaching about the nature of science. *Alberta Science Education Journal*, 38 (1), 12–17.
- Mandler, J. M. és Mandler, G. (1964): *Thinking from associationism to Gesta*. York: Wiley.
- Markman, A. B. (1997): Constraints on analogical inference. *Cognitive Science*, 21, 373–418.
- Markman, A. B. és Medin, D. L. (2002): Decision making. In: Medin, D. (szerk.): *Stevens' handbook of experimental psychology, Volume 2: Memory and cognitive processes*. New York: Wiley, 413–466.
- Marsh, H. (1984): Relations among dimensions of self-attributions, dimensions of self-concept and academic achievement. *Journal of Educational Psychology*, 76, 1236–1291.
- Maslow, A. (1970): *Motivation and Personality*. Harper and Row, New York.
- Matthews, G. B. (1995): *Die Philosophie der Kindheit. Wenn Kinder weiter denken als Erwachsene*. Quadriga, Weinheim, Beltz.

- Mayer, R. E. (1979): *Denken und Problemlösen: eine Einführung in menschliches Denken und Lernen*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition*. (2nd ed.) Freeman, New York.
- Mayer, R. E. (1998): Cognitive, metacognitive and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26 (1–2), 49–63.
- Mayer, R. E. (2008): *Learning and instruction*. Upper Saddle River, Merrill Prentic, New Jersey.
- Mayer, R. E. (2009). Information processing. In: Good, T. L. (szerk.): *21st century education: A reference handbook*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Mayer, R. E. és Hegarty, M. (1998): A matematikai problémák megértésének folyamata. In: Sternberg, R. J. és Ben-Zew, T. (szerk.): *A matematikai gondolkodás természete*. Vincze Kiadó Kft., Budapest.
- Mayer, R. C. és Wittrock, M. C. (1996): Problem solving transfer. In: Berliner, D. C., Calfee, R. C. (Ed.): *Handbook of educational psychology*. Macmillian, New York, 47–62.
- Mayer, R. E. és Wittrock, M. C. (2006): Problem solving. In: Alexander, P. A. és Winne, P. H. (szerk.): *Handbook of educational psychology*. (2nd ed.). Erlbaum, Mahwah, New Jersey, 287–304.
- Mitchell, W. és Kowalik, T. (1999): Creative problem solving. <http://ceo.binghantom.edu/Kowalik/docs/creativeproblemsolving.Pdf>. Letöltés: 2013. 01. 26.
- Molnár Gyöngyvér (2006a): A tudáskonceptió változása és annak megjelenése a PISA 2003 vizsgálat komplex problémamegoldás moduljában. *Új Pedagógiai Szemle*, 56 (1), 75–86.
- Molnár Gyöngyvér (2006b): Az induktív gondolkodás fejlesztése kisiskolás korban. *Magyar pedagógia*, 106 (1), 63–80.
- Molnár Gyöngyvér (2006c): *Tudástranszfer és komplex problémamegoldás*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Molnár Gyöngyvér (2012): A problémamegoldó gondolkodás fejlődése: Az intelligencia és a szocioökonómiai háttér befolyásoló hatása 3-11. évfolyamon. *Magyar Pedagógia*, 112 (1), 41–58.
- Montessori, M. (2002): *10 Grundsätze des Erziehens/ hrsg. von Ingeborg Becker-Textor*. Herder, Freiburg, Basel, Wien.
- Mourtos, N. J., DeJong Okamoto, N. és Rhee, J. (2004): *Defining, teaching, and assessing problem solving skills*. UICEE Annual Conference on Engineering Education, Mumbai, India, 9–13. February,

- <http://www.egr.sjsu.edu/nikos/fidp/pdf/UICEE%2004%20-%20Mumbai.pdf> Letöltés: 2012. 09. 24.
- Mozaik kerettantervrendszer (2004): *MS-9891Mozaik NAT-2003 kerettantervrendszer alsó tagozat*. Országos Köznevelési Tanács (OKNT) 2004. március 11.
- Mulligan, S. A. (2001): Children can use problem solving. *Child Care Plus*, 12 (1), 28–42.
- Murphy, P. és McCormick, R. (1997): Problem solving in science and technology education. *Research in Science Education*, 27 (3), 461–481.
- Murphy, P., Scanlon, E., Issroff, K., Hodgson, B. és Whitelegg, E. (1996): Group work in primary science – emerging issues for learning and teaching. In: Schnack, K. (szerk.): *Studies in educational theory and curriculum (Vol. 14)*. Copenhagen, Denmark.
- Nahalka István (1993): Irányzatok a természettudományos nevelés második világháború utáni fejlődésében. *Új Pedagógiai Szemle*, 43 (10), 21–38.
- Nahalka István (1998): A tanulás. In: Falus Iván (szerk.) *Didaktika. Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 117–154.
- Nagy József (2000): *XXI. század és nevelés*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Nagy Lászlóné (2000): Analógiák és az analógiás gondolkodás a kognitív tudományok eredményeinek tükrében. *Magyar Pedagógia*, 100 (3), 275–302.
- Nagy Lászlóné (2006): *Az analógiás gondolkodás fejlesztése*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Nagy Lászlóné (2008): A természet-megismerési kompetencia és fejlesztése a természettudományos tárgyakban. *A biológia tanítása*, 16 (4), 3–7.
- Nayab, N. (2011): *Factors that affect problem solving activities*. <http://www.brighthubpm.com/resource-management/92575-factors-that-affect-problem-solving-activities/> Letöltés: 2012. 06. 20.
- Nelson, T. O. és Narens, L. (1990): Metamemory: A theoretical framework and new findings. In: Bower, G. H. (szerk.): *The Psychology of Learning and Motivation*, 26, 125–141. Academic Press, New York
- B. Németh Mária, Korom Erzsébet és Nagy Lászlóné (2012): A természettudományos tudás nemzetközi és hazai vizsgálata. In: Csapó Benő

- (szerk.): *Mérlegen a magyar iskola*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 131–191.
- Nemzeti alaptanterv (1995): *130/1995. (X. 26.) Korm.rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról*. Művelődési és Közoktatási Minisztérium, Budapest.
- Nemzeti alaptanterv (2003): *243/2003. (XII. 17.) Korm.rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról*. Oktatási és Kulturális Minisztérium, Budapest.
- Nemzeti alaptanterv (2007): *202/2007. (VII. 31.) Korm.rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról*. Oktatási és Kulturális Minisztérium, Budapest.
- Nemzeti alaptanterv (2012): *110/2012. (VI. 4.) Korm.rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról*. Nemzeti Erőforrás Minisztérium, Budapest.
- Newell, A. (1990): *Unifield theories of cognition*. Harvard University Press, Cambridge.
- Newell, A. és Simon, H. A. (1972): *Human problem solving*. Prentice Hall, New Jersey.
- Novak, J. D. (1998): *Learning, Creating and Using Knowledge. Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. Lawrence Erlbaum. London.
- Novick, L. R. és Holyoak, K. J. (1991): Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17, 398–415.
- Oberauer, K., Süb, H. M., Schulze, R., Wilhelm, O. és Wittmann, W. W. (2000): Working memory capacity: Facets of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences*, 29, 1017–1045.
- OECD (2004): *Problem solving for tomorrow's world. First measures of cross-curricular competencies from PISA, 2003*.
<http://www.oecd.org/education/school/programme-for-international-student-assessment-pisa/34009000.pdf> Letöltés: 2012. 06. 23.
- OECD (2010): *Framework for PISA 2012 Problem Solving*. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/46962005.pdf> Letöltés: 2012. 08.30.
- Oktatási Hivatal (2008): *A 2007/2008 tanévi Országos kompetenciamérés eredményei*. http://www.oktatas.hu/cimke_lista?keyword=kompetenciam%C3%A9r%C3%A9s

- Orlik, Y. (2002): Quality of science education. *Journal of Science Education*, 3 (2), 60–61.
- Osborne, A. (1963): *Applied imagination*. Scribner, New York.
- Otani, H. és Widner, R. L. (2005): Metacognition: New issues and approaches. *The Journal of General Psychology*, 132 (4), 329–334.
- Otto, B. (1965): *Ratschlage für den hauslichen Unterricht*. Quelle, Heidelberg.
- Özdemir, E. (2006): *An investigation on the effects of project-based learning on students' achievement in and attitude towards geometry*. Unpublished master's thesis. Middle East Technical University the Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- Pascual-Leone, J. (1989): An organismic process model of Witkin's field dependence-independence. In: Globersonand, T. és Zelniker, T. (szerk.): *Cognitive Style and Cognitive Development*. Norwood, Ablex, New Jersey.
- Pascual-Leone, J. és Goodman, D. (1979): Intelligence and Experience: A neo-Piagetian approach. *Instructional Science*, 8, 301–367.
- Páskuné Kiss Judit (2002): A másodoktatás szerepe a képességek fejlesztésében-különös tekintettel a tehetséggondozásra. In: Dávid Imre, Bóta Margit, Páskuné Kiss Judit (szerk.): *Tehetségkutatás*. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Péntek Imre (2000): Tudatos és implicit metakognitív folyamatok a problémamegoldásban. *Erdélyi Pszichológiai Szemle*, 1 (2), 85–97.
- Piaget, J. és Inhelder, B. (1969): *The Psychology of the child*. Basic Books, New York.
- Piaget, J. (1977): *The development of thought: Equilibration of cognitive structure*. Viking, New York.
- Pine, J., Aschbacher, P., Roth, E., Jones, M., McPhee, C., Martin, C., Phelps, S., Kyle, T. és Foley, B. (2006): Fifth graders' science inquiry abilities: A comparative study of students in hands-on and textbook curricula. *Research in Science Teaching*, 43 (5), 467–484.
- Pléh Csaba (1997): Szekvenciális párhuzamos modellek a kognitív pszichológiában: a PDP megközelítés történeti helye. In: Pléh Csaba (szerk.): *A megismeréskutatás egy új útja: a párhuzamos feldolgozás*. Typotex Elektronikus Kiadó, Budapest, 13–55.
- Poddjakov, N. N. (1981): *Die Denkentwicklung beim Vorschulkind (übers. aus d. Russ. v. Ruth Kossert)*. Volk und Wissen, Berlin.

- Pólya György (1957): *A gondolkodás iskolája*. Bibliotheca, Budapest.
- Pólya György (1979): *A problémamegoldás iskolája. I. kötet*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Portolés, J. J. S. és López, V. S. (2009): Working memory in science problem solving: A review of research. *Revista Mexicana de Psicología*, 26 (1), 79–90.
- Pressley, M. és Afflerbach, P. (1995): *Verbal protocols of reading: The nature of constructively responsive reading*. Erlbaum, Hillsdale, New Jersey.
- Pugh, K. (2004): Newton's laws beyond the classroom walls. *Science Education*, 88 (2), 182–196.
- Putz-Osterloh, W. és Lüer, G. (1981): Über die Vorhersagbarkeit komplexer Problemlöseleistungen durch Ergebnisse in einem Intelligenztest. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 28. 309–334.
- Quattami, N. (2010): *Methods of teaching gifted and talented*. Dar Al-masera Publishers, Amman.
- Rahmenplan der allgemeinen Förderschule (2004): *Band, I*. Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur, Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.
- Ravitz, J. és Mergendoller, J. (2005). *Evaluating implementation and impacts of problem-based economics in U. S. high schools*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Montreal.
- Reeff, J. P. (szerk.) (1999): *New Assessment Tools for Cross-Curricular Competencies in the Domain of Problem Solving*. <http://www.ppsw.rug.nl/~peschar/TSE.pdf> Letöltés: 2013. 02. 12.
- Reif, F. és Larkin, J. H. (1993): *Cognitively-based instruction in physics*. Unpublished paper, April 18, 1993, Carnegie-Mellon University.
- Reynolds, D. és Muijs, D. (1999): The effective teaching of mathematics: A review of research. *School Leadership and Management*, 19 (3), 273–289.
- Reitman, W. R. (1965): *Cognition and thought*. Wiley, New York.
- Revákné Markóczi Ibolya (2001): A problémamegoldó gondolkodást befolyásoló tényezők. *Magyar Pedagógia*, 101 (3), 267–285.

- Revákné-Markóczy, I. (2003): A teaching-learning method enhancing problem solving and motivation in secondary schools. *Journal of Science Education*, 4(1),14–17.
- Revákné-Markóczy, I., Kosztin-Tóth, B., Tóth, Z., Dobó-Tarai, É., Schneider, I. K. és Oberländer, F. (2008). Effects of Applying the Rostock Model on Metacognitive Development of Pupils. *Journal of Science Education*, 9 (2), 28–42.
- Revákné Markóczy Ibolya: A 9-10 éves tanulók természettudományos problémamegoldó stratégiájának vizsgálatata. *Magyar Pedagógia*, 110 (1), 53–71.
- Rheinberg, F.(1980): *Leistungsbewertung und Lernmotivation*. Verlag für Psychologie Hagrefe, Göttingen, Toronto, Zürich, 196–197.
- Rhodes, M., Brickman, D. és Gelman, S. (2008): Sample diversity and premise typicality in inductive reasoning: Evidence for developmental change. *Cognition*, 108, 543-556.
- Rigas, G., Carling, E. és Brehmer, B. (2002): Reliability and validity of performance measures in microworlds. *Intelligence*, 30, 463–480.
- Rogers, T. T. és McClelland, J. L. (2004): *Semantic cognition: A parallel distributed processing approach*. MA: MIT, Cambridge.
- Ross, B. H. (1989): Distinguishing types of superficial similarities: different effects on the access and uses of earlier problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 456–468.
- Ross, B. H. és Kennedy, P. T. (1990): Generalizing from the use of earlier examples in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 42–55.
- Rossmann, J. (1931): *The psychology of the inventor*. Inventor's Publishing Co., Washington.
- Rowe, H. A. H. (1985): *Problem solving and intelligence*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N. J.
- Ruiz, D. (1987): *Learning and problem solving: what is learned while solving the Towers of Hanoi?* Unpublished doctoral dissertation. Stanford University.
- Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Research in Science Teaching*, 41 (5), 513–536.

- Sallay Hedvig és Münnich Ákos (1999): Családi nevelési attitűdök percepciója és a self-fejlődéssel való összefüggései. *Magyar Pedagógia*, 99 (2), 157–174.
- Schneider, I. K. (2003a): *Abenteuer Freundschaft. Geschichten und Materialien für die Sozialerziehung in der 1. und 2. Klasse*. Donauwörth: Auer.
- Schneider, I. K. (2003b). *So sehe ich die Sache! Kinder verstehen – Kinder erziehen*. Schneider Verlag Hohengehren GmbH, Baltmannsweiler.
- Schneider, I. K., F. Oberländer (2007): Das Rostocker Modell. Ein didaktischer Ansatz zur Planung und Gestaltung von Lerneinheiten im Sachunterricht. In: Pfeiffer, S. (szerk.): *Innovative Perspektiven auf Sachunterricht* Oldenburger Univ. VorDrucke, Oldenburg, 110–128.
- Schneider, I. K. (2006): Natural Scientific Learning in Primary Schools: The Rostock Model. *Practice and Theory in Systems of Education*, 1 (2), 1–23.
- Schneider, I. K. és Oberlander, F. (2008): *Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule*. Schneider Verlag Hohengehren GmbH, Baltmannsweiler.
- Schoenfeld, A. H. (1983): Beyond the purely cognitive: Belief systems, social cognitions, and metacognitions as driving forces in intellectual performance. *Cognitive Science*, 7, 329–363.
- Schraw, G. (2001): *Metacognition in Learning and Instruction: Theory, Research and Practice*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 3–16.
- Schunk, D. H. (2000): *Learning theories – An educational perspective*. Prentice Hall, New Jersey.
- Shapiro, B. (1995): "Cause all these are squares": Patterns of ritual and reason giving in language use in a small-group construction task. *Alberta Science Education Journal*, 28 (2), 20–24.
- Shepardson, D. és Britsch, S. (2001): The role of children's journals in elementary school science activities. *Research in Science Teaching*, 38 (1), 43–69.
- Siegler, R. S. (1985): *How domain-general and domain-specific knowledge interact to produce strategy choices*. *Merrill-Palmer Quarterly*, 35, 1–26.

- Silver, E. A. és Marshall, S. P. (1990): Mathematical and scientific problem solving: Findings, issues, and instructional implications. In: Jones B. F., Idol, L. (szerk.): *Dimensions of thinkings and cognitive instruction*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, New Jersey.
- Singer, W. (2003): *Ein neues Menschenbild? Gespräche über Hirnforschung*. Suhrkamp Taschenbuch, Frankfurt a. M.
- Schraw, G. (2001): Promoting general metacognitive awareness. In: Hartman, H. J. (szerk.): *Metacognition in learning and instruction: Theory, research and practice*. London: Kluwer. 3–16.
- Solso, R. L. (1988): *Cognitive Psychology*. Allyn and Bacon, Inc., Noston.
- Spitzer, M. (2002): *Lernen. Gehirnforschung und Schule des Lebens*. Spektrum Akad. Verl., Heidelberg, Berlin
- Stamovlasis, D., Kousathana, M., Angelopoulos, V., Tsaparlis, G. és Níaz, M. (2002). Achievement in chemistry problemsolving as a function of the mobility-fixity dimension. *Perceptual and Motor Skills*, 95, 914–924.
- Steinberg, L., Lamborn, S. D. és Mounts, N. S. (1989): Authoritative parenting, psychosocial maturity and academic success among adolescence. *Child Development*, 60, 1266–1281.
- Stern, E. (2003): Kompetenzerwerb in anspruchsvollen Inhaltsgebieten bei Grundschulkindern. In: Cech, D. H., és Schwier, J. (szerk.): *Lernwege und Aneignungsformen um Sachunterricht*. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 37–58.
- Stern, D. (1994): *Quality of teaching: Implications for teacher education and training*. OECD/CERI paper prepared for a seminar on "Quality in Teacher Education and Teacher Training" in Limerick, 7–9 July 1994.
- Sternberg, R. J. (1980): Sketch of a componential subtheory of human intelligence. *The Behavioral and Brain Sciences*, 3, 573–614.
- Sternberg, R. J. (1995): Expertise in complex problem solving: a comparison of alternative conceptions. In: Frensh, P. és Funke, J. (szerk.): *Complex problem solving: the European perspective*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, New Jersey, 295–321.
- Sternberg, R. J. (1999): *Handbook of creativity*. Cambridge University Press, New York.

- Sternberg, R. J. és Grigor, E. L. (2003). *The psychology of abilities, competencies, and expertise*. New York: Cambridge University Press.
- Sperber, D. és Wilson, D. (1981): Pragmatics. *Cognition*, 10, 281–286.
- Sungur, S. (2007): Contribution of motivational beliefs and metacognition to students' performance under consequential and nonconsequential test conditions. *Educational Research and Evaluation*, 13 (2), 127–142.
- Szabó Csaba (1999): *Gondolkodás*. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Tom, A. és Valli, L. (1990): Professional knowledge for teachers. In: Hoston, W. R. (szerk.): *Handbook of research on teacher education*. Macmillan. Tough, A., New York.
- Tomasello, M. (1999): *The cultural origins of human cognition*. Harvard University Press, Cambridge.
- Tóth László (2000): *Pszichológia a tanításban*. Pedellus Tankönyvkiadó, Debrecen.
- Tóth Zoltán (2005): A tudásszerkezet és a tudás szerveződésének vizsgálata a tudástér-elmélet alapján. *Magyar Pedagógia*, 105 (1), 59–82.
- Tóth, Z., és Kiss, E. (2006): Using particulate drawings to study 13–17 year olds' understanding of physical and chemical composition of matter as well as the state of matter. *Practice and Theory in Systems of Education*, 1 (1), 109–125.
- Tóth Zoltán és Kiss Edina (2007): A fizikai és kémiai változások azonosításával kapcsolatos tudásszerkezet. *Iskolakultúra*, 17 (1) 19–30.
- Tóth, Z., és Ludányi, L. (2007a): Combination of phenomenography with knowledge space theory to study students' thinking patterns in describing an atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3), 327–336.
- Tóth, Z., és Ludányi, L. (2007b): Using phenomenography combined with knowledge space theory to study students' thinking patterns in describing an ion. *Journal of Baltic Science Education*, 6 (3), 27–33.
- Tóth, Z., Revák-Markóczy I., Schneider I.K., Oberlander F., és Dobó-Tarai É. (2008): Effect of instruction on 1st graders' thinking patterns regarding the description of water with every day and scientific concepts. *Practice and Theory in Systems of Education*, 3 (1), 45–54.
- Tóth, Z., és Kiss, E. (2009): Modelling students' thinking patterns in describing chemical change at macroscopic and sub-microscopic levels. *Journal of Science Education*, 10 (1), 24–26.

- Tóth, Z., és Sebestyén, A. (2009): Relationship between students' knowledge structure and problem-solving strategy in stoichiometric problems based on the chemical equation. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 1 (1), 8–20.
- Tóth, Zoltán (2012): *Alkalmazott tudástérelmélet*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Tóth, Z., Dobó-Tarai, E., Revák-Markóczi, I., Schneider I. K. és Oberlander, F. (2007): 1st graders prior knowledge about water: knowledge space theory applied to interview data. *Journal of Science Education*, 8 (2), 116–119.
- Trudewind, C. (1975): *Hausliche Umwelt und Motiventwicklung, Motivationsforschung*. Verlag für Psychologie, Hagrefe, Göttingen, Toronto, Zürich, 103–105.
- Turley-Ames, K. és Whitfield, M. M. (2003): Strategy training and working memory task performance. *Journal of Memory and Language*, 49, 446–268.
- Veenman, M. V. J. (2005): The assessment of metacognitive skills: What can be learned from multimethod designs? In: Artelt, C. és Moschner, B. (szerk.): *Lernstrategien und Metakognition: Implikationen für Forschung und Praxis* Waxmann. Berlin, 75–97.
- Verschaffel, L., De Corte, E., Lasure, S., Van Vaerenbergh, G., Bogaerts, H és Ratincx, E. (1999): Design and evaluation of a learning environment for mathematical modeling and problem solving in upper elementary school children, *Mathematical Thinking and Learning*, 1, 195–229.
- Vinacke, W. E. (1952): *The psychology of thinking*. McGraw Hill, New York.
- Vigotszkij, L. S. (1971): *A magasabb szintű pszichikus funkciók fejlődése*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Vigotszkij, L. S. (1987): Unterricht und geistige Entwicklung im Schulalter. In: *Ausgewählte Schriften, Band 2, Arbeiten zur psychischen Entwicklung der Persönlichkeit*. Volk und Wissen, Berlin, 287–306.
- Vári Péter, Bánfi Ilona, Felvégi Emese, Krolopp Judit, Rózsa Csaba és Szalay Balázs (2001): A PISA 2000 vizsgálatáról. *Új Pedagógiai Szemle*, 51 (12), 31–44.

- Wadsworth, B. J. (1996): *Piaget's theory of cognitive and affective development: foundations of constructivism (5th ed.)* New York: Longman Publishers.
- Wallas, G. (1926): *The art of thought*. Jonathan Cope, London.
- Walsh, N., Robert, H. és Bowe, B. (2007): Phenomenographic study of students' problem solving approaches in, physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3, 1–12.
- Walters, Y.B. és Soyibo, K. (2001): An analysis of high school students' performance on five integrated science process skills. *Research in Science and Technological Education*, 19, 133–145.
- Weisberg, R. W. (1995): Prolegomena to theories of insight in problem solving: a taxonomy of problems. In: Sternberg, R. J. és Davidson, J. E. (szerk.): *The nature of insight*. MIT Press, Mass, Cambridge.
- Welsh, M. C., Satterlee-Cartmell, T. és Stine, M. (1999): Towers of Hanoi and London: Contribution of working memory and inhibition to performance. *Brain and Cognition*, 41, 231–242.
- Wenke, D., Frensch, P. A. és Funke, J. (2005): Complex problem solving and intelligence. In: Sternberg, R. J. és Pretz, J. E. (szerk.): *Cognition and intelligence*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wentzel, K. R. (1993): Does being good make the grade? Social behavior and academic competence in middle school. *Journal of Educational Psychology*, 85 (2), 357–364.
- Wertheimer, M. (1959): *Productive thinking*. Harper, New York.
- Wetzel, D. R. (2013): *Problem solving and science process skills*. <http://suite101.com/article/problem-solving-and-science-process-skills-a65807>, Letöltés: 2013. 03. 27.
- Wharton, C., Grafman, S. F., Hansen, E., Jason, B., Marks, A. és Manabu, A. (1998): Why monkeys and pigeons unlike certain apes, cannot reason analogically. In: Holyoak, K. J., Gentner, D., Kokinov, B. (szerk.): *Advances in analogy research: integration of theory and data from the cognitive, computational and neural sciences*. New Bulgarian University, Sofia, 269–273.
- Wilkening, F. (1994): Kinder sind schlauer als manche Pädagogen meinen. In: Rösler, F. és Florin, I. (szerk.): *Psychologie und Gesellschaft*. Hirzel, Stuttgart, 89–97.
- Wilson, R. (2007): Promoting the development of scientific thinking. *Early Childhood Education Journal*, 26 (3), 161–166.

- Woolnough, B. E. (1994): *Effective Science Teaching*. Open University Press, Buckingham, Philadelphia.
- Wundt, W. (1973): *An introduction to experimental psychology*. New York: Arno Press.
- Wüstenberg, S., Greiff, S. és Funke, J. (2012): Complex problem solving – More than reasoning? *Intelligence*, 40, 1–14.
- Young, J. W. (1940): *Technique for producing ideas*. Advanced Publications, Chicago.
- Zajchowski, R. és Martin, J. (1993): Differences in the problemsolving of stronger and weaker novices in physics: knowledge, strategies, or knowledge structure. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 459–470.
- Zellman, G. L. és Waterman, J. M. (1998): Understanding the impact of parent school environment of children's educational outcome. *Journal of Educational Research*. 91 (6), 370–380.

SZÉCHENYI 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE