TARTU ÜLIKOOL

Molekulaar-ja rakubioloogia instituut

Loodusteaduste didaktika lektoraat

Klaara Kask

Õpetajate täiendkoolituse mõju õpilaste protsessuaalsete oskuste kujundamisele praktiliste tööde käigus

Magistritöö bioloogia didaktikas

Juhendaja: vanemteadur Miia Rannikmäe, PhD

Tartu 2004

SISUKORD

1. SISSEJUHATUS ... 3

2. KIRJANDUSE ÜLEVAADE ... 7

2.1. UURIMUSLIK LÄHENEMINE. ... 7
2.2. PROTSESSUAALSED OSKUSED ... 13
2.3. ÕPETAJA ROLL PROTSESSUAALSETE OSKUSTE KUJUNDAMISEL ... 24
2.4. PRAKTILINE TÖÖ ... 29

3. VALIM JA METOODIKA ... 37

3.1. ÕPETAJATE PKO VALMISOLEKU ALGTASEME MÄÄRAMINE ... 38
3.2. ÕPILASTE PROTSESSUAALSETE OSKUSTE VÄLJASELGITAMINE ... 39
3.3. ÕPETAJATE KOOLITUSPROTSESSI ORGANISEERIMINE JA JÄRELKÜSITLUS ... 41

4. TULEMUSED ... 45

4.1. ÕPETAJA MUUTUS KOOLITUSE KÄIGUS ... 45
4.2. ÕPILASTE PROTSESSUAALSETE OSKUSTE KUJUNEMINE ... 48

5. TULEMUSTE ANALÜÜS JA ARUTELU ... 61

5.1. ESIMENE HÜPOTEES ... 61
5.2. TEINE HÜPOTEES ... 63
5.3. KOLMAS HÜPOTEES ... 71
5.4. NELJAS HÜPOTEES ... 75

6. JÄRELDUSED JA SOOVITUSED ... 77

KOKKUVÕTE ... 82

SUMMARY ... 83

KASUTATUD KIRJANDUS ... 85

LISAD ... 99

1. SISSEJUHATUS

Die Maxime, jederzeit selbst zu
denken, ist die Aufklärung.
I. Kant

Teaduse kiire areng nõuab muutusi ka hariduselus – teadusuuringud näitavad, et kasutatud õpetamismeetodid ei vasta enam tihti ühiskonna nõuetele ja et neid tuleb muuta, rõhutades uurimist, avastamist ja loovust (Hofstein & Lunetta, 1982; Yager, 1996; Wieseman & Moscovici, 2003). Eesti kooli ootavad ees muutused ka seoses meie riigi astumisega Euroopa Liitu. Eesmärgiks on liikumine teadmistepõhise ühiskonna poole, mille liikmed väärtustaksid teadust ja sellega seonduvat.

Uurimus on niivõrd lai mõiste, et seda on defineeritud erinevalt, toetudes erinevatele aspektidele. Chiapetta (1997) rõhutab, et üldine uurimus on igasugune aja ja ruumiga piiramata uurimistegevus. Flick (2000) rõhutab seejuures ainult kognitiivset poolt. Byers & Fitzgerald (2002) defineerivad seda kui teaduslikku meetodit. Teadusliku meetodi ja uurimuse samastamist ei peeta õigeks (Llewellyn, 2002). On selge, et uurimus ei ole ka see, kui õpilased osalevad loodusteadusliku eksperimendi läbiviimisel, kasutades struktureeritud tegevusi, mille jada viib ette teada oleva lahenduseni (Chinn & Malthora, 2002). Üldhariduse kontekstis seostub uurimus eelkõige õpilaste praktilise tegevusega loodusteaduste õppimisele püstitatud eesmärkide realiseerimisel ja seda nimetatakse uurimuslikuks lähenemiseks (Chiapetta, 1997).

Uurimuslik lähenemine sisaldab oskuste kompleksi, mis võimaldab asuda probleemi lahendamisele, avastamisele ja küsimuste esitamisele. Viimasel ajal on hakatud üha enam rõhutama protsessuaalseid oskusi, seostades need teadustöö tegemiseks vajalike oskustega (Shimoda et al., 2002). Põhiraskus protsessuaalsete oskuste kujundamisel langeb koolis õpetatavatele loodusteadustele, kus üks efektiivsemaid meetodeid on praktiliste tööde läbiviimine (Scanlon et al., 2002). Brotherton &

Preece (1996) näitavad, et praktiliste tööde käigus omandatud protsessuaalseid oskusi rakendatakse edukalt ka väljaspool koolikeskkonda.

Loodusteaduste tundides läbiviidavate praktiliste tööde sisu ja vorm on erinevad, alates täpseid ettekirjutusi sisaldavast nn kokaraamatu retsepti järgi töötamisest kuni uurimusliku tööni (Hart et al., 2000; van Driel et al., 2001; Rollnick et al., 2001). Äärmusliku näitena võib tuua ühelt poolt Ida Euroopa maad, kus loodusteaduste õpetamine püsib endiselt ainekesksena ja praktilisi töid viiakse läbi õpetaja poolt etteantud detailse eeskirja alusel (Janiuk, 2000; Rannikmäe, 2001). Samas on uurimuslik lähenemine oluline osa USA haridusstandardist (NAS, 2000; Dunkhase, 2003).

Pedagoogika-alases teaduskirjanduses on korduvalt rõhutatud vajadust uurida õpilaste tegevuste mõtestatust praktiliste tööde ajal. Samal ajal kui Chin (2002), Rollnick jt. (2001) ning Keys (2000) vaatlevad praktiliste tööde kognitiivseid aspekte, on Eestis uuritud praktiliste tööde läbiviimise sagedust koolis (Vinne, 1998) ja põhjusi, miks neid tehakse vähe (Lukason, 1997). Heinmets (2000) on leidnud, et praktilise töö eesmärgiks peavad Eesti loodusteaduste õpetajad teooria illustreerimist.

On korduvalt rõhutatud, et uurimuslikke praktilisi töid on võimatu teha õpetajata, kes juhib ja suunab õpilaste tegevust (Guskey, 2000; She & Fisher, 2002). Samas ei ole õpetajad valmis organiseerima uurimuslikke praktilisi töid sihipärase koolituseta, mille eesmärgiks on õpetamise paradigma muutmine (Halim & Meerah, 2002). Paradigma muutuseks ei piisa vaid uute õppematerjalide kasutamisest. Õpetajad kohandavad need oma endise õpetamisstiiliga (Posnanski, 2002). Õpetaja peab asuma sarnaselt õpilasega õppija rolli (McGregor & Gunter, 2001). Efektiivse tulemuse saavutamiseks soovitatakse aktiivset osalemist õppematerjalide koostamise protsessis (van Zee et al., 2003). Õpetaja võtab uue paradigma kiiremini omaks ja saavutab professionaalse kompetentsuse, kui sellega kaasneb positiivne tagasiside õpilastelt (Rannikmäe, 2001).

Õpetajate professionaalse kompetentsuse erinevate aspektidena on kirjanduses rõhutatud nii üldpedagoogilisi teadmisi ja oskusi (Loughran et al., 2001; van Driel et al., 2002), kui ainealaseid ja interdistsiplinaarseid teadmisi (Wallace et al., 1999, McGregor & Gunter, 2001).

Magistritööle seati järgmised eesmärgid:

1) Uurida, kas õpetajad on valmis organiseerima uurimusliku suunaga praktilisi töid ja kuidas mõjutab õpetajate omavaheline interaktsioon uurimusliku suunaga praktiliste tööde läbiviimise professionaalse kompetentsuse saavutamist.
2) Selgitada välja, kuidas arenevad õpilaste protsessuaalsed oskused uurimusliku suunaga praktiliste tööde sihipärasel kasutamisel keemiatundides.

Eesmärkidest lähtuvalt püstitati hüpoteesid:

1) Õpetajate suhtumist uurimusliku suunaga praktiliste tööde organiseerimise vajalikkusesse on võimalik mõjutada täiendkoolituse käigus.
2) Õpetaja uurimusliku suunaga praktiliste tööde läbiviimise professionaalne kompetentsus saab efektiivselt kujuneda meeskonnatöö käigus omavahelise interaktsiooni tulemusena.
3) Uurimusliku suunitlusega praktilised tööd arendavad õpilastel probleemi nägemise ja katse planeerimise oskust.
4) Uurimusliku suunitlusega praktilised tööd suunavad õpilaste vaatlusoskuse vaatlusväliselt -kirjeldavalt kirjeldav-interpreteeritavale.

Hüpoteeside kontrollimiseks viidi läbi pedagoogiline eksperiment, milles osales 10 keemia õpetajat ja 250 nende poolt õpetatud 9. klassi õpilast Tartu linna ja maakonna erinevatest koolidest. Õpetaja professionaalse kompetentsuse kujunemist vaadeldi kaheksa kuud kestnud koolitusprotsessi käigus. Muutusi õpetajate hinnangutes ja õpilaste protsessuaalste oskuste tasemes mõõdeti küsimustike ja testide abil. Töö tulemused näitasid, et kõik püstitatud hüpoteesid leidsid kinnitust.

Autor tänab oma juhendajat Miia Rannikmäed ja loodusteaduste didaktika lektoraadi kollektiivi. Suur tänu ka eksperimendis osalenud keemiaõpetajatele.

2. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

2.1. Uurimuslik lähenemine

Teadusliku meetodi tutvustamise vajadust loodusteaduste õpetamisel on rõhutanud Woolnough ja Allsop, tõstes seejuures esile keemiaprofessor Henry Edward Armstrongi, kes kirjeldas 1899. aastal koolis kasutatavat loodusteaduse kursuse kuueastmelist mudelit, mille üks aste sisaldas probleemi määratlust, vaatluse tegemist ja hüpoteeside püstitamist (Woolnough & Allsop, 1985). Teadusliku meetodi väärtustamist loodusteaduste tundides seostab Deboer (2002) J. Dewey´st, kes rõhutas uurijaoskuste vajalikkust kõigis ühiskonnaelu sfäärides. Hofstein & Lunetta (1982) aga viitavad J. Burmeister´le, kes pidas juba 1953. aastal vajalikuks mõõta näiteks õpilaste võimet tuvastada probleeme, planeerida katseid hüpoteeside kontrollimiseks, korrastada ja interpreteerida andmeid ning teha üldistusi.

Uurimust on teaduskirjanduses määratletud mitmeti, rõhuasetusega erinevatel aspektidel. Chiappetta (1997) väidab, et uurimus – see on rohkem kui teaduslik meetod, see on teadus ise. Flick (2000) rõhutab, et uurimus on kompleksne protsess, mis sisaldab erinevaid mõtlemisoskusi ja taustateadmisi. Uurimuse abil saadakse uusi teadmisi, avastatakse uusi fakte, mille alusel töötatakse välja uued hüpoteesid ja teooriad, mille verifitseerimine toimub jällegi uurimuse abil (Chalmers, 1998). Martin-Hanseni (2002) poolt pakutud versioonis mõistetakse uurimuse all teadlaste tööd tõestusmaterjali kogumisel ümbritseva maailma nähtuste selgitamiseks.

Koolis kasutatavat uurimust nimetatakse ka uurimuslikuks lähenemiseks (Chiappetta, 1997). Kuigi uurimusliku lähenemise tähtsusest loodusteaduste õpetamisel räägiti juba sajandi alguses (Dewey, 1933), muutus viimane aktuaalseks sputniku-järgsel perioodil, aastatel 1955-1965. Nii leiti, et uurimusliku lähenemisviisiga on võimalik mõjutada õpilaste teadmiste kvaliteeti (Aikenhead, 1997; Yager & Weld, 1999; Haury, 2002), suurendada õpilaste huvi ja positiivset suhtumist loodusteadustesse (Gibson & Chase, 2002). See kajastus ka riiklikus standardis, kus uurimuslik lähenemine seati loodusteaduste õppimisel kesksele kohale (NSES 1996, 2000).

Probleemi lahendamist uurimuse ühe osana on rõhutatud ka Uus-Meremaa õppekavas (*Science in the New Zeeland Curriculum*, 1993).

Pedagoogika-alases kirjanduses kasutatakse tihti terminit uurimuslik õpe. Hogan & Berkowitz (2000) kirjeldavad uurimuslikku õpet kui protsessi, mis sisaldab nii küsimustele vastamist, vaatlust ja käelist tegevust nõudvate operatsioonide läbiviimist ja saadud andmete numbrilist ülesmärkimist kui ka tulemuste interpreteerimist ja hinnangu andmist oma tööle. Byers & Fitzgerald (2002) lisavad et uurimusliku õppe loetellu hüpoteeside püstitamise, andmete kogumise, järelduste tegemise ja kontrollimise. Eestis käibelolev versioon rõhutab avastuslikkust ja seda on kasutatud üldhariduskooli nooremas astmes (Tenno & Hellat, 2000).

Õpilasete jaoks ei esine uurimust väljaspool teaduse piire. Kõige lihtsamal tasandil näevad nad teaduslikku uurimust maailma vaatlemise protsessina. Viimistletumal tasandil, mida võib kohata igas vanuseastmes, tähendab teaduslik uurimine vaatlustulemuste üldistamist, hierarhiliselt kõrgeim tasand seostub aga mudelite ja teooriate katsetamisega (Driver et al., 1997). Analoogilise taustaga on ka Watson'i (2000) üldistus: varasematel arenguastmetel on nähtus ja selgitus lapse jaoks sama asi. Näiteks kui vesi aurustub, siis vastusena küsimusele, mis juhtus veega pudelis, ütlevad õpilased, et see kadus ära. Hiljem, kui teooriat ja vaatlusandmeid osatakse kokku sobitada, kalduvad õpilased neid kokku liitma ja alles arenguskaala ülemistel tasemetel eristatakse teooriat ja andmeid teadlikult.

Uurimusliku lähenemisviisi puhul eristatakse **kontseptuaalset ja protsessuaalset** külge. Tuleb nõustuda teadlastega (Hofstein & Lunetta 1982; van Driel et al., 2001), kes väidavad, et traditsiooniline loodusteaduslik õpe on rõhutanud teaduslike mõistete, printsiipide ja faktide õppimist ja vähe on pööratud tähelepanu probleemide lahendamisega seotud oskuste arendamisele. Kontseptuaalse külje ülemäärane rõhutamine võib viia tulemuseni, milleni jõudis Rosalind Driver parafraseerides hiina vanasõna – "Ma kuulen ja ma unustan, ma vaatan ja jätan meelde, ma teen ja olen veelgi rohkem segaduses" (Driver et al., 1997). Järelikult kvaliteetne ja tasakaalustatud loodusteaduslik haridus sisaldab nii kontseptuaalset kui ka protsessuaalset komponenti.

Chiapetta (1997) leiab, et uurimusliku lähenemisviisi süda on **küsimused***:* pole midagi paremat kui hea küsimus, panemaks õpilasi mõtlema kriitiliselt maailma üle, kus nad elavad. Hofstein jt. (1997) väidavad, et loodusteaduste õpetamise kvaliteedi üks kriteeriume on küsimuste esitamise oskus. Chin (2002) liigitab õpilaste poolt esitatud küsimusi, võttes aluseks küsimuste konstrueerimise kui kognitiivse strateegia:

1) põhiinformatsiooni küsimused (*basic information questions*), mis jagunevad omakorda faktidele suunatud ja tegevuspõhisteks, ning
2) uutele teadmistele suunatud küsimused (*wonderment questions*).

Chin (2002) rõhutab, et faktidele suunatud küsimused nõuavad ainult info meenutamist ja on sageli suletud küsimused. Tegevuspõhised küsimused taotlevad selgitust tegevuste kohta. Uutele teadmistele suunatud küsimused olid koostatud kontseptuaalselt kõrgel tasemel ja faktide asemel keskendusid selgitustele ja põhjendustele. Rop (2003) eristab õpilaste esitatud küsimuste hulgas ka uurimisküsimusi, mis eeldavad vastuse leidmist uurimisülesande abil. Nagu rõhutavad Chin & Kayalvizhi (2002), määravad uurimisküsimused teaduses kogu järgneva uurimistegevuse suuna ja taseme. Byers & Fitzgerald (2002) ja Wiersma (1985) peavad uurimisküsimuste esitamist ja hüpoteesi püstitamist kaheks erinevaks etapiks. Wellington (2000) seevastu peab loodusteaduste õpetamisel võimalikuks hüpoteesi püstitamist küsimuse "Mis juhtub siis, kui…" abil. Õpilastele antud uurimisülesandeid ei ole õige samastada teadusliku uurimusega. Kuigi viimaste täitmiseks kasutatakse samu tegevusi, erinevad need tulemuste uudsuse poolest (Llewellyn, 2002). Shimoda kirjeldab seda kui tsüklit, mis sisaldab uurimisküsimuse esitamist, hüpoteesi genereerimist, uurimuse planeerimist ja läbiviimist, andmete analüüsimist, tulemuste selgitamist, mudeli hindamist ning hindamisel põhinevate uute uurimisküsimuste formuleerimist (Shimoda et al., 2002).

Uurimuslik lähenemisviis on rakendatav paljudes eluvaldkondades, väljudes teaduse ja koolitundide raamidest (Llewellyn, 2002).

Kempa (1986) ja Lunetta (1997) eristavad **uurimuslikes praktilistes töödes** järgmisi etappe:

- probleemi nägemine,
- probleemi lahtimõtestamine ja/või ümberformuleerimine,

- praktilise töö planeerimine,
- praktilise töö läbiviimine vaatluse ja mõõtmise kasutamisega,
- andmete protokollimine,
- andmete interpreteerimine,
- hinnangu andmine,
- probleemi lahendamine.

Watson (2000) kirjeldab uurimusliku praktilise töö õppetsükli struktuuri, mis koosneb mõtlemisfaasist enne tõendusmaterjali kogumist (probleemi selgitus ning tegevuse planeerimine), tõendusmaterjali kogumisest (vaatluste tegemine ja mõõtmine, tulemuste salvestamine) ja mõtlemisfaasist pärast tõendusmaterjali kogumist (tulemuste interpreteerimine, kogutud tõendusmaterjali kvaliteedi hindamine ja õpilase õppimise reflekteerimine). Hart jt. (2000) juhivad tähelepanu faktile, et on vähe õpilasi, kes reflekteeriks oma vaatluste tulemusi ja püüaks neid seostada sellega, mida nad juba teavad.

Uurimusliku lähenemisviisi etappide erinevate interpreteerimisvõimaluste võrdlemiseks koostati tabel 1.

Tabel1. **Erinevate uurimusliku lähenemise mudelite võrdlus**.

Kempa lineaarne mudel	Shimoda tsükliline mudel	Watsoni mõtlemisfaaside mudel
1. Probleemi nägemine ja formuleeerimine. 2. Probleemi lahtimõtesta-mine ja/või ümberformuleerimine.	1. Uurimisküsimuse esitamine. 2. Hüpoteesi genereerimine.	1. Probleemi selgitamine. (sisaldab probleemi nägemist ja formuleerimist)
3. Praktilise töö planeerimine. 4. Praktilise töö läbiviimine. 5. Andmete protokollimine.	3. Uurimuse planeerimine ja läbiviimine.	2. Tegevuste planeerimine. 3. Vaatluste tegemine. 4. Mõõtmine. 5. Tulemuste salvestamine.
6. Andmete interpreteerimine.	4. Andmete analüüsimine. 5. Tulemuste selgitamine.	6. Tulemuste interpreteerimine.

Kempa lineaarne mudel	Shimoda tsükliline mudel	Watsoni mõtlemisfaaside mudel
7. Hinnangu andmine. 8. Probleemi lahendamine.	6. Mudeli hindamine. 7. Uute uurimisküsimuste formuleerimine.	7.Tõendusmaterjali kvaliteedi hindamine. 8. Õppimise reflekteerimine.

Vaatamata erinevatele struktureerimise alustele ilmneb, et oluliseks peetakse samade uurimusliku lähenemisviisi etappide läbimist. Kõigi mudelite puhul võib eristada probleemi või hüpoteesi püstitamise, katse läbiviimise ja tulemuste interpreteerimise etappe. Erinevad rõhuasetused tingivad erinevusi etappe iseloomustavate tegevuste arvus ja sisus. Kempa mudel toetub probleemi lahendamise loogikale, Watson jt. (1998) rõhutavad õppimise osa. Kõige laiemaid võimalusi pakub Shimoda mudel, mille puhul uute uurimisküsimuste formuleerimisega kordub kogu tsükkel.

Koolis tehtavad uurimuslikud tööd erinavad **õpilaskesksuselt**. Õpilaskesksus defineeritakse kui õpetaja poolt suunatud õpilaste kognitiivne tegevus tunnis (Meade, 2002) ning selle alusel liigitab Martin-Hansen (2002) koolis kasutatavaid uurimusi:

1) *avatud ehk täielik* uurimus algab õpilaste küsimusega, järgneb uurimuse disainimine ning läbiviimine ja tulemuste arutelu õpilaste poolt;
2) *juhitud uurimuse* läbiviimisel esitab õpetaja uurimisküsimuse ning suunab õpilaste uurimistegevust;
3) *ühendatud uurimus* kombineerib kaht eelnevat;
4) *struktureeritud uurimust* suunab õpetaja. Tavaliselt on selle tulemuseks "kokaraamatu" tund, milles õpilased järgivad tulemusteni jõudmiseks õpetaja juhendeid.

Struktureeritud uurimus ei suuna uurimuslikule tööle. Antud kontekstis on raske nimetada sellist tegevust uurimuseks, sest õpilastel puudub iseseisvus.

Viimastel aastatel on leidnud teaduskirjanduses kasutust mõisted **autentne teaduslik uurimus** (*authentic scientific inquiry*) ja **lihtne uurimus** (*simple inquiry*) (Chinn & Hmelo-Silver, 2002), mille kaudu iseloomustatakse teadlaste tegevusi uurimistöö läbiviimisel kasutades kaasaegset tehnoloogiat ja arvestades ühiskonna vajadusi.

Õppetöö koolis on limiteeritud mitmete tegurite poolt (aeg, ruum, raha jne.) ning seetõttu kasutatakse koolis valdavalt lihtsat uurimust. Chinn ja Malhotra (2002) on vastandanud need kaks meetodit võttes aluseks erinevused õpilaste poolt kasutatavates kognitiivsetes protsessides kui ka epistemoloogias. Kognitiivsete protsesside erinevused kajastuvad tabelis 1.

Tabel 2. **Kognitiivsete protsesside erinevus autentse ja lihtsa uurimuse puhul.** (Chinn & Malthora, 2002)

Kognitiivne protsess	Autentne uurimine	Lihtne uurimine
Uurimisküsimuse genereerimine.	Uurimisküsimus genereeritakse ise.	Uurimisküsimus on ette antud.
Uurimuse planeerimine ja muutujate valimine.	Valitakse välja uurimiseks vajalikud muutujad.	Uuritakse üht või kaht etteantud muutujat.
Planeerimise protseduurid.	Mõeldakse välja protseduuride kompleks uurimisküsimusele vastamiseks.	Järgitakse lihtsat suunda protseduuride täideviimiseks.
Muutujate kontrollimine.	Kasutatakse mitmeid erinevaid kontrolli meetodeid.	Kasutatakse üht kontrolli meetodit.
Vaatluste tegemine.	Kasutatakse keerukaid tehnilisi vahendeid kaitsmaks tulemusi inimese eelarvamuste eest.	Tulemused pole kaitstud taju selektiivsuse eest.
Vaatluste transformeerimine.	Vaatluste tulemusi transformeeritakse korduvalt teistesse andmeformaatidesse.	Vaatluste tulemusi transformeeritakse harva, välja arvatud otse edastatavad graafikud.
Tulemuste puudused.	Korduvate vaatluste tegemisel võivad tekkida ebakõlad nii enda kui teiste saadud tulemustega.	Katsetes tekkivad ebakõlad on vähemärgatavad.
Üldistused.	Otsustusi tehakse arvestades	Üldistused tehakse ainult

Kognitiivne protsess	Autentne uurimine	Lihtne uurimine
	nii antud kui ka sarnaseid situatsioone.	antud situatsioonist lähtudes.

Flick (2000) toob välja, et uurimuslike praktiliste tööde läbiviimise organiseerimisel on oluline, et õpetaja teadvustaks õpilastele uurimuse eesmärgid ja leiaks võimalusi teadusliku meetodi kasutamiseks õpilaste poolt. Neid eesmärke saab õpetaja realiseerida uurimuslikku lähenemisviisi toetava **tööjuhendi** abil. Selline tööjuhend peaks aitama õpilastel lahti mõtestada tööülesannet ja mõista praktilist tööd. See peab erinema traditsioonilisest neljaosalisest protokollist, mille komponendid on eesmärk, meetodid, tulemused ja järeldused (Keys, 2000). Lunetta (1997) rõhutas, et kui praktilisi töid ei viida läbi uurimuslikult, tajuvad õpilased põhilise ülesandena tööjuhendi täpset järgimist või õige vastuse saamist. Watson'i jt. (1998) tehtud uurimuses praktiliste uurimuslike tööde eesmärgistamisest selgub, et kui õpetajad pidasid eesmärke tegevuspõhisteks, näiteks hüpoteesi püstitamine, katse planeerimine; siis ainult 20% õpilastest oli sama meelt. 74% õpilastest õppisid enda arvates aine sisu, õpetajatest arvas nii 33%. Õpetajate ja õpilaste vastuste kokkusobimatus on silmatorkav ja vajaks laiemat tutvustamist tegevõpetajatele.

2.2. Protsessuaalsed oskused

Yeany jt. (1986) nimetas protsessuaalseteks oskusteks muutujate kontrollimise, andmete interpreteerimise, hüpoteeside püstitamise, operatsioonide defineerimise ja eksperimenteerimise oskusi. Fisher (1995) toob välja, et protsessuaalsed oskused aitavad õpilastel formuleerida küsimusi, identifitseerida probleeme, teha vaatlusi, klassifitseerida andmeid, konstrueerida järeldusi, püstitada hüpoteese ja viia läbi eksperimenti.

Champagne (1997) pakub protsessuaalsete oskustena välja hinnangu andmise, piirangute seadmise, eesmärkide püstitamise, analüüsi, protsessi vaatluse, planeerimise ja läbiviimise, probleemi lahtiseletamise oskused.

Bybee (1997) näeb loodusteaduste õpetamise ühe eesmärgina teadusliku uurimistöö tegemiseks vajalike oskuste arendamise**.** *American Association for the Advancement of Science* lühendatult AAAS (2000) defineerib 13 üldiselt aktsepteeritud tegevust, mida teadlased kasutavad oma töö juures: vaatlemine, ruumi ja aja seoste kasutamine, klassifitseerimine, grupeerimine ja organiseerimine, numbrite kasutamine tulemuste iseloomustamisel, mõõtmine, kommunikatsioon, järeldamine, ennustamine, muutujate identifitseerimine ja kontrollimine, andmete interpreteerimine, hüpoteeside formuleerimine, operatsiooniline defineerimine, eksperimenteerimine .

Dunkhase (2003) määratleb protsessuaalsed oskused seostatuna uurimistsüklisse:

1) loodusnähtuse kohta küsimuse esitamine;
2) küsimusele vastuse leidmiseks uurimuse planeerimine;
3) uurimuse läbiviimine tõestusmaterjali ja andmete saamiseks;
4) andmete interpreteerimine ja küsimusele parima vastuse leidmine kasutades põhjendamist ja loogilist mõtlemist;
5) uurimistulemuste esitlus.

Pedagoogika-alases kirjanduses on uurijate poolt (Woolnough & Allsop, 1985; Elstgees & Harlen, 1992; Hart et al., 2000; Beaumont-Walters, 2001; Ostlund, 2003) pööratud tähelepanu erinevaid aspekte rõhutades mitmetele eksperimenteerimisel vajalikele protsessuaalsetele oskustele. Mõned neist: vaatlusoskus, mõõtmisoskus, seadmete ja vahendite ohutu käsitsemise oskus, probleemi lahendamise oskus, mille komponendid on probleemi nägemine, lahendusstrateegia valik ja probleemi lahendamine, katse planeerimisoskus ja selle läbiviimise oskus, katsetulemuste interpreteerimisoskus, hinnangu andmise oskus.

Tabelis 3 kajastuvad protsessuaalsete oskuste erinevad rõhuasetused.

Tabel 3. **Protsessuaalsete oskuste klassifikatsioonide võrdlus**.

Dunkhase klassifikatsioon	**Champagne klassifikatsioon**	**AAAS 2000 klassifikatsioon**
1.Küsimuste esitamise oskus. 2.Planeerimisoskus.	1.Probleemi lahtiseletamise oskus. 2.Eesmärgi püstitamise oskus. 3. Piirangute seadmise oskus. 4. Planeerimisoskus.	1.Hüpoteesi püstitamise oskus. 2.Planeerimisoskus.
3. Uurimuse läbiviimise oskus	5. Uurimuse läbiviimise oskus. 6. Vaatlusoskus.	3. Eksperimenteerimis-oskused. 4. Vaatlusoskus. 5.Aja ja ruumi seoste kasutamisoskus. 6.Mõõtmisoskus. 7.Klassifitseerimisoskus. 8.Kommunikatsioonioskused. 9.Muutujate identifitseerimise ja kontroolimise oskused.
4. Andmete interpreteerimisoskus. 5. Uurimistulemuste esitamisega seotud oskused.	7. Analüüsioskus.	10.Oskus kasutada numbreid tulemuste iseloomustamisel. 11. Järeldamisoskus. 12. Ennustamisoskus. 13.Interpreteerimisoskus.

Erinevad rõhuasetused tingivad erinevatel uurimusliku lähenemise etappidel erinevad protsessuaalsed oskused. Samuti on jälgitav oskuse mahu erinevus, näiteks AAAS 2000 rõhutatakse uurimuse läbiviimise etappi ja leitakse selles 7 oskust. Kõik autorid peavad oluliseks planeerimisoskuse nimetamist.

Protsessuaalsete oskuste rolli loodusteaduste õpetamisel rõhutavad Elstrees ja Harlen (1992) väites, et protsessuaalsete oskuste kasutamine on oluline tähendusrikkas õppimises. Protsessuaalsete oskuste tähtsusele õpilaste kognitiivses arengus viitavad ka Brotherton & Preece (1996), kes uurisid tavakooli 7.—9. klasside paralleelklasside õpilasi. Eksperimentaalklasside loodusteaduste tundides ja kodutöödes kujundati 28-nädalase perioodi jooksul protsessuaalseid oskusi. Järeltestimine näitas eksperimentaalklasside õpilaste paremaid tulemusi nii protsessuaalsete oskuste osas

kui ka Piaget' poolt väljatöötatud laste kognitiivse arengu mõõtmiseks kasutatud testide ülesannetes.

Yeany jt. (1986) huvitusid protsessuaalsete oskuste ja formaalse põhjendamisoskuse seosest. Uurimuse tulemustest ilmnes, et õpilased ei suuda omandada protsessuaalseid oskusi enne, kui on omandatud kognitiivsed teadmised ja oskused. Näiteks õpilane ei oska püstitada hüpoteesi enne kui on omandatud meeldejätmisoskus, põhjendamisoskus, muutujate kontrollimise oskus ja loogilise mõtlemise oskus.
Protsessuaalsete oskuste tase peaks iga aastaga tõusma: algkoolis ja põhikoolis need oskused kujundatakse, keskkoolis peaksid õpilased neid oskusi iseseisvalt kasutama (Yager, 1996). Protsessuaalsete oskuste arengut näitab nende muutumine fokuseeritumaks, täpsemaks, kvantitatiivsemaks, teadlikumaks (Elstgees & Harlen, 1992).

Pedagoogika-alases kirjanduses liigitatakse protsessuaalsed oskused kaheks: baas- (*basic*) ja integreeritud (*integrated*) oskused (Padilla, 1997; Chiappetta, 1997; Martin-Hansen, 2000; Chin, 2002).
Champagne (1997) ja Fisher (1995 soovitavad eristada mõtestatuse sügavuse alusel **madalama ja kõrgema järgu protsessuaalseid oskusi,** võttes liigituse aluseks mõtestatuse sügavuse. Madalama järgu protsessuaalsed oskused on mõõtmisoskus ja seadmete käsitsemise oskus. Kõrgema järgu oskusteks loeti probleemi lahendamisega seotud oskused (probleemi nägemise, katse planeerimise ja katsetulemuste interpreteerimise oskused). Ülevaate madalama ja kõrgema järgu oskustest annab tabel 2. Järgmised autorid Champagne (1997), Fisher (1995), Kempa (1985) samuti ERIC Thesaurus (2003) soovitavad määratleda madalama järgu oskustena tabelis 2 toodud oskusi-

Tabel 4. **Madalama järgu protsessuaalsed oskused.**

Oskus	**Määratlus**
Vaatlusoskus.	Oskus hankida infot meelte abil objektide ja protsesside kohta, oskus kasutada vaatlemisel abivahendeid binokkel, luup, mikroskoop, termomeeter (ERIC Thesaurus).
Oskus võrrelda aja ja pikkusühikute abil.	Objektide ja protsesside võrdlemisoskus (Champagne, 1997).

Oskus	Määratlus
Oskus oletada (ekstrapoleerida).	Faktide alusel objektide ja protsesside kohta oletuste tegemisoskus (Fisher, 1995).
Mõõtmisoskus.	Oskus kasutada objektide ja protsesside kirjeldamiseks nii standardiseeritud kui standardiseerimata mõõte Champagne, 1997).
Kommunikatsioonioskus.	Oskus kirjeldada objekte ja protsesse sõnade ja graafiliste sümbolite abil (Fisher, 1995).
Klassifitseerimisoskus.	Oskus järjestada või grupeerida objekte ja protsesse omaduste alusel ja rühmitada kategooriatesse, määrajate kasutamise oskus (Kempa, 1986).
Ennustamisoskus.	Oskus väljendada teadaolevate tõendusmaterjali mustrite alusel järgnevate protsesside tulemust (Kempa, 1986).

Tabelist 4 selgub, et madalama järgu oskusi seostatakse kas Bloomi taksonoomia kahe madalama, teadmise ja mõistmise astmega või käelise tegevusega seotud oskustega (Kempa, 1986; Lindgren & Suter, 1994; Ostlund 2003). Segadust võivad tekitada oletamine ja ennustamine kui madalama järgu oskused. Mõistmise kategooriat peetakse edastatud informatsioonist arusaamise madalaimaks astmeks ja seda iseloomustavad info transleerimine, interpreteerimine ja ekstrapoleerimine ehk prognoosimine, mis ei nõua uute teadmiste täielikku seostamist varemõpituga (Fisher, 1995). Seetõttu on käesolevas töös ka klassifitseerimis-, ennustamis- ja oletamisoskusi vaadeldud madalama järgu oskustena.

Tabel 5. **Madalama järgu käelist tegevust sisaldava oskuse õpetamise mudel**. (Kauchak & Eggen, 1993)

Faas	Primaarne fookus	Õpetaja tegevused
Sissejuhatus.	Õpilastele antakse teadmisi oskusest, miks see on oluline,	Õpetaja teeb verbaalse sissejuhatuse oskusesse.

Faas	Primaarne fookus	Õpetaja tegevused
	millal ja kuidas seda kasutatakse.	
Selgitamine.	Selgitatakse oskuse mehhanisme ja alakomponente.	Õpetaja modelleerib oskust ja selgitab, kuidas see toimub.
Õpetaja juhendatud praktika.	Õpilased proovivad oskust praktiliselt õpetaja juhendamisel.	Õpetaja ettenäitamise järel kordavad õpilased oskust.
Iseseisev praktika.	Õpilased harjutavad oskust ise.	Õpetaja jälgib õpilaste harjutamist, et tuvastada probleemsed valdkonnad.
Laiendatud praktika.	Õpilastel tekib oskuse sooritamisel vilumus, info salvestatakse pikaajalisse mällu ja oskus muutub ülekantavaks.	Õpetaja määrab kodutööd ja koostab plaani oskuse kujundamise kohta.

Tabelist 5 selgub, et madalama järgu oskuste kujundamisel on oluline osa harjutamisel ja oskuse kordamisel, sest eesmärgiks on jõuda vilumuseni nende sooritamisel. Padilla (1997) rõhutab, et õpilased ei saavuta eksperimenteerimisoskust mõnekordse harjutamisega, vaid vilumuse saavutamiseks oleks vaja oskusi kasutada erinevates situatsioonides ning korduvalt. Samuti leidis ta, et madalama järgu protsessuaalsete oskuste õppimisel on efektiivsust suurendanud spetsiifiliste reeglite rakendamine ennustamisel ja selgitamise, harjutamise, arutelu ja tagasiside kasutamine koos vaatlusega. Rollnick jt. (2001) lisavad, et madalama järgu oskuste madal tase saab takistuseks kõrgema järgu oskuste omandamisel ja kasutamisel.

Tabel 6**. Kõrgema järgu protsessuaalsed oskused.**

Oskus	Kirjeldus
Probleemi nägemise oskus.	Oskus näha (märgata) probleeme erinevates situatsioonides ja neid formuleerida.
Oluliste tunnuste eristamise oskus.	Oskus eristada eksperimendi käiku mõjutavaid muutujaid.
Eksperimendi planeerimise oskus.	Oskus valida eksperimendi käigus oluliste muutujate mõõtmisviise.
Hüpoteesi formuleerimise oskus.	Oskus sõnastada kavandatava eksperimendi tulemust.
Andmete interpreteerimise oskus.	Oskus analüüsida andmeid ja teha nende põhjal järeldus.
Eksperimenteerimisoskus.	Oskus sooritada eksperimenti, kasutades erinevaid katsevahendeidja –tegevusi.
Mudelite loomise oskus.	Oskus luua sündmuse või objekti reaalne või abstraktne mudel.
Hindamisoskus.	Oskus anda hinnang oma tööle.

Kõrgema järgu oskusi seostab Fisher (1995) Bloomi taksonoomia hierarhiliselt kõrgemate kategooriatega. Lindgren & Suter (1994), Padilla (1997), Shimoda jt. (2002) ja Ostlund (2003) osutavad kõrgema järgu protsessuaalsete oskuste seotusele Piaget' poolt määratletud formaalse mõtlemistasemega.

Piaget´ poolt välja töötatud teoorias vaadeldakse intellekti arengu nelja etappi: sensomotoorne, operatsioonide-eelne, konkreetsete operatsioonide ja formaalsete operatsioonide astmed (Wadsworth, 1978). Põhikooli lõpuklasside õpilased peaksid olema jõudnud formaalsete operatsioonide perioodi. Seda iseloomustab keeruline

verbaalne mõtlemisvõime, mis võimaldab püstitada hüpoteese, lahendada probleeme ja võtta vastu otsuseid. 15—16-aastased õpilased peaksid loogika abil suutma põhjendada mitte ainult oma vahetus keskkonnas olevate konkreetsete objektide ja sündmuste osas, vaid ka abstraktsetes kategooriates (Fisher, 1995). Samas on leitud, et ainult 20% 7. ja 8. klasside õpilastest (12—14-aastased), 35% 12. klassi õpilastest (18-aastased) ja 35% ülikoolide esmakursuslastest on jõudnud formaalsete operatsioonide tasemele (Yeany et al., 1986). Siit ongi pärit probleem, mis seostub õpetaja professionaalse kompetentsiga – kuidas õpetada õpilastele, kes pole veel jõudnud formaalsete operatsioonide tasemele ja kellel domineerib konkreetne mõtlemine, kõrgema järgu protsessuaalseid oskusi, mis baseeruvad analüüsil, sünteesil ja hindamisel?

Uurimusliku töö tegemiseks on vajalikud oskused. Antud magistritöös peeti olulisemateks protsessuaalseteks oskusteks probleemi nägemise, katse planeerimise ja vaatlusoskusi.

Probleemi nägemise oskus

Oluline pole see, et nad mõistaksid lahendust.
Oluline on see, et nad ei mõista probleemi.
G.K. Chesterton

Uurimuslikku lähenemisviisi iseloomustab eelkõige oskus näha (identifitseerida) ja formuleerida probleemi. Watson (2000) peab selle oskuse arendamist üheks uurimuslike praktiliste tööde eesmärgiks. On selge, et probleemi nägemine juhatab sisse uurimusliku tsükli ja alles pärast seda saab asuda vaatlema ainult probleemiga limiteeritud osa nähtusest ning planeerima katset probleemi lahendamiseks. Siit nähtub probleemi nägemise oskuse tähtsus ka väljaspool kooli igapäevases elus – probleem saab probleemiks alles siis, kui seda on nähtud ja enda jaoks teadvustatud.

Glassman (2001) viitab John Deweyle, kes ühena esimestest leidis, et tõeline õppimine seisneb eluprobleemide lahendamises. Ta eristas probleemide lahendamise

protsessis viit etappi ja formuleeris igaühe jaoks heuristilise tegevusjuhise. Esimene etapp oli *probleemi esitamine*, mis sisaldab probleemi teadvustamist. Teise etapina nägi J. Dewey *probleemi defineerimist,* määratledes seejuures lähteandmed ja lõppseisu, kuhu välja jõuda.

Probleemide nägemise ja formuleerimise oskust peetakse kõrgema järgu protsessuaalseks oskuseks, kuna sisaldab komponentidena analüüsi, sünteesi ja hinnangu andmist (Fisher, 1995). Yager (1996) eeldab, et keskkoolis peaksid õpilased olema võimelised iseseisvalt probleemi olemuse sõnastama, uurimused näitavad aga hoopis, et õpilased ajavad segamini tõestusmaterjali ja hüpoteesid. Selle seletamisel peetakse oluliseks kaht aspekti:

a) põhikooli õpilased ei ole suutelised mõtlema abstraktsetes kategooriates, (Driver et al., 1997);
b) õpilastel pole protsessuaalseid oskusi, mis võib olla põhjustatud nii vähesest praktiliste tööde arvust kui ka ebaõigest töö planeerimisest praktiliste tööde tundides (Hart et al., 2000; Rollnick et al., 2001).

Probleemi nägemise oskuse üks komponentidest on **küsimuste esitamine** (Chin, 2002). Yernick (2000) leidis, et õpilased genereerisid märgatavalt rohkem küsimusi avastuslike probleemide situatsioonis, kus nad ise pidid defineerima nii uurimisprobleemi kui ka selle lahenduse. Etteantud probleemidega töötades, kus nad leidsid lahenduse juba defineeritud ülesandele, oli õpilaste esitatud küsimuste arv väiksem. Chin (2002) soovitab anda õpilastele rohkem autonoomiat, mille tulemusena areneks küsimuste esitamise oskus. Õpilaste autonoomia ja õpetajakesksus on vastandlikud nähtused, mis peavad olema eesmärgi – kvaliteetsete teadmiste ja oskuste kujundamise – nimel mõistlikult tasakaalustatud.

Vaatlusoskus

Küsimus ei ole selles, mida sa vaatad, vaid selles, mida sa näed.

Henry Thoreau

Ammu enne seda, kui meie esivanemad avastasid kirjutamise, suutsid nad talletada oma vaatlusi. Öötaeva üksikasjalikke vaatlusi on jäädvustatud inimlonna ajaloos 3000 aasta vältel (Kavassalis, 2000). Juba vanad kreeklased mõistsid meie meelte tähtsust teadmiste konstrueerimisel. Vaatluse primaarsuse tõestas aga Galileo Galilei. Riskides eluga oma ideede pärast, uskus Galilei seisukohtadesse, mis põhinesid vaatlustel ja põhjendamisel.

Teaduslikke teooriaid testitakse vaatluste abil ning neid aktsepteeritakse, lükatakse ümber või modifitseeritakse peamiselt vaatlusandmete põhjal. Vaatlust peetakse seega kriteeriumiks, mis annab sõltumatu standardi teooriate ja hüpoteeside hindamiseks (Chalmers, 1998).

Vaatlusoskus on üks tähtsamaid oskusi, mida läheb vaja nii koolis kui igapäevases elus. Oluline on omandada oskus vaadelda: hoolikalt, ausalt ja pertseptiivselt, näha sarnasusi ja erinevusi, hinnata, mis on iseloomulik, oluline (Woonough & Allsop, 1985). Driver e.a.(1997) leidsid, et silmade ja käte kasutamist kui teadusliku meetodi üht osa ei saa õpetada ainult kriidi ja tahvli ning ka loengute ja demonstratsioonide abil – iga õpilase silmi ja käsi tuleb tegelikult ja pidevalt treenida juba algklassidest peale. Osborne & Collins (2001) leidsid, et keemia õpetamisel äratasid õpilastes huvi konkreetsed, vaadeldavad ja manipulatiivselt uuritavad nähtused ning et õpilastele jäävad paremini meelde nähtused, mille vaatlemisel kaasneb visuaalselt tajutav efekt, mitte teoreetilisel tasandil kirjeldatud nähtused .

Psühholoogiateadlased soovitavad tähelepanu juhtida ka meelte väheusutavuse probleemile, mida lahkas juba René Descartes oma "Meditatsioonides", pidades tajudest õigemaks mõtlemist: *cōgito, ergo sum* – mõtlen, järelikult olen. Vaatlusoskuse iseloomustamisel on oluline tähelepanu pööramine detailidele. Afektiivse taksonoomia hierarhiliselt madalaim kategooria on märkamine, mille alakategooriateks on tajumine, tolerantsus ja selektiivne taju. Taju on selektiivne, sest see sõltub hoiakutest, emotsioonidest, motivatsioonist, inimese soost ja eelnevatest teadmistest: tavaliselt näeme seda, mida ootame (Butterworth & Harris, 2002).

Vaatluste tegemisel kasutatakse mitte ainult oma viit meelt, vaid ka instrumente, mis laiendavad meelte tajudiapasooni või suudavad mõõta inimese poolt tajumatut. Näiteks mikroskoobi abil nähakse objekte sajakordselt suurendatuna, Geigeri loendaja on indikaatoriks silmaga nähtamatu radioaktiivse kiirguse taseme määramisel.

Vaatlusoskusel võib eristada kaht poolt: ühe osa moodustab inimese viie meele abil tajutu, teine eeldab tajutu seostamist eelnevate teadmistega ning toimub abstraktsel tasemel. Seda reflekteerib tagasiside läbi verbaalse väljenduse, mis sõltub oskusest kasutada (teaduslikku) terminoloogiat (Lawson e. a., 2000). Vaatlusoskuse kõrgemale ja madalamale tasandile juhivad tähelepanu nii eelnimetatud autorid kui ka Elstgees ja Harlen (1992), kelle arvates erinevuste leidmine kahe sarnase asja vahel on madalama ja sarnasuste leidmine kahe erineva asja vahel kui raskem komponent esindab kõrgema järgu oskusi. Sandall (2001) väidab, et praegugi on koolides loodusteaduste õpetajaid, kelle arvates seisneb vaatlusoskus ainult eseme kirjeldamises viie meele abil ja tulemuste ülesmärkimises.

Õpilaste vaatlusoskust on seostatud loodusteaduslike nähtuste interpreteerimisel kolme tasandiga: mikro-, makro- ja formaalse ehk sümbolistliku tasandiga. On leitud, et see tasand on õpilastel domineeriv, pärssides seoste loomist eri tasandite vahel ja tekitades nõnda väärarusaamu nii kontseptsioonides kui ka arusaamises praktilise töö eesmärgist (Gabel, 1998; Hart et al., 2000). Rannikmäe (1996) näitab, et õpilastel domineerib makrotasand, ehkki keemia loogika nõuab opereerimist läbi kõikide tasemete. Keemiliste nähtuste puhul moodustavad makrotasandi ained, mikrotasandi aatomid, molekulid ja keemiline side ning formaalse tasandi valemid ja reaktsioonivõrrandid (Rannikmäe, 1996). Makrotasandil on keemiaprotsessid vaadeldavad, näiteks küünla põlemine. Mikrotasandil seletatakse keemilisi nähtusi molekulide, aatomite või elementaarosakeste asetuse ja liikumisega. Formaalsel (sümbolite) tasemel esindavad keemiat sümbolid, numbrid, valemid, võrdused ja struktuurid (Wu et al., 2001).

(Gabel, 1998) leidis, et õpilastel domineerib makrotasand, pärssides seoste loomist eri tasandite vahel ja tekitades nõnda väärarusaamu nii kontseptsioonides kui ka arusaamises praktilise töö eesmärgist. Lawson e.a. (2000) leiab, et ilma keemia-alaste teadmiste ja visuaalsete võimeteta ei suuda õpilased ühest esitlusviisist

saadavat infot seostada teisel tasemel oleva infoga ning tõlgendada sümbolesitusi. Tagajärjeks peab ta väärmõistete teket.

Katse planeerimise oskus

Lähtudes uurimuse tsüklilisest mudelist järgneb probleemi nägemisele ja formuleerimisele katse planeerimine, mille abil saab antud probleemi lahendada. Katse planeerimine tähendab:

- otsustamist, millist materjali on katseks (uurimuseks) vaja;
- tuvastamist, mida on vaja muuta või mis muutub, missugused muutujad on vaja säilitada konstantsetena;
- otsustamist, mida on vaja mõõta või võrrelda;
- arvestada, kuidas kasutada mõõtmistulemusi;
- otsustamist, millisesse järjekorda panna uurimisetapid (Elstgers & Harlen, 1992; Sandall, 2001; Ostlund, 2003).

2.3. Õpetaja roll protsessuaalsete oskuste kujundamisel

Tähtsaim nähtus koolis, elav eeskuju õpilastele on õpetaja ise.

F.A. Diesterweg

On kritiseeritud loodusteaduse käsitlemist päheõpitavate ja harjutatavate faktide, teooriate ning reeglite kogumina, mitte loodusnähtuste uurimise moodusena (Yeany et al., 1986; Aikenhead, 1994; Cox-Petersen, 2001; van Driel et al., 2002; Rop, 2003). Selle seisukoha vastu on poliitikategelased, õpetajad ja teadlased pidevalt ning üha enam sõna võtnud. Euroopa Liidu haridusministrite nõupidamisel 2001. aastal Stockholmis rõhutas Sjøberg (2001), et ajal, mil ühiskond vajab haritud kodanikke, langeb õpilaste huvi loodusteaduste vastu. Selle tendentsi ühe põhjustajana nähakse

õpetajat (She & Fisher, 2002). Desouza & Czerniak (2003) rõhutavad, et haridusreformi katsed on ette nurjumisele määratud, kui ei arvestata õpetajate arusaamu, hoiakuid, kavatsusi ja suhtumist. Ball & Cohen (1999) toovad välja, et õppekavades (standardites) äratoodud eesmärkide saavutamiseks on vaja aine sisu, samuti õpilaste ja õpetamise kohta käivate õpetajate teadmiste ja arusaamade radikaalset muutmist. Seetõttu võibki hariduse kvaliteeti otseselt seostada õpetajate sihipärase koolitamisega.

On leitud, et lapsi köidavad loodusteadustes eelkõige praktilised tööd, seda nii koolitunnis kui ka koolivälises tegevuses (Hofstein et al., 1997; Tausch, 1998; Freese, 2001; Gerber, 2001). Oluliseks peetakse ka emotsioonide rõhutamist ja seeläbi väärtushinnangute kujundamist:

> *Meil pole kasu sellest, kui toodame koolides teadlasi, kes valdavad suurepäraselt teooriat, saavad läbi eksamitel ja teevad nutikaid teaduslikke trikke, aga ei väärtusta seebimullide värvimängu, kasvava kristalli imet ega amööbi või bakteri suhtelist suurust. Omandades teadmisi ja õppides väärtustama füüsilist maailma, suudavad nad seda rohkem nautida* (Woolnough and Allsop, 1985).

Emotsioonide tähtsust loodusteaduste õpetamisel rõhutanud ka Parsons (2000), van Driel jt. (2001) ning She ja Fischer (2002). Goodwin (2001) toob välja, et huvi ja entusiasmi äratamise nimel võib õpilasi hämmastada looduse imedega.

Viimaste aastate pedagoogika-alases kirjanduses on rõhutatud mitmeid õpetajatöö aspekte: õpetaja professionaalne areng (Wallace et al., 1999; Guskey, 2000; van Driel et al., 2001; Posnanski, 2002), õpetaja hoiakud ja uskumused (van Driel et al., 2002; Desouza & Czerniak, 2003), kasutatavad õpetamismeetodid (Kahle & Boone 2000; Wieseman & Moscovici, 2003), õpetaja käitumine tunnis (She & Fisher, 2002).

Õpetaja rolliks **praktiliste tööde** läbiviimisel peetakse suunamist ja juhendamist. Hofstein e. a. (1997) ja Gagné & Driscoll (1992) on rõhutatud, et ainult õpetaja saab

luua klassis õhkkonna, milles õpilased suhtuvad nii enda kui kaaslaste tõendusmaterjali kriitiliselt. See aitab kaasa järelduste ja hinnangute kvaliteedi tõstmisele. She ja Fisher (2002) leidsid, et õpilaste tulemused olid paremad, kui nad tajusid, et õpetajad kasutasid väljakutsega (*challenging*) seotud küsimusi, olid altid julgustama ja kiitma, olid mõistvad ja sõbralikud ning toetasid õpilasi mitteverbaalselt. Need kõik on õpetamise olulised komponendid, mis iseloomustavad õpetaja professionaalsust.

Õpetamist võib vaadelda tõlgenduste jadana, kus õpetaja tõlgendab esmalt õpetatavat endale, siis tõlgendab ta õpilaste seisundit, nende valmisolekut, eelteadmisi, skeeme. Vastavalt saadud andmetele valib ta materjali esituslaadi. Nüüd hakkavad õpetaja esitust tõlgendama õpilased neile omasel ja üldjuhul unikaalsel viisil. Selle ringi efektiivsus sõltub õpetaja ainealastest, interdistsiplinaarsetest ja professionaalsetest teadmistest ning oskustest (Eick, 2000; Frese, 2001). Tuntud vene psühholoog Võgodski rõhutab : õpetajad mängivad olulist rolli vahendades ja kohandades olemasolevaid üldteadmisi õpilastele - haridus ei tohi olla suunatud õpilase eilsele, vaid homsele päevale (Võgodski, 1982; Yernick, 2000).

Õpetaja professionaalsuse kriteerium on õpilaskesksus (Rannikmäe, 2001; Shimoda et al., 2002). Deboer (2002) rõhutab, et uudishimu, loomingulisust, teada tahtmist, individuaalsust ja autoriteedist sõltumatust produtseerib ainult õpilaskeskne õpetamine. Samas lisab ta, et adub pinget rangete standardite ja kõrgete normide ning progressiivsete õpilaskesksete õpetamis- ja õppimismeetodite vahel.

Van Driel'i jt. (2001) rõhuasetus on erinev ja ta hindab õpetaja professionaalsuse olulisemate aspektidena:

- õpetaja *pagasit*, mis on moodustunud tema kogemuste baasil ja mida ta saab oma õpetamisetegevuses kasutada, selle *seotust isiku ja kontekstiga,* mistõttu õpetaja saavutab just neid eesmärke, mida ta isiklikult väärtustab ning selle *implitsiitsust* – õpetajad ei ole harjunud oma praktilisi teadmisi väljendama: need sisalduvad pigem "tegemise" kui "teadmise" keskkonnas. Järelikult on

ühise teadmistepagasi väljatöötamine õpetajatel problemaatilisem kui teiste valdkondade esindajatel;

- õpetaja *uskumusi*, mis võivad lähtuda pedagoogilistest väärtustest või spetsiifilise aine või teema õpetamisest. Niisuguseid uskumusi mõjutavad õpetaja elulugu, näiteks tema enda õpetaja.

Käesolevas töös võetakse aluseks Loughran'i (2001) ja Desouza & Czerniak (2003) tööd, kus professionaalset arengut defineeritakse kui pedagoogiliste teadmiste, oskuste ja hoiakute soodustamiseks kujundatud protsesside ja tegevuste arengut, mis parandavad õpilaste õppimist. Professionaalne areng on jätkuv kavatsuslik süsteemne protsess, mille hindamiseks pakub Guskey (2000) välja viit erinevat taset sisaldavat moodust: osalejate reaktsioonid, osalejate õppimine, organisatsiooni toetus ja muutumine, kuidas osalejad kasutavad uusi teadmisi ja oskusi. Ühe moodusena nägi Guskey õpetaja professionaalse arengu hindamist õpilaste õpitulemuste abil.

Tegevõpetajate professionaalse taseme tõstmiseks on kasutatud **täiendkoolitusi**. McGregor & Gunter (2001) rõhutavad, et õpetajate koolitusega on võimalik muuta õpetajate arusaamist õppimisest ja õpetamisest ning nende uskumusi. McCarty ja Pedersen (2002) peavad oluliseks, et loodusteaduste õpetajad peaksid ise õppima aine sisu toetudes uurimuslikule meetodile, sest nii kujuneb baas, millelt pedagoogina töötades on kergem startida. Samuti rõhutavad nad, et õpetajate täiendkoolitus peab tutvustama uusi loodusteaduslikke teooriaid ja avastusi ning tehnoloogilisi ressursse, laiendades nii nende ainealaseid teadmisi.

Õpetajate professionaalsuse kujundamisel on erinevad autorid välja pakkunud erinevaid koolitusmudeleid: treenimine (Tausch, 1998; McGregor & Gunter, 2001), reflekteeriv vaatlus/hindamine (Cox-Petersen, 2001), uurimisrühmad, *workshopid* (Wallace et al., 1999; Hogan & Berkowitz, 2000), uurimus või teaduslik tegevus (van Zee et al., 2003), iseseisvalt juhitud tegevused (Desouza & Czerniak, 2003), mentorlus (Guskey, 2000). Kõiki neid on võimalik kasutada nii vertikaalse kui horisontaalse õppimise juures.

Õpetaja professionaalseks arendamiseks kasutatav "**vertikaalne õppimine**" on õppimine asjatundja juhtimisel (Rannikmäe, 2001; Thomas, 2002; Posnanski, 2002). "**Horisontaalne õppimine**" on õppimine võrgustikus (Wagner-Haselbauer, 1999; Barnes & Foley, 1999; Wieseman & Moscovici, 2003). Võrgustikus õppimise eeliseks tuleb lugeda loomuliku tõrke vähenemist uuenduste ja muutuste vastu, õpetaja eneseusu suurenemist ja valmisoleku suurenemist teiste õpetajate ideede eksperimentaalseks kontrollimiseks (van Driel et al., 2002).

Käesoleva töö õpetajakoolitust käsitlevas osas arvestatakse Posnanski (2002) ja van Driel'i jt. (2002) töid selles vallas. Posnanski (2002) töötas välja aastapikkuse õpetajakoolituse mudeli, mis baseerus ühelt poolt Bandura sotsiaalse õppimise ja teisalt konstruktivistlikul õppimisteoorial. Käesolevas töös peeti olulisteks eelpoolnimetatud mudeli järgmisi aspekte:

a) pikaajalisus,
b) heterogeensus: õpetajate meeskonnad peavad koosnema erinevate koolide õpetajatest,
c) õppekavale vastavate tegevuste sisaldumine koolituses,
d) erinevate refleksioonivõimaluste pakkumine.

Ka Kahle ja Boone poolt 1998—1999 Ohios läbi viidud õpetajate küsitlus näitab, et õpetajad ja koolijuhid eelistavad professionaalsuse arendamise meetodina pikaajalisi koolitusi (Kahle & Boone, 2000).

Professionaalset arengut saab hinnata *case study* abil (McGregor & Gunter, 2001; Kinchin, 2002). Hart'i jt. töös (2000) kirjeldatakse keemiaõpetaja professionaalset arengut, mida suunas ülikooli pedagoogikateadlane. Leiti, et praktiliste tööde organiseerimise ja tööjuhendi muutmisega seonduvad õpilaste paremad õpitulemused.

Õpetaja professionaalse arengu mõõdupuuks on enamuses uurimustes olnud õpetaja muutumine (van Driel et al., 2001; Halim & Meerah, 2002; Desouza & Czerniak, 2003). Õpetaja professionaalse arengu uuemaks raskuspunktiks loetakse õpilaste õpitulemuste, mitte aga kasutatud meetodite ja vahendite parandamist. See on

muutnud ka õpetajakoolituse suunitlust pakkudes vanadele probleeemidele uusi lahendusperspektiive. Õpetaja arengu indikaatoriks on saanud õpilaste areng.

Praktiline töö

Loodusteaduste õppimist on raske ette kujutada ilma praktiliste töödeta. Neid peetakse peaaegu kõikjal loodusteadusliku hariduse oluliseks osaks, kohati isegi õppekava selle komponendi määravaks karakteristikuks (Hart et al., 2000). Watson (2000) peab praktiliste tööde tegemist nii oluliseks, et võrdsustab praktiliste tööde tegemise loodusteadustes lugemisoskusega koolis.

Tšesnokova (2000) rõhutab, et praktiline töö on motiveeriv. Inimtegevuse põhjus on motiiv, mis hõlmab ka emotsioonid. Võrrelduna kriidi, tahvli ja õpikuga seotud tavatunniga on praktilist tööd sisaldav tund vaheldusekс nii õpetajale kui õpilasele. Õpetaja saab kiita ka neid õpilasi, kelle teadmised antud õppeaines on tagasihoidlikud, aga käeline tegevus hea (Hart et al., 2000). Lukasoni (1997) andmetel on keemiakatsed oluline õpimotiiv 78% Soome, 85% Rootsi, 90% Ameerika Ühendriikide, 92% Eesti ja 93% Norra kooliõpilastele. Üliõpilaste hulgas läbi viidud uurimus näitas, et laboratoorsed tööd on parim võimalus nende huvi äratamiseks (Hofstein, 1982, Woolnough and Allsop, 1985; Barnes & Foley, 1999).

Praktilised tööd aitavad õpilastel omandada õppekavas ettenähtud õpioskusi nagu vaatlusoskus, graafiku ja diagrammi lugemise oskus. Samuti probleemide lahendamise oskust ja loovat mõtlemist ning hinnangute andmise oskust (Woolnough & Allsop, 1985; Truman-Schwarz, 1999; Watson, 2000).

Ei ole võimalik võrrelda teadmiste kvaliteeti, mis on omandatud lugedes õpikust ämbliku kirjeldust või vaadeldud ämblikku luubi või tema üksikuid kehaosasid mikroskoobiga. Praktiliste tööde kaudu formeerub õpilasel konkreetsem ettekujutus õpitavast. Watson (2000) on selle formuleerinud kui *"teha nähtused reaalsemaks"* Woolnough & Allsop (1985) on kirja pannud õpilase lause "Kui ma teen seda, siis ma

ka usun seda. Järelikult peaks ütlema “ma teen ja ma saan aru” asemel hoopis nii: “ma teen ja ma usun”.

Pedagoogika-alases teaduskirjanduses eristatakse mõisted:

- praktiline töö ja
- laboratoorne töö.

Arne Tõldsepp on nimetanud õpikatseid, mida tehakse uue materjali käsitlemise käigus laboratoorseteks, praktilisteks aga pärast ühe või mitme teema läbivõtmist tehtavaid õpikatseid (Tõldsepp, 1982). Maailma mastaabis on levinud termin “laboratoorne töö” (*laboratory*) Ameerika Ühendriikides, termin “praktiline töö” (*practical work*) aga enamasti Suurbritannias ja inglise keelt kõnelevates maades (Lunetta, 1997). Käesolevas töös kasutatakse mõlemaid termineid kui võrdseid ja samatähenduslikke ja nimetatakse praktilisteks töödeks.

Antud magistritöös mõistetakse praktiliste tööde all kogemusliku õppe läbiviimist, mille käigus on õpilastel võimalik tegelda erinevate materjalide ja vahenditega ning jälgida erinevaid nähtusi. Praktiline töö on determineeritud keemia tunnis korraldatavate mikromeetodil baseeruvate eksperimentidega. Hofstein ja Lunetta (1982) teatasid, et paljudes koolides viiakse praktilisi töid läbi täpsete juhendite alusel, mis piiravad õpilaste mõtlemisvabadust. Selline praktiline töö ei aita kaasa õpilase kognitiivsele arengule.

Praktiliste tööde läbiviimisel ei saa mööda minna **tööjuhendist**. Sõltuvalt loodusteaduste õpetamise metoodika arengust on ka juhend läbi teinud rea muutusi. Hofstein ja Lunetta (1982) rõhutavad, et nii praktilise töö juhendi eesmärgid ja ka juhend ise muutumas avatumaks. Rollnick (2000) ja Chinn ja Hmelo-Silver (2002) väidavad, et veel tänagi leidub koole ja ülikoole, kus praktilisi töid tehakse “kokaraamatu retsepti” järgi, mis määrab täpselt katsevahendid ja katsetegevused ja ei suuna uurimuslikule tegevusele.

Praktiliste tööde tulemused esitatakse kirjalikult. Postsotsialistlike riikide didaktika-alases kirjanduses nimetatakse seda protokolliks (Šapovalenko, 1963). Praktiliste tööde eesmärgi muutumine esitab ka uued nõuded tööde vormistamisele ja seetõttu loetakse antud töös õigustatuks seda edaspidi nimetada **aruandeks**, mis eeldab ka oma töö hindamist, põhjendamist ja vajadusel kaitsmist (Zoller, 1993). Aruandel on

oluline roll nii õpilaste kui ka õpetajate arusaamise kujundamisel praktilisest tööst (Hart et al., 2000). Võib kasutada nii mitteformaalseid kirjutisi (päevikud, küsimused, kokkuvõtted, karikatuurid) kui ka traditsioonilist formaalset aruannet (Keys, 2000). Derry & Loughran (1997) toovad välja, et igasugune kirjalik ülestähendus praktilistest töödest aitab kaasa metakognitsioonile, väärmõistete vähenemisele ja tõstavad õpilase vastutust.

Õpilaste mõtlemisprotsesse laboratoorse töö aruande kirjutamisel uurinud Keys (2000) pakub välja õpilase mõtlemise heuristilise mudeli, mida kirjeldab tabel 5.

Tabel 7. **Õpilase mõtlemise ideaalmudel.**

Mudeli elemendid	**Kognitsioon**
Alguse mõtted.	Mida ma küsin?
Katsed.	Mida ma tegin?
Vaatlused.	Mida ma nägin?
Väited.	Mida ma saan väita?
Tõendusmaterjal.	Kuidas ma seda teen? Miks ma neid asju väidan?
Mudeli elemendid.	Kognitsioon.
Lugemine.	Kuidas ma omi mõtteid teiste omadega võrdlen?
Refleksioon.	Kuidas mu mõtted muutusid?

Kirjeldatud mudeli paikapidavust kontrollis Keys 16 maakooli õpilasest moodustunud valimi abil. Ilmnes, et mudel ei töötanud ootuste kohaselt, sest ainult kaks õpilast suutsid läbida kõik etapid. Mudeli funktsioneerimiseks oli vajalik õpetajapoolne sõnaline juhendamine. Nii suutsid kaheksanda klassi õpilased sooritada "tagasireisi" kognitiivse protsessi kõnedimensioonist sisudimensiooni. Uurimuse tulemusena selgus, et aruande kirjutamine viib loodusteaduste tähendusrikka õppimiseni.

Ilma **hindamiseta** kahaneb praktiliste tööde osakaal oluliselt. Praktiliste tööde efektiivsuse tõstmiseks on vajalik hinnata teostamise protsessi, mitte ainult selle

tulemust. Hindamine tagasisidena annab informatsiooni nii õpilastele kui õpetajale. Tagasiside ükskõik millisele õpilasele peaks sisaldama konkreetset hinnangut tema tööle – milline see on ja mida võiks õpilane enda arendamiseks veel teha. Hindamine ei tohi kujuneda õpetajate silmis õpilaste võrdlemiseks ja õpilaste silmis võistlemiseks, sest vastasel juhul saavad mõned õpilased teada, et neil pole võimeid. See kaotab õpimotivatsiooni ja sisendab neile, et nad pole võimelised õppima (Jacobs, 2000).

Hayes (1998) konstateerib, et protsessuaalsete oskuste hindamine praktiliste tööde raames ei ole alati adekvaatne, vaid nõuab diferentseerimist, sest kõrgema tasandi protsessuaalsete oskuste puhul tuleb hinnata enamaid komponente. Hofstein & Lunetta (1982) lisavad, et tavapäraste kirjalike tööde abil on võimatu mõõta teatavaid käelisi oskusi. Õpilane võib küll saada kirjalikus töös maksimumpunktid, ent ei pruugi laboriseadme käsitsemisega hakkama saada. Ka Hart jt. (2000) jõuavad järelduseni, et on tarvis hindamisjuhendit, sest siis on täidetud hindamise avatuse printsiip, samuti teavad õpilased juba enne tööle asumist hindamiskriteeriume. Nii ei jää muljet, nagu hindaks õpetaja õpilast näo, nime või isiksuseomaduste järgi.

Kempa (1986) tõdeb, et me ei saa tuletada õpilase praktilise töö tulemustest tema protsessuaalset kompetentsi. Seetõttu soovitab ta hinnata oskusi vastavalt tabelile 5.

Tabel 8. **Hindamise aspektid** (Kempa, 1986 järgi)

Hinnatav oskus	**Aspektid**
Probleemi nägemine ja formuleerimine.	Hüpoteeside ja postulaatide paikapidavus; uuritavate muutujate identifitseerimine; kontrollitavate muutujate identifitseerimine.
Katse planeerimine.	Katse tingimuste valik, sh seadmete ning mõõtemeetodi ja protseduuride valik; muutujate varieerimise ja kontrollimise seadistus; operatsioonide järjestamine jne.

Hinnatav oskus	Aspektid
Eksperimenteerimine .	Eksperimentaalse meetodi korrektsus ja ohutus, käeline osavus praktilist tööd sooritades, korralikkus ja organiseerimine.
Vaatlus- ja mõõtmis-oskused (sh andmete ja vaatluste jäädvustamine.	Täpsus mõõtmiste sooritamisel; vaatluste reliaablus, hoolikus ja usaldusväärsus andmete kogumisel ja fikseerimisel.
Katseandmete interpreteerimine ja hindamine.	Katseandmete põhjal tehtud järelduste paikapidavus ning nende relevantsus uuritava probleemi seisukohalt. Piirangute ja võimalike veaallikate hindamine seoses katse protseduuridega.

Gott & Duggan (2002) leiavad, et õpilaste praktilisi töid võib hinnata nii oskuste kui ka teadmiste positsioonilt. On välja pakutud ka alternatiivseid hindamise vorme, näiteks teostusepõhist hindamist, mis reflekteerib praktilise töö teostust ning tugineb kujunduses ja tõlgendustes professionaalsele otsusele. Seda nimetatakse dünaamiliseks või arenguliseks hindamiseks, mille abil püütakse analüüsida õpilase potentsiaali aja jooksul muutuda (Yager, 1996). Teostuspõhine hindamine suurendaks hindamise osatähtsust motivatsiooni tekitamisel.

Eelnevat arvesse võttes tuleb nõustuda *Iowa Assesment Handbook* (1996) autoritega, kes leiavad, et üks hindamisstrateegiatest peab olema hindamine standardite alusel.

Hindamisstandardid annavad kriteeriumid, millele tuginedes otsustada õpetajate ja riikide kasutatavate hindamisstrateegiate üle, et mõõta õpilase saavutusi ning õpilasele loodusteaduse õppimiseks loodud võimalusi.

Tavaliselt standardid kajastuvad õppekavades ja ühtivad loodusteaduste õpetamise eesmärkidega.
Suurbritannias hinnatakse loodusteaduslikes õppeainetes kõigis vanuseastmetes õpilaste praktilisi töid neljas valdkonnas, kusjuures tasemekirjeldused on kujundatud hierarhilistena ja iga järgnev tase eeldab enam tegevusi:

- katse planeerimine,
- andmete kogumine ja nende kirjapanek,
- katsetulemuste analüüs,
- hinnangu andmine (GCSE, 1995)

Igas valdkonnas on konkreetse õpilase taset võimalik hinnata maksimaalselt 8 punktiga. Näiteks tõendusmaterjali kogumise oskusvaldkonnas hinnatavaid aspekte kirjeldab tabel 6.

Tabel 9. **Praktilise töö hindamise juhend (GCSE Sciences in England and Wales).**

2. tase	2 A	Õpilased koguvad mõned tõestusmaterjalid, kasutades lihtsat ja ohutut protseduuri.
4. tase	4 A	Koguvad tegevusele vastavat sobilikku tõendusmaterjali.
	4 B	Fikseerivad tõendusmaterjali.
6. tase	6 A	Koguvad piisavalt süstemaatilist ja täpset tõendusmaterjali ja kordavad vajadusel katset.
	6 B	Fikseerivad tõendusmaterjali selgelt ja täpselt.
8. tase	8 A	Viivad protseduuri läbi täpselt ja oskuslikult, kogudes ja fikseerides adekvaatse hulga usaldusväärset tõendusmaterjali.

Mitmed uurimuslikud tööd näitavad, et praktilisi töid ei sooritata piisavalt, sest:

- pole õppekava oluline osa (Buncick et al., 2001);
- puudub hindamisjuhend (Gott & Duggan, 2002);
- kohustusliku aine maht on lämmatavalt suur.

Õpetajad eelistavad seetõttu vähem kulutada aega praktiliste tööde tegemiseks, kuna tavameetodil õpetamine kindlustab sama aja kulumisel õpilaste paremad tulemused tasemetöös või eksamil. Õpetajad eelistavad drillimist avastamise ja uurimise asemel. (Lunetta, 1997; Gott & Duggan, 2002; Deboer, 2002). Lähtutakse filosoofiast "teadmine on tähtsam kui tegemine". Teadmiste koordinaadistik ehitub üles järgmise dimensiooni järgi: oskus *versus* teadmine ja teoreetiline *versus* praktiline teadmine (Ruus, 1999).

Eraldi probleemina võib välja tuua praktiliste tööde vähese efektiivsuse, millel on nii subjektivsed kui objektiivsed põhjused. Näiteks eelneval tunnil toimunud raske arvestuslik töö, konflikt õpetajaga, kaasõpilase öeldud solvav väljend, kodunt kaasa toodud tema jaoks lahendamatu probleem või väsimus ning halb tervislik seisund võivad põhjustada tähelepanu hajumist praktilise töö tegemisel.

Taju ei salli monotoonsust, muutumatust ja etteennustatavust. Tajusüsteemis tekiks nagu tõrge, tuues sisse muutlikkuse või jättes info mõttest ilma. Seda fenomeni nimetatakse semantiliseks küllastuseks. Semantiline küllastus tekib kergemini siis, kui inimene on unine või väsinud (Butterworth & Harris, 2002).

Oluliseks peetakse õpilane-õpilane kommunikatsiooni. Kui õpetaja ei sekku (või sekkub valesti) praktilise töö rühmade moodustamisel, võib juhtuda, et õppimise asemel korrigeeritakse omavahelisi suhteid ja õppimisest et tule midagi välja. Nihelemine, liigutamine, olemise mugavamaks tegemine signaliseerib õpetajale vajadusest pöörata sellele rühmale enam tähelepanu. Õpetaja peab suutma lugeda ka mitteverbaalset infot – afekti väljendamine, õpilaste paigutumine rühmatöö tegemisel (Butterworth & Harris, 2002).

Rõhutama peab ka õpetaja-õpilase suhted. Kui on tegemist autoritaarse õpetajaga, kelle häälestatus õpetatava aine, kooli ja õpilaste suhtes negatiivne, ei anna praktiline töö maksimaalset efekti. Õpetaja silmis võivad osutuda objektiivseteks ka tegelikult subjektiivsed faktorid.

Ei tohi unustada ka õpilasest tingitud faktoreid: teoreetiliste teadmiste või protsessuaalsete oskuste madal tase, otsustusvõimetus, kartus katseseadmete ja reaktiivide ees, huvi puudumine, oma võimete üle- või alahindamine (Oržekovski et al., 1993).

Tihti mõistavad õpilane ja õpetaja praktiliste tööde eesmärki erinevalt. Näiteks püüab õpetaja suurendada praktiliste tööde tegemisega õpilaste kontseptuaalset mõistmist, õpilaste arvates on see aga praktiliste oskuste täiendamise võimalus (Gabel, 1998; Barnes & Foley, 1999). Praktilisele tööle ei maksa liiga palju eesmärke seada, sest see

võib kahandada võimalikke saavutusi (Hart et al., 2000). Samas uurimuses leiti, et on väga oluline, et õpilased teavad nii praktilise töö kui ka õppetsükli eesmärke, sealhulgas ka pedagoogilisi (Hart et al., 2000; Jacobs, 2000). Hart jt. (2000) nentisid, et küsitlemisel ei teadnud paljud õpilased, miks nad teevad praktilisi töid. Lunetta (1997) uurimus näitas, et õpilased pidasid laboritöö eesmärkideks seadmete kasutamist ja mõõtmisoskuse arendamist ning ei tajunud kontseptsioonilisi ja protseduurilisi eesmärke. Õpilased ei taha end vaimselt pingutada. Uurimused on andnud põhjust väita, et on vähe õpilasi, kes reflekteerivad oma vaatluste tulemusi ja püüavad neid seostada sellega, mida nad juba teavad (Kraft, 1999; Hart et al., 2000). Seetõttu on väga oluline, et juba õpingute alguses nii õpilane kui õpetaja mõistaksid praktiliste tööde eesmärke sarnaselt. Vajalikud on ka kriteeriumid hindamiseks.

3. VALIM JA METOODIKA

Hüpoteeside kontrollimiseks planeeriti töö kuues etapis:

1. Õpetaja professionaalse kompetentsi algtaseme määramine.
2. Õpilaste protsessuaalsete oskuste algtaseme kindlakstegemine. Protsessuaalseteks oskusteks loeti probleemi nägemise, vaatlus-, katse planeerimise ja katsetulemuste interpreteerimise oskused (lisa 1).
3. Uurimusliku suunaga praktiliste tööde läbiviimise teoreetiliselt põhjendatud metoodika väljatöötamine.
4. Uurimusliku suunaga praktiliste tööde läbiviimine ja töö tulemuste pidev analüüs seminaris.
5. Õpilaste järeltestimine protsessuaalsete oskuste arengu kindlaks-määramiseks (lisa 2).
6. Õpetajate järelküsitlus õpetajatega koolituse käigus toimunud muutuste määramiseks ja pedagoogilise täiendkoolituse hindamiseks (lisa 3).

Uurimus viidi läbi 2001/2002 õppeaasta teisel, kolmandal ja neljandal veerandil. Valimi moodustasid 10 Tartu linna ja maakonna kooli keemiaõpetajad ja nende õpetatavad 9. klasside õpilased. Tartu koolid valiti seetõttu, et 2000. aastal varustas linnavalitsus koolid mikrokeemia katsevahendite komplektidega, mis andis õpetajatele võrdsed võimalused läbi viia praktilisi töid sõltumatult muude katsevahendite olemasolust või puudumisest keemia klassis. Kõik valimisse kuuluvad õpetajad olid osalenud kursustel ja omandanud mikromeetodil töötamise oskused, mistõttu eeldati ühtlast algoskuste taset. Valimist jäid välja kolm keemiaõpetajat, kes olid keemiaõpikute autorid ning ei soovinud osaleda uurimistöös. Eeltestile vastas 320, järeltestile 281 õpilast. Valim moodustus nendest 250 õpilasest, kes vastasid mõlema testi küsimustele.

Õpetajaid uuriti kvalitatiivse analüüsi meetoditega ja andmete kogumiseks kasutati küsimustikku, õpetajate intervjueerimist, vaatlemisel saadud kirjalikke ülestähendusi ja õpetajate kodutööna valminud materjale. Õpilaste muutumist uuriti kvantitatiivsete analüüsimeetoditega ja andmete kogumiseks kasutati eel- ja järeltesti. Töö tulemuste

analüüsil kasutati programmi SPSS ja Microsoft Excel. Andmete kvalitatiivsel analüüsil kasutati kategoriseerimist. Kategooriate valiidsust hinnati kahe sõltumatu eksperdi poolt.

3.1. Õpetajate PKO valmisoleku algtaseme määramine

Käesolevas töös defineeriti uurimusliku suunaga praktiliste tööde organiseerimise professionaalne kompetentsus (PKO) kui õpetaja positiivne suhtumine uurimuslikesse praktilistesse töödesse ja oskus:

- koostada iseseisvalt tööjuhendeid,
- organiseerida praktiliste tööde läbiviimine uurimuslikuna,
- arendada ja hinnata õpilaste protsessuaalseid oskusi.

Andmete kogumiseks tõlgiti ja kohandati Eesti oludele ja uurimistöö eesmärkidele Iowa Ülikooli Chautauqua küsimustik (lisa 3). Seda küsimustikku eelistati tema sobivuse tõttu käesoleva töö eesmärkidega, samuti seetõttu, et ta kajastab uurimuslikku lähenemist. Valiidsuse suurendamiseks kasutati kahe sõltumatu spetsialisti tagasitõlget originaalkeelde.

Küsimustiku lõplikuks kohandamiseks valideeris seda 10 sõltumatut loodusteaduste õpetajat. Seejärel konsulteeriti küsimustiku koostajatega Iowa ülikoolist.

Küsimustik sisaldas 32 küsimust, mis kajastasid viiepalliskaalas õpetajate hinnanguid oma tööle 8 valdkonnas:

- õpilaskeskne tegevus praktiliste tööde käigus;
- õpetajakeskne tegevus praktiliste tööde käigus;
- õpilaste suunamine vaatlemisele;
- õpilaste suunamine katse planeerimisele hüpoteesi tõestamiseks,
- õpilaste suunamine katse tulemuste analüüsile ja interpreteerimisele;
- õpilaste suunamine hinnangu andmisele katse ja oma tegevuse kohta;
- loodusteaduste populariseerimine õpilaste individuaalse tegevuse kaudu;

- loodusteaduste populariseerimine klassiga organiseeritud koolivälise tegevuse kaudu.

Küsimustiku abil määrati viiepallilises skaalas kindlaks õpetajate hoiak uurimusliku suunaga praktiliste tööde organiseerimisel, (kui palju pöörab õpetaja tähelepanu vaatlusoskuse, planeerimisoskuse, interpreteerimisoskuse kujundamisele) ja selgitati välja õpetaja rõhuasetused tunni tegevustes (õpilase-/õpetajakesksus),

Andmetöötlusel leiti iga valdkonna keskmine väärtus. Juhul, kui see ületas kolme (skaala keskmine väärtus), loeti hinnang positiivseks (näitas keskmisest suuremet valmisolekut organiseerida uurimusliku suunaga praktilisi töid), keskmise väärtus alla kolme näitas õpetaja negatiivset hinnangut, s.t. õpetaja pole valmis organiseerima uurimusliku suunaga praktilisi töid loodusteaduste õpetamisel.

3.2. Õpilaste protsessuaalsete oskuste väljaselgitamine

Õpilaste protsessuaalsete oskuste väljaselgitamiseks koostati interdistsiplinaarsed testid, mille täitmine ei nõudnud konkreetseid ainealaseid teadmisi, vaid oli suunatud protsessuaalsete oskuste kontrollimisele (nii õpilastele uues kui ka juba tuntud situatsioonis). Testid koostati põhimõttel, et testide ülesannetes sisalduv materjal ei seostuks selles klassis läbiõpitud teemadega. Eeltesti koostamisel kaasati ekspertidena TÜ füüsika-, keemia- ja bioloogia didaktika õppejõud. Mõlemaid teste piloteeriti 35 õpilase abil. Selle tulemusena kohandati teste (lisad 1 ja 2).

Testides pöörati tähelepanu kolme oskuse kontrollimisele:

- vaatlusoskus,
- probleemi nägemise oskus,
- katse planeerimisoskus.

Nimetatud protsessuaalsed oskused valiti seetõttu, et need on seotud uurimusliku praktilise tööga ja leiavad kajastamist kehtivas õppekavas. *Vaatlusoskust* käsitletati praktilise töö osana eeldades et õpilane vaatleb seda, mida ta ise teeb.Uurimust ei ole mõtet teostada, kui selleks pole vajadust s.t. kui ei suudeta *probleemi tuvastada*. Probleemi nägemise oskust mõõdeti antud magistritöös küsimuste esitamise kaudu (Wellington, 2000). Katse *planeerimisoskuses* eristati kaht eelnevalt mõtestatud komponenti – katsevahendite valiku ja katsetegevuste valiku oskused. Katse planeerimisel tuleb arvestada ohutusreeglitega, seetõttu mõõdeti eeltestiga ka ohutustehnika-alaste teadmiste taset. Mõõtmisoskus on arvatud madalama järgu

oskuste hulka. Eeltestis sisalduv ülesanne mõõtmisoskuse taseme kindlaksmääramiseks oli vajalik otsuse tegemiseks, kas madalama järgu oskused ei muutu segavaks faktoriks kõrgema järgu protsessuaalsete oskuste arengus.

Eeltesti **eesmärk** oli välja selgitada õpilaste protsessuaalsete oskuste algtase ja suunata õpetajate tähelepanu nende oskuste edasisele arengule. Samuti kasutati saadud andmeid õpetajate koolituse planeerimiseks.

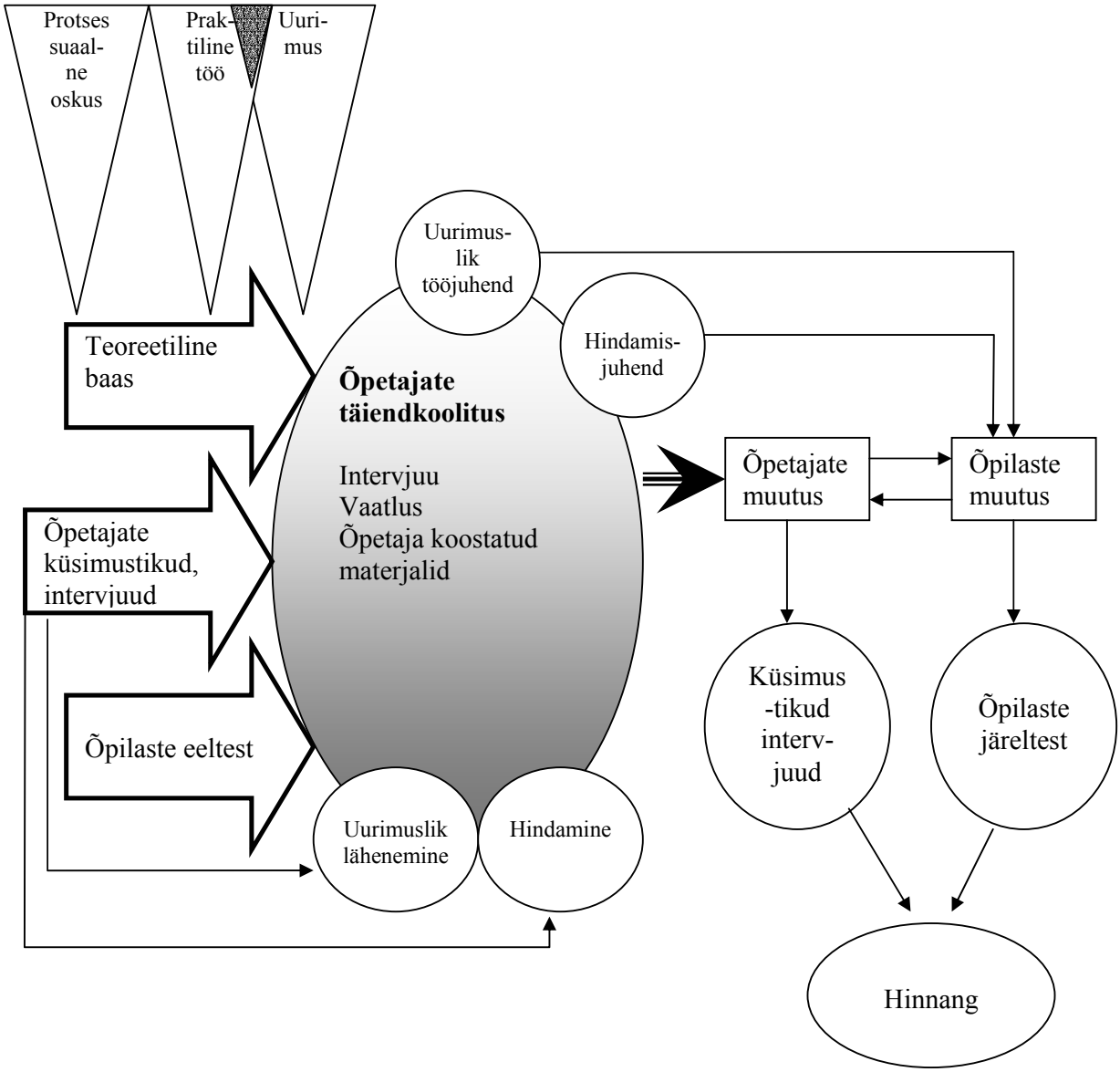
Test koostati kahes variandis, mis erinesid teineteisest ülesannete järjekorra poolest. Eeltest viidi läbi detsembris 2001, järeltest mais 2002. Nende täitmiseks anti aega 25 minutit keemia tunnis.

Järeltesti struktuuri koostamisel võeti aluseks eeltesti struktuur. Eeltesti vastuste analüüsimisel selgus, et valimisse kuulunud õpilaste mõõtmisoskus ja ohutusteadmised ei muutu takistavaks teguriks kõrgemate protsessuaalsete oskuste kujundamisel, seetõttu jäeti järeltestist vastavad ülesanded välja. Eel- ja järeltesti vastavate ülesannete raskusastme määramiseks paluti 20 õpilasel nende ülesannete raskusastet võrrelda kolmeastmelisel skaalal: kergem, raskem, üheraskused. ~70% õpilaste arvates oli raskusaste võrreldav.

Tabel 10. **Eel- ja järeltesti struktuuri võrdlus**

Ülesanne eeltestis	**Vastav ülesanne järeltestis**	**Ülesande kaudu mõõdetav oskus**
Ülesanne 1	Ülesanne 1	Vaatlusoskus.
Ülesanne 2	Ülesanne 2	Probleemi nägemise oskus.
Ülesanne 3	Puudub.	Skaala lugemise oskus mõõtmisoskuse komponendina.
Ülesanne 4	Ülesanne 6	Katsetulemuste interpreteerimisoskus.
Ülesanne 5	Ülesanne 4	Katse planeerimise oskus.
Ülesanne 6	Puudub.	Katse ohutus.
Ülesanne 7 ja 8	Ülesanne 5	Katse planeerimise oskus.

3.3. Õpetajate koolitusprotsessi organiseerimine ja järelküsitlus



Joonis 1. **Uurimuse skeem**.

Joonisel 1 olev skeem illustreerib antud magistritöös kasutatud uurimuse etappe ja nende vahelisi seoseid.

Õpetajate täiendkoolituse esimeses seminaris viidi läbi õpetajate eelküsitlus. Sellest küsimustikust saadud andmete, õpilaste eeltesti tulemuste ja McGregor & Gunter (2001) ja van Driel'i jt. (2001) soovitustele koolituse pikkuse ja vormi kohta töötati

välja õpetajate täiendkoolituse edasiste seminaride sisu (tabel 11). Erilist tähelepanu **kollaboratiivsele** aspektile võrgustikus õppides. Igale seminarile järgnes õpetaja **individuaalne** kodutöö, mis moodustas järgmise seminari sisu ja andis aluse edaspidiseks tegutsemiseks praktiliste tööde organiseerimisel.

Seminaride käigus ilmnes, et õpetajate teadmised **uurimuslikust lähenemisest** on napid või puuduvad hoopis. Osavõtjatel oli raske mõista uurimuse olemust ja seda, et uurimuslikku lähenemist saab rakendada laiemalt kui ainult praktilisete tööde tegemisel loodusteaduste tundides. Õpetaja, kes ise ei mõista uurimuse olemust, ei saa seda arusaadavaks teha õpilastele ega kasutada oma töös. Seetõttu tuli koolitus-programmi täiendada uurimuslikku lähenemist puudutava osaga.

Tabel 11. **Täiendkoolituse seminaride sisu.**

Aeg	**Sisu**
November	Õpetajate eelküsitlus. Praktiliste tööde määratlemine. Uurimuslik lähenemisviis ja selle kohandamine praktiliste tööde tarvis. Uurimusliku suunaga tööjuhendi struktuuri tutvustamine. Õpilaste eeltesti ülesannete tutvustamine ja läbiarutamine. Kodutöö: uurimusliku tööjuhendi iseseisev koostamine.
Jaanuar	Õpetajate koostatud tööjuhendite aruelu ja analüüs. Uurija poolt koostatud tööjuhendite (lisad 4-9) kasutamise, metoodika tutvustamine ja metoodiliste materjalide väljajagamine koolis kasutamiseks. Õpetajate tehtud tööjuhendite lõplik vormistamine, paljundamine ja jagamine koolides kasutamiseks.
Veebruar	Uurimuslike tööjuhendite kasutamisel saadud kogemuste vahetamine. Hindamise tähtsus. Esialgse hindamisjuhendi väljatöötamine, mis arvestaks õpilaste oskusi neljas valdkonnas: katse planeerimisel, andmete kogumisel ja kirjapanekul, katsetulemuste analüüsimisel ja hinnangu andmisel. Kodutöö: hinnata/piloteerida hindamisjuhendit ja esitada ettepanekuid struktuuri muutmiseks.
Märts	Praktilised tööd ja nende hindamine. Hindamisjuhendite (lisa 9) jagamine igale eksperimendis osalenud õpilasele vihiku kaanele kleepimiseks.

Aeg	Sisu
Aprill	Uurimusliku suunaga tööjuhendite ja hindamisjuhendite kasutamise analüüs.
Juuni	Kokkuvõtete tegemine. Hinnang uurimusliku suunaga praktiliste tööde kasutamisele koolis. Soovituste väljatöötamine. Õpilaste järeltesti tulemuste tutvustamine. Õpetajate tulemuste valideerimine õpetajate poolt.

Vinne (1998) ja Heinmets (2000) andmete põhjal, et korraldavad keemiaõpetajad praktilisi töid keskmiselt 1—2 korda kuus. Seetõttu nõuti õpetajatelt vähemalt 8 praktilise töö läbiviimist, millega ei suurendatud õpetajate koormust ja säilitati õpilastele harjumuspärane õppetöö korraldus. Protsessuaalsete oskuste kujundamisel oli eesmärgiks tõsta praktiliste tööde kvaliteeti, mitte suurendada tööde tegemise sagedust.Õpetajad kasutasid praktiliste tööde läbiviimisel uurija poolt koostatud näidisjuhendeid, aga ka nende endi koostatud ja seminarides korrigeeritud tööjuhendeid. Alates viiendast praktilisest tööst tuli töid hinnata vastavalt hindamisjuhendi (lisa 10) kõikidele alalõikudele. Hindamisjuhendi koostamisel tugineti Suurbritannia õppekavale (GCSE, 1996). Õpilased teadsid, mida hinnatakse, sest hindamisjuhendi kleepis iga õpilane vihiku kaanele. Õpetaja kontrollis ja andis hinnangu. Õpilaste töid uurija poolt ei analüüsitud.

Tabel 12. **Uurija koostatud tööjuhendid.**

Lisa number	Tööjuhendi pealkiri	Rakendamise eesmärk
4	Taimne indikaator.	Katsetehnika õppimine. Probleemi nägemise oskuse kujundamine.
5	Tärklise määramine joodi abil.	Katsetehnika õppimine, hüpoteesi püstitamise oskus kujundamise.
6	CO_2 saamine ja omadused.	Vaatlusoskuse kujundamine.
7	Orgaaniliste ainete happelisus ja aluselisus.	Vaatlusoskuse ja katse planeerimisoskuse kujundamine.
8	Joodi lahustuvuse uurimine A.	Uurimuslik etteantud katsevahendite loeteluga.

Lisa number	Tööjuhendi pealkiri	Rakendamise eesmärk
9	Joodi lahustuvuse uurimine B.	Täiesti avatud uurimuslik tööjuhend.

Tabelist 12 ilmneb, et tööjuhendite rakendamise eesmärgiks on protsessuaalsete oskuste arendamine. Tööjuhendite kogu on üles ehitatud hierarhiliselt: alustatakse vajalikku katsetehnikat kujundavatest tööjuhenditest ning lõpetatakse uurimuslike tööjuhenditega.

Pedagoogilise eksperimendi õnnestumise hindamiseks viidi läbi **järelküsitlus**, mis mõõtis õpetajate hoiakutes toimunud muutusi. Kasutati sama küsimustikku nagu eelküsitlusel. Täiendavat infot koguti poolstruktureeritud intervjuudega, mille käigus paluti õpetajatel vastata küsimustele:

- Milline on Teie hinnang tööjuhenditele ja hindamisjuhendile?
- Millised raskused Teil tekkisid seoses uue lähenemisega praktiliste tööde läbiviimisele?

Koolituse tulemuste efektiivseks fikseerimiseks kasutati ka uurija seminarides tehtud kirjalikke ülestähendusi (lisa 12) ja õpetajate koostatud tööjuhendeid.

4. TULEMUSED

4.1. Õpetaja muutus koolituse käigus

Õpetaja valmisolekut organiseerida uurimuslikke praktilisi töid käsitletakse käesolevas töös kahest aspektist:

- õpilase-õpetajakesksuse vahekord praktilisi töid sisaldavas keemia tunnis;
- uurimuslike tööde sooritamisel tähelepanu pööramine järgmistele õpetaja tegevustele: õpilaste suunamine vaatlema, katset planeerima ja katse tulemusi interpreteerima.

Vastavalt saadud tulemustele vaadeldakse õpetajaid kui PKO valmisoleku saavutanuid ja mittesaavutanuid. Valmisoleku saavutanuks loeti õpetajat, kelle hinnang järelküsimustiku andmete kõigis kuues valdkonnas oli üle kolme Likerti skaalal. Selliseid õpetajaid oli kolm. Seitse õpetatajat loeti PKO mittesaavutanuks, sest nende hinnang kolmes valdkonnas ei küündinud kolmeni.

PKO valmisolekut mittesaavutanud õpetajate poolt õpetatavaid õpilasi vaadeldakse võrdlusgrupina valmisoleku saavutanud õpetajate poolt õpetatavate õpilaste suhtes, kes moodustavad kontrollgrupi.

Tabelis 13 on esitatud õpetajate eelküsimustiku ja järelküsimustiku vastused. Õpetajate hinnanguid oma tegevusele analüüsiti läbi 8 valdkonna.

Tabel 13. **Õpetajate hinnangute muutus eel- ja järelküsimustikus**.

Valdkond	**Õpetaja hinnang eelküsimustikus**	**Õpetaja hinnang järelküsimustikus**
Õpilaskesksus praktiliste tööde käigus.	2.7	2,9
Õpetajakesksus praktiliste tööde käigus.	4.4	4.4
Vaatluse organiseerimine.	3,1	3,9
Katse planeerimine hüpoteesi tõestamiseks.	2.2	2.8
Katse tulemuste analüüs ja interpreteerimine.	3,1	3,5
Hinnang katsele ja oma tegevusele.	3,1	3,2

Valdkond	Õpetaja hinnang eelküsimustikus	Õpetaja hinnang järelküsimustikus
Praktiliste tööde organiseerimine õpilaste individuaalse koolivälise tegevuse kaudu.	1,9	2,1
Praktiliste tööde organiseerimine kogu klassiga koolivälises tegevuses.	2,0	2,2

Õpetaja valmisoleku läbi viia uurimusliku suunaga praktilisi töid kriteeriumiks igas üksikus valdkonnas loeti õpetaja tegevuse hinnangus arvväärtust üle kolme vastavalt Likerti skaalale. Erandi moodustab õpetajakesksuse valdkond, mille arvväärtuseks uurimuslike praktiliste tööde organiseerimisel loeti väärtus alla kolme. Tabelist 13 ilmneb, et õpetajate valmisolekust organiseerida uurimusliku suunaga praktilisi töid saab rääkida nii eel- kui järeltesti vastuste puhul vaid kolmes valdkonnas: vaatluse organiseerimine, katse tulemuste analüüs ja interpreteerimine ning hinnang katsele ja oma tegevusele, kus õpetaja hinnangu keskmine Likerti skaalas on suurem kui kolm.

Kõrge õpetajakesksus praktiliste tööde läbiviimisel klassis viitab sellele, et õpetajad usaldavad liialt iseennast. Õpetajatega veebruaris-mais 2002 läbiviidud intervjuude põhjal võib seda seletada õppekava suure mahu (5 õpetajat) ja lõpueksamites ning tasemetöödes protsessuaalseid oskusi kontrollivate ülesannete puudumisega (5 õpetajat), mistõttu õpetaja otsustabki ise, milliseid katseid ja kui thti tunnis teha ning milline on õpilaste osalusele suunatud tegevuse osakaal.

Eel- ja järelküsimustike vastustest ilmneb, et kuigi ühelt poolt hindavad õpetajad oma rolli praktiliste tööde organiseerimisel, tunnistatakse intervjuudes, et praktilisi töid tehakse ainult 1-2 korda kuus (8 õpetajat), kuna nende organiseerimiseks kulub palju aega. Praktiliste tööde sagedasemat läbiviimist takistavad sageli õpetajast mitteolenevad põhjused:

- õppekava ülekoormatus (5 õpetajat),
- lõpueksam ei kontrolli praktiliste tööde kaudu omandatud teadmisi ja oskusi (5 õpetajat),
- katsevahendite ja kemikaalide vähesus (3 õpetajat),
- detailsete juhendite puudumine (3 õpetajat),

- õpilaste suur arv klassis (5 õpetajat). Sellele juhib tähelepanu ka Heinmets (2000), kelle uurimuse järgi 55% põhikooli keemiaõpetajatest töötab klassidega, kus on enam kui 30 õpilast.

Kuna kõik eksperimendis osalevad koolid olid eelnevalt varustatud MikroKiti komplektidega (väike ja kompaktne katsevahendite komplekt loodusteadustes ainete mikrokogustega töötamiseks), siis katsevahendite puudumine ei saa olla objektiivne põhjus. Pigem võivad siin olla raskused juhendmaterjalide interpreteerimisel. Samas ei sõltu õpetajast lõpueksamite struktuur, kus praktilistel töödel on minimaalne osatähtsus. Kõigist eespool nimetatud põhjustest leiab kajastamist pedagoogika-alases kirjanduses ainult õppekava problemaatilisus (Matthews, 1994; Millar et al., 1998; Fleming, 1998; Martins et al., 2002) ja ülejäänud võib lugeda Eesti-kekseteks.

Tabelis 13 toodud 7. ja 8. valdkonna küsimustega mõõdetakse õpetaja hinnangut oma töö kahele aspektile: huvi äratamisele loodusteaduste vastu ja õpilaste positiivsete hoiakute kujundamisele. Tabel 13 andmetel võib öelda, et õpetajad ei ole valmis läbi viima uurimusliku suunaga praktilisi töid. Õpetajad tunnistavad ka, et on teinud vähe õpilaste jaoks loodusteaduste huvitavamaks muutmisel ja neis positiivsete hoiakute kujundamisel. Nagu tabelist 13 ilmneb, võib täheldada hinnangute muutumist positiivsemaks kõigis valdkondades, kusjuures kõige suurem muutus on toimunud oskuses organiseerida vaatlust ja katse planeerimises hüpoteesi tõestamiseks. Õpetajakesksuses pole toimunud muutusi, see jäi endiselt kõrgeks.

Seminaride käigus ilmnes, et õpetajate teadmised **uurimuslikust lähenemisest** on napid või puuduvad hoopis. Osavõtjatel oli raske mõista uurimuse olemust ja seda, et uurimuslikku lähenemist saab rakendada laiemalt kui ainult praktilisete tööde tegemisel loodusteaduste tundides. Õpetaja, kes ise ei mõista uurimuse olemust, ei saa seda arusaadavaks teha õpilastele ega kasutada oma töös. Seetõttu tuli koolitus-programmi täiendada uurimuslikku lähenemist puudutava osaga.

Tabelist 14 ilmneb, et õpetajate seminarist osavõtu sagedus ja aktiivsus on erinevad, samuti erinevad koduste tööde põhjalikkus ja maht.

Tabel 14. **Õpetajate tegevused koolitusprotsessi käigus.**

Õpetaja Tegevus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Uurimuslik skeem K.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hinnang sobivusele I.	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+
Töö eeskirja analüüs K.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Õpetaja koostatud uurimuslikke tööjuhendeid arvuliselt I.	1	0	5	1	4	0	0	1	0	1
Tööjuhendite läbiproovimine I.	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
Tööjuhendite kasutamise kogemuste vahetamine K.	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
Hindamise eeskiri K.	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+
Hindamise eeskirja analüüs K.	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+
Hindamise eeskirja läbiproovimine I.	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+
Hinnang sobivusele I.	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+

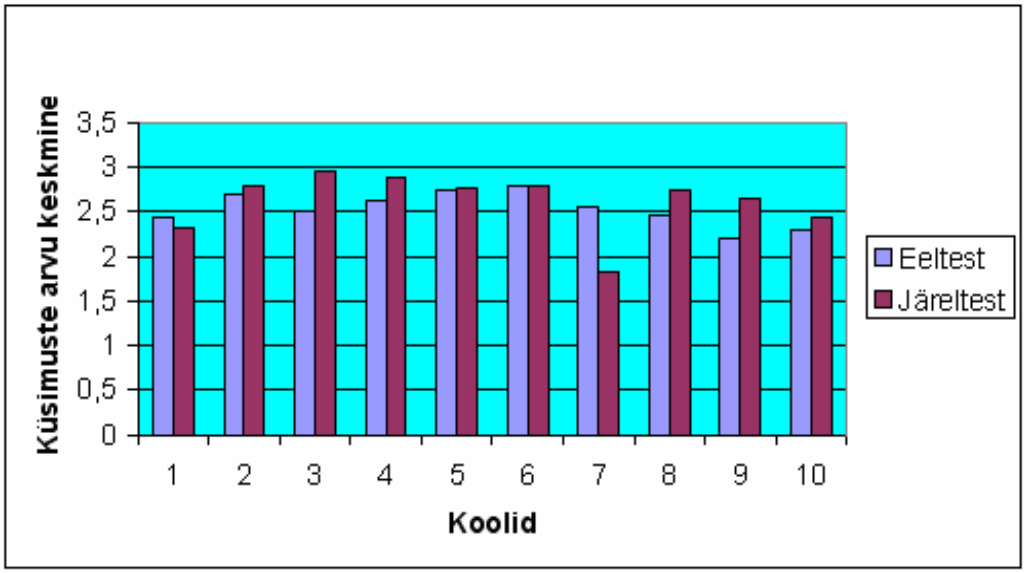
I = individuaalne

K = kollaboratiivne

4.2. Õpilaste protsessuaalsete oskuste kujunemine

Probleemi nägemise oskus

Nimetatud protsessuaalset oskust mõõtis nii eeltestis ja järeltestis ülesanne 2 (lisad 1 ja 2). Probleem seostus traadi lõikumisega läbi jää, kusjuures jäätükk jäi terveks. Eeldati, et ülesande esitus oli informatiivne ja mõistetav kõikidele õpilastele sõltumata nende mõtlemisviisist. Järeltestis paluti õpilastel esitada kolm küsimust Magdeburgi poolkerade lahutamise katse kohta. See situatsioon oli õpilastele tundmatu nii nagu eeltesti ülesandeski, ka küsimuse vorm ja struktuur kordasid eeltestis olnut. Joonis 3 annab ülevaate õpilaste poolt esitatud küsimuste arvu keskmisest ja selle muutumisest kaheksa kuu järel.



Joonis 2**. Nähtuste kohta esitatud küsimuste arvu muutumine**.

Jooniselt 2 ilmneb, et seitsmes koolis on õpilased järeltestis esitanud rohkem küsimusi. Analüüs annab vastuse sisulistele muutustele.

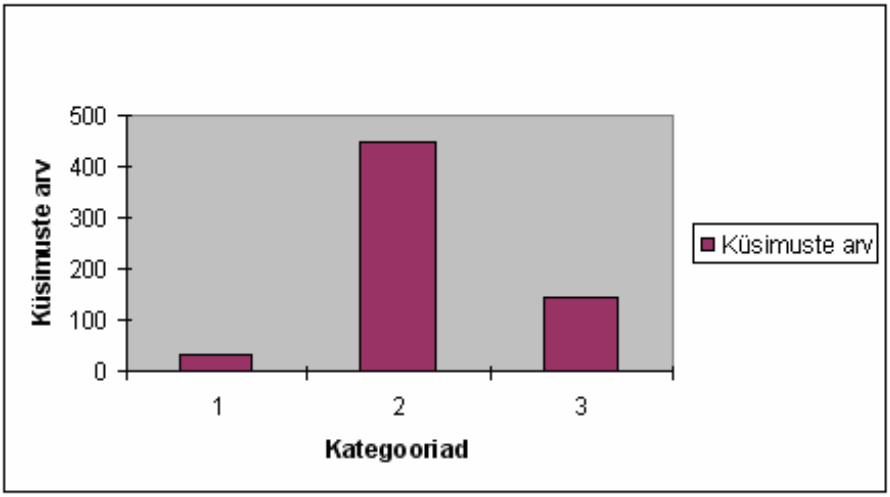
Kõikide koolide õpilased esitasid küsimusi, kuid erineval hulgal ja eri kvaliteediga. Võrdseks ei saa lugeda probleemide nägemise oskust küsimuste: *mis saab siis, kui katse on tehtud* ja *mis juhtub, kui traati soojendada või koormist suurendada* puhul.

Õpilaste poolt esitatud küsimused jagati **kolme kategooriasse**: hierarhiliselt kõige madalama (A) moodustasid asjasse mittepuutuvad küsimused, milles ei kajastunud ei protsess ega tulemus; protsessile suunatud küsimused (P), millesse kuulusid katseseadmete, katsetingimuste ja katse tegemise kohta esitatud küsimused ning kõrgeima, N-kategooria küsimused olid suunatud probleemi nägemisele. Käesolevas töös nimetatakse vaid probleemi nägemisele suunatud küsimusi uurimisküsimusteks.

Tabel 15. **Õpilaste poolt esitatud küsimuste kategoriseerimine.**

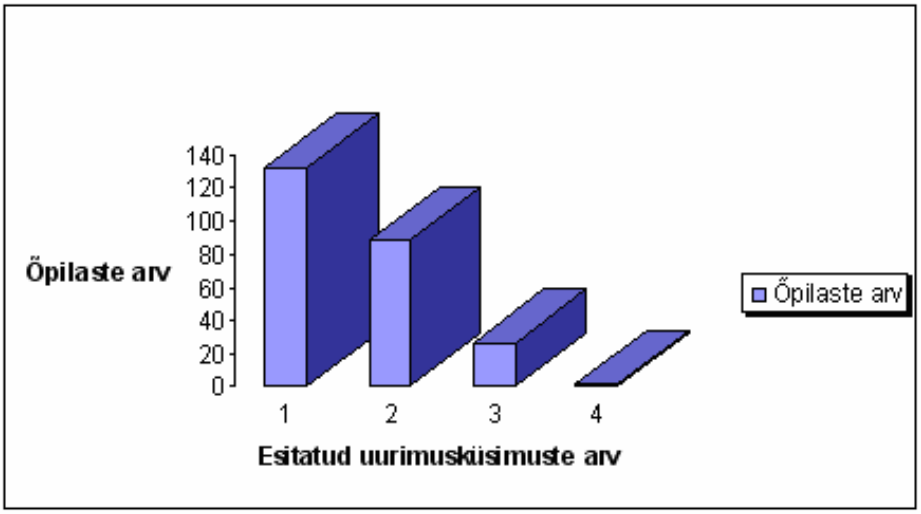
Kategooria	Iseloomustus	Näited eel- ja järelküsimustikust
A	Asjasse mittepuutuvad küsimused.	*Kas väljas peab külm kah olema, mis materjalist peab olema laud; kas Magdeburgi linnapea oli teadlane; miks valiti katse korraldamiseks just selline koht.*

Kategooria	Iseloomustus	Näited eel- ja järelküsimustikust
P	Protsessile suunatud küsimused.	*Kui raske on koormis, kui paks peaks olema jää, kui kaua aega kulus selleks; miks rakendati 8 hobust ühes ja 8 teises suunas; miks pumbati õhk välja.*
N	Probleemi nägemisele suunatud küsimused.	*Kuidas on võimalik, et traat lõikub läbi jää ja jäätükk on terve, kas sama katse oleks toimunud, kui traadi asemel oleks olnud pallinöör; kui palju õhku peaks kerasse tagasi laskma, et need 16 hobust jõuaksid neid poolkerasid lahutada; mitme hobusega oleks see õnnestunud.*



Joonis 3. **Eeltestis esitatud küsimuste arv erinevates kategooriates.**

Jooniselt 3 selgub, et eeltestis esitasid õpilased kõige enam protsessiga seotud küsimusi (71%), uurimisküsimused moodustasid napi neljandiku (22%) esitatud küsimuste üldarvust. Antud töö tulemused ühtivad Chin (2002) poolt läbiviidud uurimusega, milles leiti, et õpilased esitasid valdavalt protsessile suunatud küsimusi (65%) ja kognitiivselt kõrgel tasemel esitatud "teadasaamise" küsimusi oli vaid 14%



Joonis 4. **Eeltestis uurimisküsimusi esitanud õpilaste arv.**

1 – ei esitanud ühtki uurimisküsimust,

2 – esitas 1 uurimisküsimuse,

3 – esitas 2 uurimisküsimust,

4 – esitas 3 uurimisküsimust.

Jooniselt 4 selgub, et vähem kui pool uuritud õpilaskontingendist oskab probleemi näha. Uurimisküsimusi esitanutest valdav enamus (89 õpilast) esitas vaid ühe küsimuse.

Tabel 16. **Küsimuste sisu ja struktuuri muutuse dünaamika (N=250).**

Küsimuse tüüp / Test	Asjasse mittepuutuvad küsimused (A)	Protsessiga seotud küsimused (P)	Tulemusele orienteeritud küsimused (N)	Kokku
Eeltestis	32	451	146	629
Järeltestis	12	471	179	662

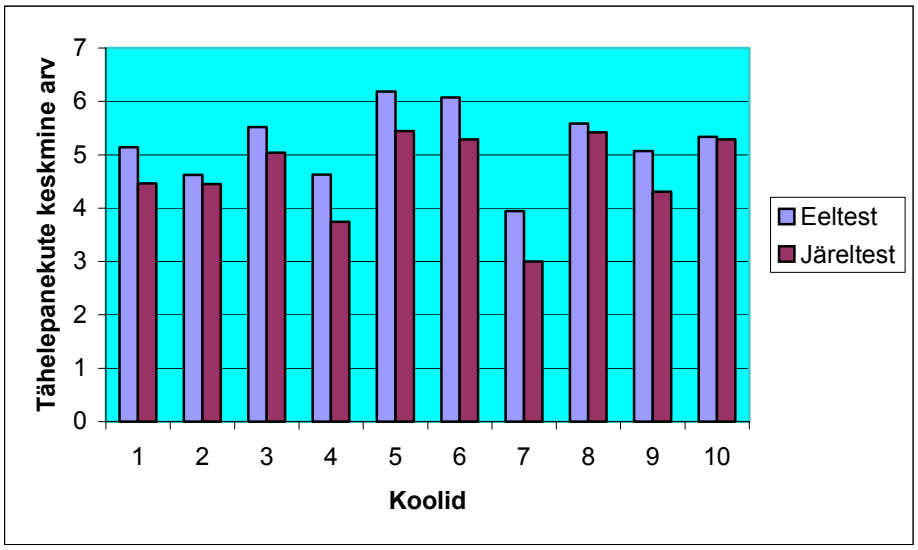
Tabelist ilmneb, et 8-kuulise õpetajate mõjutamise tulemusena julgevad õpilased enam küsida: 250 õpilast esitasid 53 küsimust enam kui enne mõjutamise algust. Tendentsi tuleb pidada positiivseks, sest parafraseerides Linus Paulingi mõttetera kvantiteedi ülemineku kohta kvaliteediks: selleks, et sul oleks hea küsimus, peab sul olema palju küsimusi. Probleemi nägemise oskust ei saa siiski iseloomustada küsimuste üldarvuga, vaid oluline on küsimuste tüüp ja kvaliteet. Õpilaste küsimused on muutunud mõtestatumaks.

Vaatlusoskus

Vaatlusoskuse üle otsustati eeltestis küünla põlemise kirjeldamise alusel (lisa 1 ülesanne 1). Seejuures pöörati tähelepanu järgmistele aspektidele: kas küünla põlemine on õpilase silmis argielu nähtus, teaduslik protsess või nende kooslus? Kas küünla kustutamist või katse lõpetamist käsitlesid õpilased kui lõppresultaati?
Järeltesti ülesandes (lisa 2 ülesanne 1) paluti õpilastel vaadelda kaaliumpermanganaadi lahustumist vees. Küsimuse struktuur oli analoogiline eeltesti küsimuse struktuuriga.

Enamus 250-st õpilasest (90%) märkas leegi värvust, haistis lõhna või tundis soojust. Neid aspekte kirjeldati emotsionaalselt, kasutades mitmeid omadussõnu. Ka järeltesti ülesandele vastates väljendusid õpilased emotsionaalselt.

Tulemused on esitatud joonisel 5.



Joonis 5. **Tähelepanekute arvu keskmise muutumine kooliti**.

Jooniselt ilmneb, et vaatlusel tehtud tähelepanekute üldarv on üheksas koolis vähenenud.

Joonisel esitatatud tulemused vajavad edasist analüüsi, sest esitatud tähelepanekud (tähelepanekutena fikseeriti kõik õpilaste kirjalikud ülestähendused) erinesid nii mahu kui esituslaadi poolest. Koolide lõikes jäi keskmine tähelepanekute arv ühe

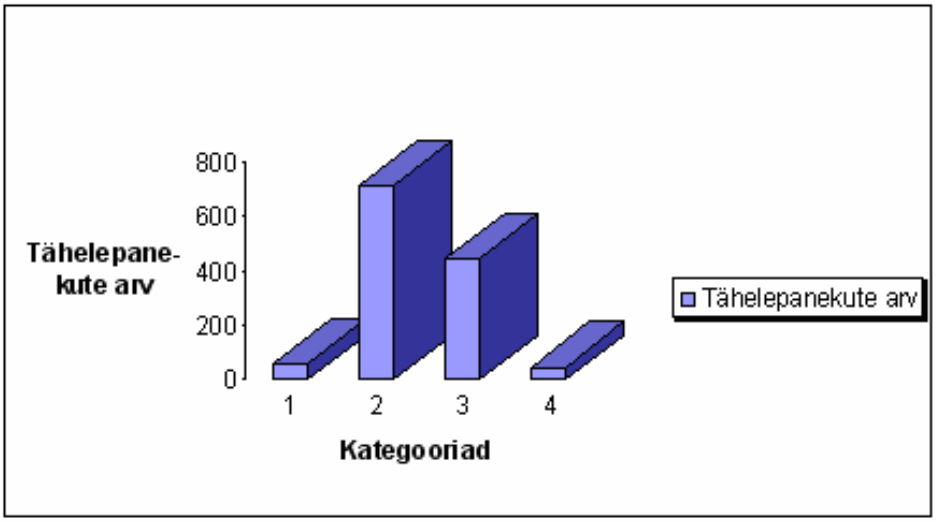
õpilase kohta 3,0 ja 6,2 vahele. Küll aga võib sisulisel interpreteerimisel saada eelnevast hoopis erineva pildi.

Õpilaste tehtud tähelepanekud kategoriseeriti võttes aluseks kirjelduse seostatavuse loodusteaduslike teadmistega. Vaatlusega mitteseotud kirjeldus (I kategooria) iseloomustab päheõpitud teadmisi. Nende teadmiste seostamatusest vaatlustulemustega võib oletada tendentsi õpetada loodusteadusi teoreetiliste õppeainetena. Sellises kontekstis võib nimetatud kategooriat lugeda hierarhiliselt madalaimaks. Tabelis 13 esitatud ülevaates leitud kategooriatest iseloomustavad teine ja kolmas kategooria peamiselt tajul põhinevat vaatlussoskust, kust on võimalik edasi liikuda põhjusliku interpretatsioonini (IV kategooria). Nii leitud kategooriate kombinatsioonidega on võimalik iseloomustada õpilaste vaatlusoskust ja jälgida selle struktuuri muutust (erinevatesse kategooriatesse kuuluvate tähelepanekute arvu muutust).

Tabel 17. **Õpilaste vaatlusoskust iseloomustanud vastuste kategoriseerimine**.

Kategooria	**Iseloomustus**	**Näited eel- ja järelküsimustikust**
I Vaatlusega mitteseotud	Kirjeldus ei tulene tähenduslikust vaatlusest, vaid õpitu meenutamisest.	*Eraldub süsihappegaas; kustumisel eraldub silmaga nähtav vingugaas; tuleb väävli lõhna; vee molekulid põrkuvad kaaliumpermanganaadi osakestega; kristallide ja vee kokkupuutepind suurenes.*
II Meeleline	Kirjeldus sisaldab ainult meelte abil tajutud infot, mis on esitatud lõpliku väitena.	*Tunnen põlemise lõhna; näen leeki, leek on kollane; tunnen soojust, tunnen parafiini lõhna; on kuum; iga kristall on nagu praemuna: heledam osa ümber ja keskel tume täpp; segades tekkis vee sisse must tornaado.*
III Interpretee-riv	Kirjeldus loob võima-luse interpretatsiooniks, esitatud protsessina.	*Kui küünal põleb, hakkab parafiin sulama; küünla leegi kohal õhk nagu liiguks nii, et asju näeb nagu virvendades; kaaliumpermanganaadi kristallid tegid vee põhjas lillaks; vesi muutus järjest*

Kategooria	Iseloomustus	Näited eel- ja järelküsimustikust
		roosamaks.
IV Kirjeldav-interpreteeriv	Kirjeldus sisaldab vaadeldu interpretatsiooni.	*Põlemisel hakkas parafiin sulama, s.t. läks tahkest olekust vedelasse, vedel parafiin aurustus ja just parafiini aurud põlesidki; kustutamisel tahkub vaha ajapikku, kuna leeki, mis teda soojendaks ja sulataks, pole; segamisel kadusid põhjast kristallid, sest kaaliumpermanganaat lahustus ära ja moodustus tõeline lahus; kaaliumpermanganaat lahustub, sest vesi muutub järjest tumedamaks.*



Joonis 6. **Eeltestis tehtud tähelepanekute arv erinevates kategooriates**.

Jooniselt 6 ilmneb, et meeltega vastuvõetud infost lähtuvaid tähelepanekuid (2. kategooria) oli kõige rohkem, põhjuslik-interpreteeritavaid tähelepanekuid (4) tegid õpilased 16 korda harvemini. Õpilased oskavad vaadelda, vaid 53 õpilast on kinni terminites (1).

Kahe hierarhiliselt madalama kategooria vastuseid iseloomustab emotsionaalsus ja igapäevakeel.

Keemiliste nähtuste käsitlemisel võib eristada kolme taset: mikro-, makro- ja formaalne tasand. Uurimused näitavad, et õpilastel domineerib makrotasand, ehkki keemia loogika nõuab opereerimist kõikidel tasemetel (Rannikmäe, 1996). Õpilane vaatleb ja kirjeldab ainult seda, mida näeb. Järelikult tähelepanekute arv ja vaatlemise kvaliteet on positiivses seoses. Madalamalt hinnati vaatlusest otseselt mittetulenevate formaalse taseme keemiaterminite kasutamist. Vaatlusoskus sisaldab ka vaimset tegevust tähelepanekute selgitamisel ja põhjendamisel. Vaatlusoskuse muutumist mikro-, makro- ja formaalse tasandi kasutamisega iseloomustab tabel 21.

Tabel 18. **Tähelepanekute arvu muutus.**

	Tähelepanekute arv makrotasandil	**Tähelepanekute arv makrotasandil koos selgitustega mikrotasandil**	**Tähelepanekute arv makrotasandil koos selgitustega formaalsel tasandil**	**Kokku**
Eeltest	1052	12	42	1106
Järeltest	795	81	27	903
Muutus	-257	+69	-15	-203

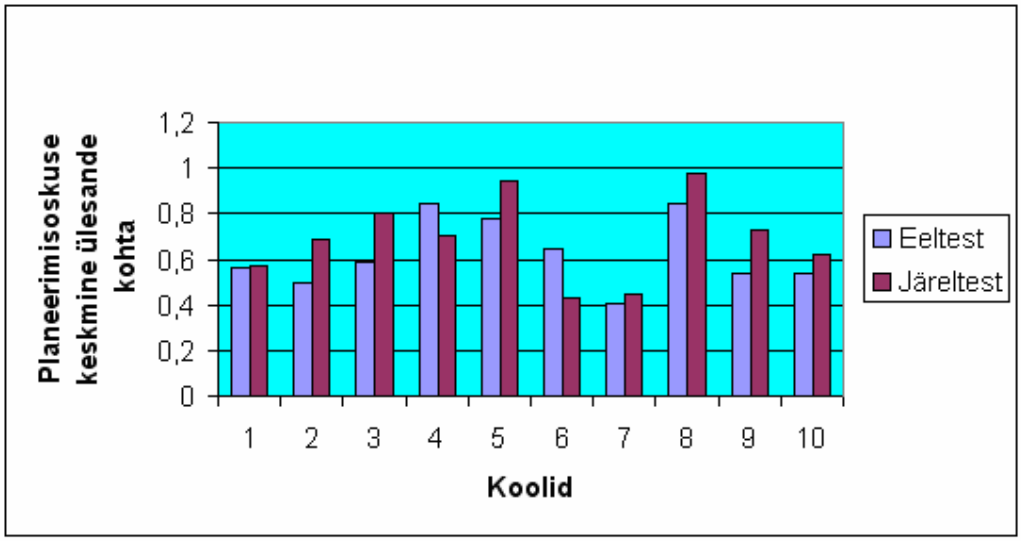
Tabelist 18 ilmneb, et õpetajate täiendkoolituse järgselt on vähenenud makrotasandil tehtud tähelepanekute arv. Enam leiti seoseid meeltega tunnetatud ja mikrotasandi vahel, vähem makrotasandi ja formaalse tasandi vahel.

Katse planeerimise oskus

Uurimisküsimuse sõnastamisele järgneb katsetegevuste valik, mis peab olema põhjendatud ja suunama katsetulemuste interpreteerimisele ja hindamisele. Katse planeerimisoskust kontrolliti käesolevas uurimistöös kolme küsimuse abil, kus rõhuasetused olid vastavalt:

1) katsevahendite valikul (ülesanne 8);
2) katsetegevuste korrektse järgnevuse esitamisel (ülesanne 5);
3) katsetegevuste loogilisel ja põhjendatud esitamisel (ülesanne 7).

Tulemused on esitatud joonisel 12.



Joonis 7. **Planeerimisoskuse keskmise näitaja muutumine kooliti.**

Jooniselt 7 ilmneb, et planeerimisoskuse tase on õpetajakoolituse tulemusena kaheksas koolis tõusnud, kahes koolis aga langenud. Analüüs peab näitama, kas see on seotud õpetaja osavõtuga koolitusest.

Joonis 7 näitab suurt varieeruvust koolide lõikes. Kõige paremini tulid õpilased toime katsevahendite valikuga: 160 õpilast 250-st suutis etteantud seitsmest katsevahendist neli antud katseks vajalikku välja valida. Katsevahendina ei tuntud ära kõige sagedamini jaotuslehtrit, mida igas koolis ei pruugi olemas olla. Juhusliku iseloomuga olid 42 õpilase valikud. Neil puudus üksikute katsevahendite vahel loogiline seos. Raskeimaks osutus katsetegevuste loogiline ja põhjendatud esitamine, mille puhul 163 õpilast ei suutnud vastata midagi. Mõtlema panevad vastust asendavad õpilaste kommentaarid: *ma pole elu sees ise ühtki katset teinud* (10 õpilast kahest koolist). Täiesti korrektseid vastuseid oli 29. Need õpilased moodustasid operatsioonide hierarhilise rea. Seevastu õpilased, kes valisid vaid kaks õiget katsetegevust, olid tõmmanud joone alla ka katseks mittevajalikele vahenditele. Korrelatsiooni katsevahendite ja katsetegevuste valiku vahel ei täheldatud ($\varsigma = 0,12$).

Eeltest kontrollis ka **ohutusreeglite** mõistmist katse sooritamisel, sest tihti osutub vajalikuks ohutuse arvestamine juba katse planeerimisel. Vastused kategoriseeriti lähtudes mõtestatusest järgmiselt:

A – ohutustehnika-alased teadmised puuduvad,

B – teadmised pole mõtestatud,

C – mõtestatud teadmised.

Tabel 19. **Õpilaste vastuste kategoriseerimine.**

Kate-gooria	Iseloomustus	Näited
A	Vastustes puuduvad vähimadki seosed ainealaste ja ohutuse alaste teadmistega, lähtutud on traditsioonilistest abisaamise võimalustest: täiskasvanu – õpetaja, arst, ema, enda peale ei loodeta ja ohusituatsioonis käituda ei osata.	***Keemia***. *Koolis pöördun õpetaja poole, kodus üritan saada arstiabi. Helistaksin arsti juurde, sest ma ei tea, kuidas seda hapet nahalt ära saada.* ***Füüsika***. *Evakueerin ja kutsun tuletõrje. Kutsun ema või isa. Viin kõik elusolendid majast välja. Kutsun täiskasvanu või helistan 112.* ***Bioloogia***. *Mis seal ikka siis, las teeb, kui tahab. Annan talle nõela – loogiline, ta on ju mu sõber. Nõustun kohe.*
B	Ohutustehnika-alased teadmised on osaliselt mõtestatud. Vastused näitavad mõningaid ainealaseid teadmisi, kuid antud situatsioonis ohutult käitumiseks nendest ei piisa.	***Keemia***. *Panen kohale tugevat hüdroksiidi, tekib sool, mis ei söövita. Tuleb koheselt tegutseda: esiteks panna midagi peale, mis leevendaks nii valu kui ka nahapõletuste saamist.* ***Füüsika***. *Põlema läinud elektriseade tuleks millegagi katta ja siis tulekustutiga kustutada.* ***Bioloogia***. *Võtan nõela, puhastan leegis ja piirituses, annan sõbrale ja luban tal ainult väikse sõrme otsa torgata.*
C	Ohutustehnika-alased teadmised on mõtestatud.	***Keemia***. *Tekitan neutralisatsiooni-reaktsiooni ehk tupsutan söögisooda lahusega ja siis pesen voolava veega.** ***Füüsika***. *Kõigepealt tuleb elekter välja võtta ja siis tekiga kustutama hakata.*

Kate-gooria	Iseloomustus	Näited
		Bioloogia**. Ma keeldun talle nõela andmast, sest sellised katsed on keelatud.*

* Vastuste kategoriseerimisel ja valideerimisel kaasati õpetajad. Samas tugineti õppekirjanduse (L. Tamm, H. Timotheus "Keemia IX klassile", H. Karik "Keemia 9. klassile) seisukohtadele. Näiteks keemia osas leiti, et happe sattumisel nahale loetakse ohutusnõudena õigeks ainult pesemist kraani all.

** Koolibioloogia õpetamisel kehtib nõue, et koolis on keelatud kõik katsed inimkudedega, sealhulgas ka verega.

Tabel 20. **Ohutustehnika-alaste vastuste jaotumine**.

Valdkond	Vastuseid 1. Kategoorias	Vastuseid 2. kategoorias	Vastuseid 3. kategoorias	Vastuseid kokku
Keemia	33	47	170	250
Füüsika	62	149	39	250
Bioloogia	30	161	59	250
Kokku	125	357	268	750

Nagu tabelist 20 näha, domineerisid füüsika ja bioloogia valdkonnas vastused, milles tegevus pole mõtestatud, ja mis sisaldavad õpikute ja loodusteaduste klasside seintel olevate ohutustehnika eeskirjade fraaslauseid. Oluliselt paremat olukorda keemia vallas võib põhjendada otsese ohuga kokkupuutumisel kemikaalidega praktiliste tööde tegemisel.

Mõõtmisoskus

Katse planeerimisel oli oluline ka skaala lugemise oskus, mis on üks mõõtmisoskuse komponente ja peaks olema omandatud enne praktiliste tööde tegemisele asumist. Nimetatud oskust mõõtis eelküsimustiku kolmas küsimus, kus õpilane pidi joonistama ampermeetri skaalale osuti, nii et selle näit oleks 1,4 amprit.

Tulemused on esitatud tabelis 21.

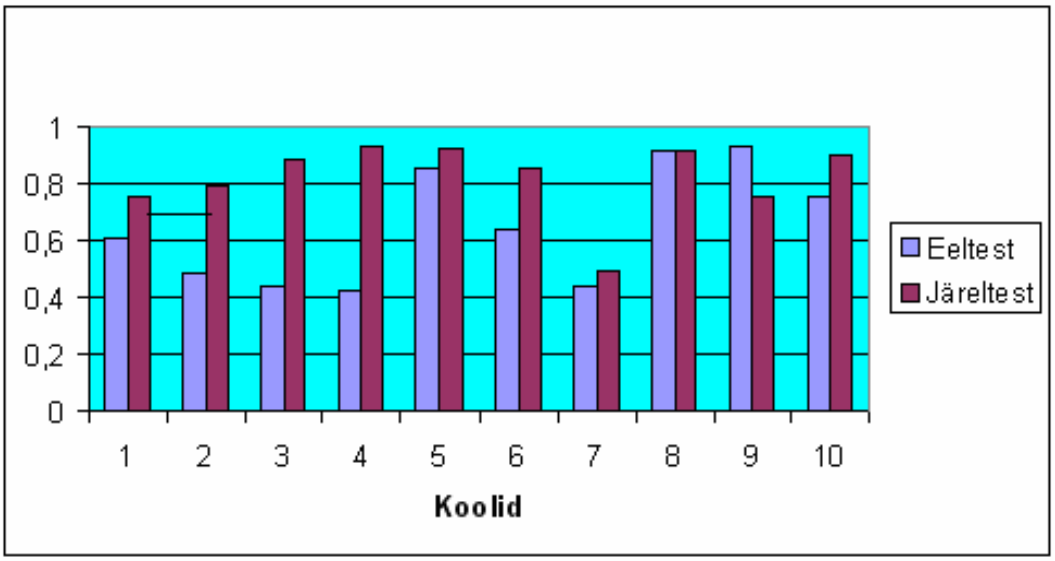
Tabel 21. **Skaala lugemise oskus kooliti.**

	Keskmine
Kool 1	0,71
Kool 2	0,83
Kool 3	0,68
Kool 4	0,86
Kool 5	0,78
Kool 6	0,86
Kool 7	0,56
Kool 8	0,83
Kool 9	0,86
Kool 10	0,95
Kõik koolid	**0,80**

Tabelist 21 ilmneb, et skaala lugemise oskus on suhteliselt kõrge. Koolide tasemed on ühtlased, välja arvatud seitsmes ja kümnes kool. Keskmine tulemus jääb positiivse hinde piiridesse.

Katsetulemuste interpreteerimise oskus

Tulemused on esitatud joonisel 8.



Joonis 8. **Interpreteerimisoskuse näitaja keskmise muutumine kooliti**.

Selgub, et katsetulemuste interpreteerimise oskuse osas on koolide vahel suured erinevused. Eeltestis ei osanud pooled õpilased katsetulemusi interpreteerida. Õpetajate osalemisega täiendkoolituses on kaasnenud muutus õpilaste katsetulemuste interpreteerimisoskuses. Kaheksas koolis on see tõusnud, kusjuures on märgatav, et mida madalam on olnud algtase, seda suurem on areng. Kaheksanda kooli õpetaja ei osalenud õpetajakoolituses, mis võis olla tema õpilaste interpreteerimisoskuse taseme seisaku põhjuseks.

Edasisel analüüsil võib eristada loogikal põhinevat interpreteerimisoskust sisulisest interpreteerimisoskusest. Loogikal põhinevat interpreteerimisoskust iseloomustavates õpilaste vastustes ilmnes kaks tendentsi:

1. Katse tulemustele ei pööratud tähelepanu ja põhjendamisel kasutati olemasolevaid teadmisi. Näiteks *vorstis pole tärklist, kuna vorst pole taimne* (10 õpilast). Põhjendus ei seosta katset ja tulemust, on katsekontekstist väljas ja tuleneb loogikast.
2. Püütakse katsetulemusi põhjendada, aga ei usuta tulemust. V*orstis on ja kartulis ja saias, sest nad läksid siniseks. Aga kindlalt tean, et saias on* (5 õpilast).

Õpilaste eeltesti ja õpetajate küsimustike tulemuste rakendamine õpetajate professionaalse arengu suunamisel

Eeltesti vastuste alusel loeti arendamist vajavateks valdkondadeks õpilaste oskustes tabelis 17 kajastatud valdkonnad, samal ajal õpetajate eelküsimustik mõõtis õpetaja kindlust uurimusliku tegevuse suunamisel.

Õpetajate suhteliselt kõrget enesehinnangut ei kinnita õpilaste testi tulemused: õpetajate arvates kasutatakse keemia tundides vaatlust ja katsetulemuste analüüsi ning interpreteerimist, 250 õpilasest esitasid aga põhjenduslik-interpretatsioonilisi tähelepanekuid vaid 44 ehk keskmiselt õpilase kohta 0,2. Arvud näitavad, et õpilased ei oska teha tähelepanekuid vaatlusoskuse hierarhiliselt kõrgeimas kategoorias, mida oleks võinud järeldada õpetajate vastuste põhjal.

5. TULEMUSTE ANALÜÜS JA ARUTELU

5.1. Esimene hüpotees

Õpetajate suhtumist uurimusliku suunaga praktiliste tööde organiseerimise vajalikkusesse on võimalik mõjutada täiendkoolituse käigus.

Tabel 23 (lisa 11) näitab, kuidas muutusid õpetajate hinnangud kaheksa kuud kestnud sihipärase koolituse tulemusena. Valmisoleku saavutanud õpetajate muutus kaheksa kuu järel on statistiliselt oluline (t = 3,68, p<.0,001). Valmisolekut mittesaavutanud õpetajate muutus pole statistiliselt oluline (t = 1,45, p = 0,21). Tabel 24 illustreerib eri rühmadesse kuuluvate õpetajate muutust Likerti skaala tingühikutes.

Tabel 22. **Valmisoleku saavutanud ja valmisolekut mittesaavutanud õpetajate areng.**

Valdkond	**Valmisoleku saavutanud õpetajate areng (N=3)**	**Valmisolekut mittesaavutanud õpetajate areng (N=7)**
Õpilaskesksus praktiliste tööde käigus.	+0,7**	+0,2
Õpetajakesksus praktiliste tööde käigus.	-0.2	0
Õpilaste suunamine vaatlema.	+0,6**	+0,1
Õpilaste suunamine hüpoteesi kontrollimiseks vajaliku katse planeerimisele.	+0,8**	-0,2
Õpilaste suunamine katse tulemuste analüüsile ja interpreteerimisele.	+0,1	-0,1
Soov kasutada tööjuhendeid ka edaspidi (intervjuude põhjal).	+0,5	+0,6**
Kokku	**+2,5**	**+0,6**

** on tähistatud statistiliselt olulised muutused.

Valmisoleku saavutanud õpetajate edasiminek on märgatav õpilaste suunamisel katse planeerimisele ja vaatlusele. Valmisolekut mittesaavutanud õpetajate puhul domineeris soov ka edaspidi saada tööjuhendeid praktiliste tööde organiseerimiseks keemia tundides. Valmisoleku saavutanud õpetajad kasutavad "kokaraamatu retsepti" asemel uurimuslikku tööjuhendit, nende poolt läbiviidav praktilise töö tund algab sagedamini hüpoteesi püstitamisega ja jätkub katse planeerimisega selle hüpoteesi kontrollimiseks, sisaldades ka katsetulemuste interpreteerimist (tabel 24). Positiivse tendentsina ilmneb koolitusest huvitunutel ka oluline õpetajakesksuse vähenemine praktiliste tööde organiseerimisel. Märgatav on edasiminek õpilaskesksuse suurenemises.

Õpilaste planeerimisoskuses eristati järgmisi tasemeid:

1 – ei oska planeerida;

2 – mõtestamata katsetegevuste loetelu;

3 – mittetäielik või vigadega planeerimine:

4 – katsetegevuste loogiline esitamine;

5 – lisab katsetegevuste loogilisele esitamisele ka eetilise aspekti.

Katse planeerimisel on edukamad PKO valmisoleku saavutanud õpetajate õpilased. Need õpetajad arvasid endal olevat enam teadmisi ja oskusi katse planeerimise organiseerimiseks. Nende õpetatavate õpilaste katse planeerimise oskus arenes enam. Põhjuseks võib pidada valmisoleku saavutanud õpetajate uurimuslike tööde läbiviimise kompetentsuse suurenemist interaktiivsete seminaride käigus. Õpetaja muutumisega kaasneb õpilaste muutumine, mille suurus oleneb õpetaja muutuse sügavusest.

Faktoranalüüsi näitas, et PKO saavutanud õpetajate poolt õpetatud õpilaste esimene faktor, mida tinglikult võib nimetada katse planeerimise faktoriks ja mis kirjeldas valimist 10,2 % ulatuses ei seostunud PKO valmisolekut mittesaavutanud õpetajate õpilaste esimese faktoriga – katse läbiviimise faktoriga.

Õpetajakoolituse läbinud õpetajate PKO tõus on leidnud kinnitust nii õpetajate endi hinnangute kaudu kui ka nende poolt õpetatavate õpilaste protsessuaalsete oskuste

tõusu kaudu. Järelikult õpetajate suhtumist uurimusliku suunaga praktiliste tööde organiseerimise vajalikkusesse on võimalik muuta, kuid selleks on vajalik õpetajate omavaheline interaktsioon.

5.2. Teine hüpotees

Õpetajad omandavad uurimuslike tööde läbiviimise kompetentsuse vastastikuse interaktsiooni käigus.

Kas PKO valmisoleku saavutanud õpetajate grupp on heterogeenne? Täpsem analüüs võimaldas õpetajad kategoriseerida. Kategoriseerimise aluseks võeti:

õpetaja areng koolitusseminaride jooksul. Õpetajate interaktsiooni sagedust mõõdeti:

a. Interaktsioon koolitusseminaride käigus (on mõõdetud seminarides käimise arengut). Seejuures eristati passiivset interaktsiooni, mis võeti võrdseks külastuste arvuga, ja aktiivset interaktsiooni, mida mõõtis osalemine aruteludes.
b. Interaktsiooni tööjuhendi ja hindamisjuhendi koostamine ja vastastikune arutelu väljaspool seminare.
c. Uue metoodika ja tööeeskirjade rakendamine koolis ja töö tulemuste analüüsimine teiste õpetajatega seminaride vahelisel perioodil.

A-kategooria 3 õpetajat iseloomustab kollaboratiivne tegevus seminaride käigus, mis baseerub individuaalsele tööle väljaspool koolitust (interaktsioon läbi kõikide tasandite).

B-kategooria 4 õpetaja interaktsioon ja mõjutatus olid väiksemad ning neid iseloomustab individuaalne kodune töö (passiivsus seminarides ja aktiivsus väljaspool seminare, interaktsioon läbi kahe taseme).

C-kategooria 3 õpetajat ei osalenud kollaboratiivses tegevuses ja nende individuaalne kodune töö oli juhuslik. Nende tegevust iseloomustab juhuslikkus (interaktsioon puudub).

Õpetaja **koostatud uurimuslike tööjuhendite arv** ning **õpetaja hinnang protsessile** (tabel 26) iseloomustavad samuti õpetaja arengut.

Tabel 23. **Õpetajate kategoriseerimise põhitunnused.**

Õpetaja kategooria	Õpetajate arv kategoorias	Kategooriat iseloomustavad põhitunnused
A	3	Aktiivne osalemine seminarides toimunud aruteludes, enda ja kaaslaste arvamuse analüüs, hinnangu andmine oma ja kaaslaste tööle. Kaaslastelt tagasiside initsieerija. Koostas tööjuhendi ja modifitseeris seda. Hindamisjuhendi iseseisev koostaja ja arutleja. Koolituse käigus saavutas valmisoleku. Õpetajakesksus vähenes koolituse käigus. Õpilaste protsessuaalsete oskuste statistiliselt oluline areng
B	4	Ei avalda oma arvamust koolitusseminarides. Esitab harva tähelepanekuid uurimusliku töö läbiviimisest klassis. Nõustub teiste soovitustega. On meelsasti nõus rakendama uusi ideid ja ei vaidluste neid.Passiivne osaleja seminarides toimunud aruteludes. Osaline valmisolek vähemalt läbi 3 valdkonna, mis varieeruvad. Koostas üksikuid tööjuhendeid, kuid eelistas meelsasti kaaslaste omi ja tagasisidet ei andnud. Kasutas teiste koostatud hindamisjuhendit.
C	3	Õpetajate omavaheline interaktsioon puudub. Käitumiselt küsija. Interaktsioon minimaalne, suhtleb põhiliselt koolitusprotsessi organiseerijatega. Ei ole saavutanud valmisolekut. Statistiliselt olulisi muutusi hoiakutes ei täheldatud. Tööjuhendit ei koostanud, kasutas kolleegide poolt koostatud tööjuhendit.

Tabel 24. **Õpetajatega toimunud muutused.**

Kategooria / **Valdkond**	**Kategooria A (N=3)**		**Kategooria B (N=4)**		**Kategooria C (N=3)**	
	Positiivsed muutused	Negatiivsed muutused	Positiivsed muutused	Negatiivsed muutused	Positiivsed muutused	Negatiivsed muutused
I Õpetaja hinnang protsessile.	1,2		5,6			8
II Õpetaja kasutatud tööjuhendi tüüp.	1,2,3		4,5,6		10	
Hindamise skeem.	1,2,3		5,6			
III Õpetaja-kesksuses.	1,3			5,6,7	10	10
IV Õpilaste suunamine hüpoteeside püstitamisele.	1,2		4,5*,6*,7			10
Vaatlemisele.	2,3		6*,7		10	
Vaatlus-andmete üles-märkimisele.	1,2*,3		6,7		9	10
Arutlemisele katse tulemuste üle.	2*		5,6	4,7		9
Katsete kavandamisele.	1,2		4,5,6,7			
Muutusi kokku	**20**	**0**	**21**	**6**	**4**	**5**
Muutusi ühe õpetaja kohta	6,7	0	5,25	1,5	1,3	1,67

I valdkond – õpetaja hinnang oma tööle

II valdkond – uurimusliku töö tegemiseks vajalikud vahendid

III valdkond – õpetajakesksus

IV valdkond – õpilaste suunamine uurimuslikule praktilisele tööle.

Tärniga (*) tähistatud muutused on toimunud kahe sagedusühiku ulatuses.

Nagu tabelist 24 selgub, toimus kõige rohkem positiivseid muutusi A-kategooria õpetajatega s.t. nendega, kes koolitusest aktiivsemalt osa võtsid. Ilmselt on tegemist motiveeritud ja uuendusaldiste inimestega, kes on huvitatud oma professionaalsuse tõstmisest. Seda tõestab kujukalt aktiivne osalus ja initsiatiiv seminarides ja kodutöödes. Õpetajate kompetentsuse tõus tingis õpilaste protsessuaalsete oskuste paranemise.

Tabel 25. **Õpetajate hinnangu muutumine sõltuvalt kategooriast**.

Valdkond Õpetaja kategooria	**A(enne ja pärast koolitust)**		**B(enne ja pärast koolitust)**		**C(enne ja pärast koolitust)**	
Hinnang oma uurimuslike oskuste kujundamisele	0	+	0	+/0	0	0
Uute tööjuhendite koostamine	0	+	0	0/+	0	0
Tööjuhendi alusel praktiliste tööde läbiviimine klassis	+	+	+	+	+	+
Protsessuaalsete oskuste hindamine.	0	+	0	0/+	0	0

Nagu ilmneb tabelist 25 on A kategooria õpetajate hinnangud muutunud kõigis valdkondades positiivseks. Küll aga on B kategooria õpetajate hulgas neid, kelle hinnang pole muutunud õpetajakoolituse käigus. C kategooriasse kuuluvad õpetajad väärtustavad väid tööjuhendi saamist, mille abil praktilisi töid läbi viia.

Õpetajate PKO hindamisel toetuti õpilaste protsessualsete oskuste arengu analüüsile.

Tabel 26. **Erinevatesse kategooriatesse kuuluvate õpetajate õpilaste interpreteeriv- põhjusliku vaatlusoskuse võrdlus.**

Tähelepanekute arv Õpetaja Kategooria	Tähelepanekute arvu keskmine eeltestis	Tähelepanekute arvu keskmine järeltestis	Muutus
A	0,22	0,33	+0,11
B	0,11	0,17	+0,06
C	0,25	0,27	+0,02

Tabelist 26 selgub, et õpetajate kompetentsuse kujunemine kajastub kõige kujukamalt A kategooriasse kuuluvate õpetajate õpilaste tulemustes.

Tabel 27. **Õpetaja muutuse mõju õpilaste tähelepanekute struktuurile.**

Tähelepanekute arvu keskmine	Tähelepanekute arv makrotasandil		Tähelepanekute arv selgitustega mikrotasandil		Tähelepanekute arv selgitustega formaalsel tasandil	
Õpetajate kategooria	eeltestis	Järeltestis	Eeltestis	järeltestis	eeltestis	järeltestis
A	5,25	3,07	0,15	0,69	0,40	0,99
B	5,04	3,39	0,08	0,39	0,15	0,48
C	4,17	2,41	0,02	0,50	0,15	0,33

Tabelist 27 selgub, et õpetajakoolituse tulemusena on just A-kategooria õpetajate õpilastel vähenenud makrotasandil tehtud ja suurenenud mikro- ja formaalsel tasemel tehtud tähelepanekute arv, mis viitab keemia mõistmisele ja mõtestamisele kolmel tasandil.

Tabel 28. **Õpetaja muutuse mõju õpilaste probleemi nägemise struktuurile.**

ÕPETAJA KATEGOORIA	UURIMISKÜSIMUSI EELTESTIS	UURIMISKÜSIMUSI JÄRELTESTIS
A	0,57	0,97
B	0,55	0,67
C	0,44	0,48

Õpetajate kompetentsuse kasv on seotud probleemi nägemise oskuse arenguga õpilastel. Hoolimata nõrgemast stardipositsioonist on saavutatud parim tulemus uurimusliku lähenemisviisi ühes tähtsamas protsessuaalses oskuses. C-kategooria õpetajate õpilaste positiivset muutust saab seletada kättejagatud uurimuslike suunaga tööjuhendite ja hindamisjuhendi kasutamisega.

Tabel 29. **Õpetajate mõju õpilaste katse planeerimise struktuurile.**

Õpetaja kategooria	Katsetegevuste loogiline esitamine eeltestis	Katsetegevuste loogiline esitamine järeltestis	Muutus
A	1,22	1,84	+0,62
B	1,40	1,66	+0,22
C	0,72	1,00	+0,28

Statistiliselt osutusid oluliseks vaid A kategooria õpilaste muutused.

Selle tabeli kõige huvitavam tulemus oli muutus protsessuaalses oskuses mitte A-, vaid C-kategooria õpetajate õpilastel. Nad alustasid kõige madalamalt positsioonilt ja ka lõpetamisel jäi nende tase nõrgimaks. Saavutatud muutus toimus mitte õpetajate hoiakute ja õpetamisstiilide teisenemise tõttu, vaid koolitusel jagatud materjalide kasutamise tulemusena. Järelikult ka ainult uurimuslike tööjuhendite kasutamine ning protsessuaalne hindamine aitavad olulisest parandada praegust olukorda koolis.

Tabel 30. **Õpetajate kategooriate eristamine ANOVA regressioonanalüüsi alusel.**

Õpetajate kategooriad	R	R^2	F	Usaldustõenäosus p	T
A ja B vahel	0,96	0,93	329	<0,001	18,15
A ja C vahel	0,93	0,87	173	<0,001	13,20
B ja C vahel	0,95	0,91	254	<0,001	15,97

Tabel 30 lubab järeldada, et erinevatesse kategooriatesse kuuluvate õpetajate poolt õpetatud õpilaste protsessuaalsed oskused on statistiliselt erinevad, sest nii t - statistiku kui F-statistiku väärtused ületavad kriitilise. Analoogilised andmed erinevatesse kategooriatesse kuuluvate õpetajate muutuste osas lubavad väita statistiliselt olulist erinevust nii A ja B, A ja C kui ka B ja C kategooriate õpetajate muutuste vahel (vastavad t-statistiku väärtused 12,21; 9,2 ja 10,63).

Oluline muutus on toimunud ka õpetajate hinnangutes, mille üle otsustati eel- ja järelküsimustiku vastuste alusel. Studenti *t*-testiga leiti statistiliselt oluline erinevus õpetajate vastuses katsete kavandamise sageduse kohta ($p = 0,05$), korrelatsioonanalüüsil tugevad ja statistiliselt olulised seosed õpetajakesksust näitavate komponentide vahel (Spearmani roo väärtus 0,8, kusjuures $p = 0,05$). Regressioonikordaja abil interpreteerides võib väita, et 64% õpetajatest, kes enne koolitust otsustasid tunnis tehtava ise, otsustavad seda ka pärast koolitust. Leiti ka statistiliselt oluline tugev seos (Spearmani roo väärtus 0,86 usaldustõenäosus $p = 0,01$) eksperimendist saadava info ülesmärkimise kohta eel- ja järelküsimustikus. Järelikult ei muutunud koolituse tagajärjel õpetajate arusaamine vajadusest üles märkida katsest saadud info – 74% (regressioonikordaja $R^2 = 0,74$) õpetajatest pidas oma endist käitumisviisi õigeks. Uurijat enam huvitanud korrelatsioonid on toodud tabelis 33.

Tabel 31. **Korrelatsioonanalüüsi tulemusi**.

	Spearmani roo (ς) väärtus	**Usaldustõenäosus p**
Õpilaste suunamine katsete kavandamisele järelküsimustikus (edaspidi J) ja õpilaste enda kavandatud katsete vahel järelküsimustikus.	0,701	0,05
Õpilaste suunamine vaatlustulemuste üleskirjutamisele (J) ja õpilaste enda kavandatud katsete vahel (J).	0,808	0,001
Õpetaja poolt katsetegevuste otsustamise (J) ja õpilaste endi poolt kavandatud katsete tegemise vahel (J).	-0,816	0,001
Õpilaste suunamine tulemuste arutamisele (J) ja õpilaste suunamine hüpoteesi püstitamisele (J) vahel.	0,826	0,001
Õpilaste suunamine katse tulemuste esitamisele graafikuna ja tabelina (E) ja (J).	0,880	0,001
Õpilaste suunamine tulemuste arutamisele (J) ja vaatlusandmete ülesmärkimisele vahel (J).	0,856	0,001

Faktoranalüüsi (lisa 15) rakendamine näitas, et seitsme faktori abil saab kirjeldada 95,7% valimist. Esimese faktori moodustasid nii eel- kui järelküsimustikus õpilaste suunamine katsest saadava info ülesmärkimisele, hüpoteesi püstitamisele, õpilaste poolt katsete kavandamine mõlemas küsimustikus, õpilaste suunamine tulemuste arutamisele järelküsimustikus. Tinglikult võiks seda nimetada õpilaste suunamiseks uurimuslike praktiliste tööde läbiviimisele ja see kirjeldab 19% valimist. Seega on õigustatud õpetajate tööle hinnangu andmine PKO-t kasutades. Teine faktor, mis kirjeldab ~17%, on interaktsioonifaktor. Kolmas faktor on seotud õpilaste suunamisega katse andmete esitamisele tabelite ja graafikutena.

Õpilaste protsessuaalsete oskuste tase sõltub õpetaja professionaalsusest organiseerida uurimusliku suunaga praktilisi töid. Kuna õpetaja PKO sõltub õpetajate interaktsiooni tihedusest, siis sõltuvad ka õpilaste tulemused õpetajate omavahelise interaktsiooni sagedusest.

5.3. Kolmas hüpotees

Uurimusliku suunaga praktiliste tööde läbiviimine arendab õpilaste probleemide nägemise oskust ja katse planeerimise oskust.

Probleemide nägemise oskus

Eeltestis ei osanud probleemi näha 250-st õpilasest 133. Seega nägi ja teadvustas probleemi veidi üle poole (~56%) uuritud õpilaskontingendist, mis läheb vastuollu õppekava nõudmistega, samas aga annab mõtlemisainet lõpueksamite küsimuste koostajatele.

Tabel 32. **Probleemi nägemise oskuse struktuuri muutumise sõltuvus õpetaja kategooriast.**

Õpetaja kate-gooria, õpilaste arv	**Ei esitanud kõrgeima taseme küsimusi**		**Esitas ühe kõrgeima taseme küsimuse**		**Esitas kaks kõrgeima taseme küsimuse**		**Esitas kolm kõrgeima taseme küsimust**	
	Eel-testis	Järel-testis	Eeltestis	Järel-testis	Eel-testis	Järel-testis	Eel-testis	Järel-testis
A (N=76)	39	23	31	36	6	13	0	4
B (N=113)	53	48	45	50	14	14	1	1
C (N=61)	41	40	14	15	6	6	0	0

Tabelist selgub, et PKO saavutanud õpetajate poolt õpetatud õpilased esitasid enam mõtestatud küsimusi. Tõus toimus A-kategooria õpetajate õpilaste arvel.

.X^2 (hii ruudu) väärtuseks saadi 64,06, mis antud vabadusastmete arvu juures ületab kriitilise ja on statistiliselt usaldusväärne ($p<0,001$). See eeldab sisulise hüpoteesi vastuvõtmist selle kohta, et erinevus PKO saavutanud ja mittesaavutanud õpetajate õpilaste probleemi nägemise oskuses on oluline.

Ka probleemi nägemise oskuse ja interpreteerimioskuse vaheline korrelatsiooni oli statistiliselt oluline. See viitab asjaolule, et õpetajad peaksid fokuseerima tähelepanu probleemide nägemise oskuse arendamisele, kuna selle baasil on võimalik kujundada katsetulemuste interpreteerimisoskust.

Katse planeerimise oskus

Katse planeerimise oskus kuulub kõrgema järgu protsessuaalsete oskuste hulka. Antud töös eristati nelja hierarhiliselt erinevat taset, millest kõige kõrgemaks loeti katsetegevuste loogilist esitamist (tabel 35).

Tabel 33. **Katse planeerimise oskuse komponentide muutuse dünaamika.**

Kategooria / **Test**	**Ei oska katset planeerida (P1)**	**Katsetegevuste mõtestamata loetelu (P2)**	**Mittetäielik või vigadega planeerimine (P3)**	**Katsetegevuste loogiline esitamine (P4)**	**Kokku**
Eeltest	90	57	80	23	250
Järeltest	68	66	90	26	250
Muutus	**-22**	+9	+10	+3	0

Tabelist selgub, et õpetajakoolituse tulemusena on vähenenud õpilaste arv, kes ei oska katset planeerida. Hierarhiliselt kõrgemale tasemele on liiknud ligi neljandik õpilastest. See muutus osutus ka statistiliselt oluliseks. Kui palju sõltub õpilaste planeerimisokuse muutumine õpetaja kategooriast, näitab tabel 36.

Tabel 34. **Katse planeerimise oskuse muutumise sõltuvus õpetaja kategooriast.**

Õpetaja kate-gooria	Ei oska katset planeerida (P1)		Katsetegevuste mõtestamata loetelu (P2)		Mittetäielik või vigadega planeerimine (P3)		Katse-tegevuste loogiline esitamine (P4)	
	Eeltestis	Järel-testis	Eeltestis	Järel-testis	Eeltestis	Järel-testis	Eeltestis	Järel-testis
A (N=76)	26	21	21	23	23	24	6	8
B (N=113)	30	21	22	27	48	52	13	14
C (N=61)	34	26	14	16	9	14	4	4

Ilmneb, et kooliekspeiment julgustas õpilasi katset planeerima: neljandiku võrra on vähenenud õpilaste arv, kes peaksid testi ülesande vastuse asemel kirjutama: *üle minu võimete; ei ole õppinud* (10 õpilast). Tabeli andmetest selgub samuti, et õpilased olid hädas katsetegevuste esitamisel. See viitab asjaolule et praktiliste tööde läbiviimisel on katse planeerimisele lähenetud lihtsa uurimuse skeemi järgides s.t. õpetaja juhtimisel on katsetegevused paika pandud või on kasutatud "kokaraamatu retsepti" tüüpi tööjuhendeid. Nimetud fakti võib tõlgendada kui kinnitust õpetajakesksele lähenemisele, mis ei suuna õpilasi mõtestatult tegutsema. Autentne uurimuslik töö loodusteaduste tunnis eeldab katsetegevuste valimist ja loogilist järjestamist õpilase või õpilasgrupi poolt.

Positiivse tendentsina selgub planeerimisoskuse mõtestatuse süvenemine. Seda iseloomustab mõtestamata loeteluna antud vastuste ja mittetäielike vastuste arvu vähenemine ning järeltestis 22 vastuse lisandumises hierarhiliselt kõrgeimasse kategooriasse. Katsetegevuste loogiline esitamine (hierarhiliselt kõrgeim tase) oli seotud tunnis demonstreeritud katseseadme illustreerimisega, kusjuures õpilaste vastuste järgi oli võimalik määratleda, millist seadet oli õpetaja kasutanud demonstratsioonkatsel vesiniku saamiseks. Näiteks assotsieerus õpilastel vesiniku saamine ja kogumine vee elektrolüüsiga patarei abil koostatud vooluahelas, Kippi aparaadiga või MikroKiti komplekti abil tehtud katsega.

t-testiga leiti, et õpilaste katse planeerimisoskus, mõõdetuna eel- ja järeltestiga, on statistiliselt erinevad. Korrelatsioonanalüüsil leiti statistiliselt oluline seos (Spearmani roo väärtus 0,47) õpilaste kõigi planeerimisoskuse komponente mõõtvate üksikküsimuste vahel.

Faktoranalüüsil (lisa 14) leiti, et kogu valimit kirjeldab 9,1% ulatuses faktor, mis koosneb eeltesti ja järeltesti küsimustest, mis mõõdavad katse planeerimise oskust. Seetõttu on põhjendatud ka esimese faktori nimetamine katse loogika faktoriks.. Saadud tulemus annab õiguse planeerimisoskuse rolli tähtsustamiseks ja praktiliste tööde ning uurimusliku õppe protsessuaalse poole sisaldumise ülevaatamist loodusteaduste ainekavades. Samuti saaksid siit juhtnööre loodusteaduste riigieksamite kokkupanijad. Teist faktorit, mis kirjeldab valimit 8,6 % ulatuses, võib nimetada küsimuse faktoriks. Seega probleemi nägemist kontrolliva küsimuse olemasolu testis on igati õigustatud.

Tabel 35. **Faktoranalüüsi tulemused.**

Faktor	**Kirjeldab valimist (%)**	**Ülesanded, mis moodustavad faktori**	**Nimetus**
1	9,1	J ülesanne 5.4, E ülesanne 8, J ülesanne 2.4, E ülesanne 5.4	Katse loogika faktor
2	8,6	J ülesanne 2.3, E ülesanne 2.3	Uurimisküsimuse faktor
3	7,8	J ülesanne 2.1, E ülesanne 6B, E ülesanne 2.1	Tavaküsimuse faktor
4	7,0	E ülesanne 6F, E ülesanne 4, J ülesanne 2.0	Reprodurtseerimise
5	6,7	E ülesanne 3, J ülesanne 7.2, E ülesanne 1.1.	Varia

E –eeltesti ülesanne, J- järeltesti ülesanne

ülesanne 1.1 – vaatlusoskuse madalaimal tasemel tehtud tähelepanek,

ülesanne 6B – 6. ülesande bioloogia valdkonda hõlmav küsimus.

Ülejäänud osa ei sõltu õpetajakoolitusest ja seetõttu on välja toodud vaid 5 faktorit.

5.4. Neljas hüpotees

Uurimusliku suunaga praktiliste tööde läbiviimine suunab õpilaste vaatlusoskuse teoreetiliselt ja meeleliselt tasemelt põhjendav-interpreteeritavale.

Antud hüpoteesiga tõstatub probleem vaatlusoskusest kui madalama ja kõrgema järgu oskuse kompleksist.

Vaatlusoskust mõõdeti õpilaste tehtud tähelepanekute kaudu, mis kategoriseeriti hierarhiliselt. Vaatlusoskuse käsitlemisel loeti madalamateks tasemeteks teoreetiline ja meeleline, kõrgeimaks põhjendav-interpreteeriv (tabelid 13 ja 20)

Järeltestis pakuti oluliselt vähem õpikust ja õpetaja seletustest meelde jäänud otsesest vaatlusest mittetulenevaid tähelepanekuid. Õpilane ei suhtu vaatlusobjekti kui argipäevanähtusse, vaid kui teaduslikku protsessi ja see väljendub ka verbaalse tagasiside sõnade valikus. Emotsioonid väljenduvad peamiselt meelte abil saadud info põhistes tähelepanekutes, näiteks kaaliumpermanganaadi kristallide lahustuvuse kirjeldamisel, kusjuures võrdlusmaterjalina kasutatakse nii igapäevaelust tuttavaid (*iga kristall on nagu praemuna, hakkas kerkima lillat tossu vee sees*), kui ka koolis omandatud teadmisi (*sukeldumistrajektoorist jäi lilla triip, segades oli nagu tornaado*). Õpilased, kes kirjeldasid lahustumist protsessina, märkasid vaatluses ka olulisi detaile ja järelduste tegemisel kasutasid loodusteaduslikke termineid. Näiteks leiti ka segamise ja lahustumise kiiruse vaheline seos.

Meeltega vastuvõetud informatsiooni alusel tehtud tähelepanekute arv ei ole muutunud, mis tähendab, et nende õpilaste arusaam vaatlusest kui tajul põhinevast protsessist on jäänud püsima. Küll aga on vähenenud teadusega vastuolus olevate kommentaaridega seonduvad emotsionaalsete tähelepanekute arv, mida pedagoogikas nimetatakse väärarusaamadeks. Kui eeltestis oli neid 89, siis järeltestis oli see arv vähenenud 62-ni. Kokku liikus vaatlusoskuse hierarhiliselt kõrgemale tasemele 157 õpilast, see muutus osutus statistiliselt usaldusväärseks.

Tabel 36. **Kirjeldav-interpreteerivate tähelepanekute osa sõltuvus õpetaja kategooriast.**

Õpetaja kate-gooria, õpilaste arv	**Ei teinud tähele-panekuid kõrgeimal tasemel**		**Tegi ühe kõrgeima taseme tähelepaneku**		**Tegi kaks kõrgeima taseme tähelepanekut**	
	Eeltestis	Järeltestis	Eeltestis	Järeltestis	Eeltestis	Järeltestis
A (N=76)	61	55	14	17	1	4
B (N=113)	102	94	10	15	1	4
C (N=61)	50	50	10	10	1	1

Tabelist selgub, et vaatlusoskuse mõtestatus on süvenenud ainult A- ja B-kategooria õpetajate poolt õpetatud õpilastel. Muutusi ühe õpilase kohta oli esimeses rühmas 0,08, teises 0,07. Muutus osutus statistiliselt oluliseks.

Uurimusliku praktilise töö tsükli järel on rohkem õpilasi, kes on võimelised tegema põhjuslikke tähelepanekuid ja seostama vaatlusest saadud info varemõpituga.

Kuna uudse aspektina toimus õpilaste hindamine läbi nelja valdkonna, siis see muutis õpilaste arusaama õppimisest. Öeldut kinnitavad muutused vaatlusoskuse tasemete struktuuris.

6. ARUTLUS JA JÄRELDUSED

Yageri (1996) uurimistööd näitasid, et koolitusprotsessi käigus ei arene kõik õpetajad ühtlaselt. Iowa (1996) küsimustiku rakendamisel USA õpetajate hulgas ilmnenud seaduspärasused leidsid kinnitust ka antud uurimustöös- vaid kümnest õpetajast kolm saavutasid oma hinnangul valmisoleku organiseerida uurimusliku suunaga praktilisi töid. Kuna USA-s ei ole uurimuslik lähenemisviis uudne, kinnitab Eesti õpetajate uurimisel leitud tulemus seisukohta, et väga raske on õpetajat muuta. Rannikmäe (2001) tööst selgus**,** et 8-kuulise täiendkoolituse käigus õpetajad küll nõustusid kasutama uusi materjale, kuid seejuures jätkasid õpetamist lähtudes vanast õpetamise paradigmast. See tendents ilmnes ka käesolevas magistritöös, kus kõik õpetajad kasutasid tööjuhendeid, millega töötades õpilastel tuli planeerida katseid, kuid vähesed (vaid kategooria A õpetajad) hindasid õpilaste tegevust. Õpetajate hinnang küll muutus, kuid õpilaste suunamine katse tulemuste ja oma töö hindamisele jäi õpetaja poolt vähem väärtustatuks, seda eeskätt kategooria B ja C õpetajate korral. Kuigi Iisraeli uurijate (Mamlok, 1998) andmeil õpetajakeskus vähenes koolitusprotsessi tulemusena, jäi käesoleva uurimistöö tulemusena õpetajakesksus endiselt kõrgeks (valmisoleku saavutanud õpetajate hinnangutes toimus langus, mis aga ei osutunud statistiliselt oluliseks), s.t. õpetaja usaldab liialt iseennast. Ka Van Driel e.a. (2001) on väitnud, et haridusreformide edukaks elluviimiseks tuleb eelkõige muuta õpetajate uskumusi, hoiakuid ja pedagoogilisi teadmisi.

Koolitusprotsessi tulemuste analüüsi alusel oli võimalik õpetajad kategoriseerida kolme rühma, mis on omavahel hierarhilises sõltuvuses. Refereerides Mamloki (1998), Rannikmäe (2001), Zolleri (1993) ja She & Fisher (2000) töid ilmneb, et kategoriseerimine on efektiivne meetod koolitusprotsessi kirjeldamiseks. Käesolevas töös leitud kolm kategooriat osutusid statistiliselt eristatavateks antud uurimistöö eesmärkide suhtes ja kirjeldasid õpetajate professionaalse kompetentsuse kujunemist. Kategooriate põhitunnustes võib leida sarnasusi Mamloki (1998) ja Rannikmäe (2001) poolt leitud kategooriate kirjeldustega rõhutades kategooriate siseselt õppematerjalide koostamist õpetajate poolt. Kuigi nimetatud autorite töödes uuriti õpetajakoolituse mõju uue õpetamise paradigma aktsepteerimisele õpetajate poolt,

oli ka nendes uuringutes tähtis roll õpetajapoolsete hindamisjuhendite koostamisel ning õpetajate omavahelisel kogemuste vahetamisel.. Käesolevas uurimistöös toodi esile õpetajate poolt uurimusliku suunaga praktilise töö juhendi koostamine kui üks professionaalsuse komponent, mis seostus hindamisjuhendi kohandamise ja katsetamisega. See tõstab esile õppijakeskse lähenemise tähtsuse koolitusprotsessis (õpetaja vajadus teha mõtestatud koduseid töid).

Erinevalt Kahle & Boone´ist (2000) leiti käesolevas töös õpetajate iseloomustamiseks kasutatud kategooriaid õpetaja-õpilane muutuse kaudu. Õpilaste muutus osutus faktoriks kirjeldamaks õpetaja professionaalsuse kujunemist. Ilmnes, et keemiatunnis praktiliste töödega seonduvate protsessuaalsete oskuste õpetamist on võimalik läbi viia lühema ajaga kui konkreetseid kontseptuaalseid teadmisi nõudvat otsuse tegemise oskust.

Mamlok (1998), McCarty ja Pedersen (2002) näitasid, et õpetajad on muutuste suhtes ebakindlad ja püüavad säilitada oma *status quo*d traditsioonilise õpetamise suhtes. Käesolevas töös on selleks õpetajatepoolne muutumatult positiivne hinnang oma õpetajakesksele tegevusele.

Pedagoogika-alases kirjanduses on tihti kritiseeritud praktiliste tööde juhendi struktuuri, seejuures on rõhutatud, et heade tulemuste saavutamiseks on vaja avatud tööjuhendeid, mis stimuleerivad õpilaste vahelist interaktsiooni ja loovust (Tõldsepp, 1999). Antud uurimistöö näitas, et ainult uurimuslike tööjuhendite olemasolust ei piisa, et õpilastel kujuneksid sellised protsessuaalsed oskused nagu uurimisküsimuste sõnastamise, katse planeerimise ja oma vaatluse andmete interpreteerimise oskused.

Küsimuste esitamine on kõrgemat järku tegevus ja selle saavutamiseks on vajalik õpetaja poolne juhendamine. Sarnastele tulemustele jõudsid She ja Fisher (2002), kes leidsid, et oluline on õpetaja roll, mitte ainult tööjuhendi olemasolu .Ka ilmneb sellest, et kui kõrgeima kategooria õpetajad (A) olid saavutanud valmisoleku kõikides valdkondades, siis B ja C kategooria õpetajatel jäi ka pärast koolitust hinnang katse tulemuste analüüsi ja interpreteerimise vajalikkusse madalaks. Korrelatsioonanalüüsil selgus, et statistiliselt oluline seos on õpetaja tegevuste vahel

suunates õpilasi hüpoteesi püstitamisele ja katsetulemuste arutamisele. Faktoranalüüsil selgus, et teist faktorit, mis kirjeldab valimit 8,6 % ulatuses, võib seostada uurimisküsimuste konstrueerimise oskusega, mis Chin (2002**)** arvates on aluseks hüpoteeside sõnastamise oskusele.

Käesoleva töö tulemused näitasid, et katse planeerimise oskus seostub uurimusliku tööjuhendi olemasoluga. Kui tavaliselt kasutatavas suletud tööjuhendis antakse ette katsevahendid, siis kujunevad õpilastel stereotüüpsed harjumused (Hart e.a., 2000). Siit võib järeldada, et uurimuslik tööjuhend ei mõjuta stereotüüpseid harjumusi, Heinmets (2000) ja Vinne (1998) uurimuste alusel on katsevahendite loetelu laboratoorsetes töödes harjumuspärane komponent**.** Seda kirjeldavad ka käesoleva töö tulemused, kus katse planeerimise madalaimal tasemel – katsevahendite valikul – sai hakkama ~40% õpilastest. Katse planeerimise järgmised etapid eeldasid õpilase osalust rühmatöös, mis sisaldab paariskommunikatsiooni (uurimuslikke praktilisi töid tehti kah**e**kaupa). Pedagoogilised uurimistööd on näidanud (Jacobs, 2000), et õpilaste interaktsiooni abil jõutakse paremate valikuteni probleemide lahendamisel ja otsustuste langetamisel. Seega võib põhjendada ka õpetaja professionaalse kompetentsi mittesaavutanud õpetajate õpilaste statistiliselt olulisi saavutusi. Katse planeerimise oskus moodustas olulise osa faktoranalüüsil, kirjeldades valimit 8 % ulatuses. Samuti leiti oluline korrelatsioon probleemi nägemise oskusega.

Pedagoogilise eksperimendi käigus omandasid õpilased oskuse vaadelda ja tähendusrikkalt interpreteerida oma vaatluse tulemusi. Vähenes õpilaste arv, kes loetlesid vaatlusväliseid, nähtusega mitteseotud tunnuseid. Korrelatsioonanalüüsil leiti statistiliselt oluline seos katsetulemuste interpreteerimisoskusega.

Käesoleva uurimustöö tulemustest saab teha järgmised järeldused:

1.Õpetajate valmisolekut uurimuslike praktiliste tööde organiseerimiseks on võimalik saavutada koolituse käigus. Täieliku valmisolek oli kirjeldatav positiivse hinnanguga kõigis uurimisalustes valdkondades ja selle saavutas kolmandik uurimisalusest valimist.

2.Õpetajate professionaalse kompetentsuse kujunemist on võimalik kirjeldada kolme hierarhilise kategooria abil, mis on statistiliselt eristatavad (statistiline indikaator on ANOVA regressioonanalüüs) õpilaste protsessuaalsete oskuste muutuste valdkonnas. Õpetajate omavaheline interaktsioon koolitusprotsessi käigus on oluline tingimus professionaalse kompetentsuse saavutamiseks.

3.Professionaalse kompetentsuse saavutanud õpetajaid iseloomustab oskus koostada uurimusliku suunaga praktilise töö juhendeid ning neile vastavaid protsessuaalsete oskuste hindamise eeskirju.

4. Probleemi nägemise oskuse arendamiseks õpilastel on vajalik nii uurimusliku tööjuhendi olemasolu kui ka professionaalse kompetentsuse saavutanud õpetaja tegevust klassis. Probleemi nägemise oskuse täiuslikkust on võimalik hinnata õpilaste poolt esitatud uurimisküsimuste kaudu.

5.Uurimusliku suunaga praktilised tööd arendavad õpilast**el** katse planeerimise oskust. Katse planeerimise oskust mõjutab peamiselt uurimusliku tööjuhendi olemasolu. 33% õpilastest muutus uurimuslike praktiliste tööde tegemise tulemusena planeerimisoskuse struktuur, sisaldades algtasemega võrreldes rohkem kõrgemat järku mõtlemist nõudvaid komponente.

6.Uurimusliku suunaga praktiliste tööde läbiviimine ja hindamine muudab õpilaste vaatlusoskuse struktuuri vähendades vaatlusväliste tähelepanekute osa ja suurendades vaatlusaluse nähtusega seotud mõtestatud tähelepanekute arvu**.**

7.Protsessuaalste oskuste arenemise protsessi on võimalik kirjeldada 65**%** ulatuses 7 faktoriga, millest olulisemad on katse loogika faktor ja uurimisküsimuse faktor.

Praktilist juurutamist vajavad järgmised soovitused:

1. Kuna eelküsitluses ilmnes , et õpetajad ei olnud valmis organiseerima uurimusliku suunaga praktilisi töid, tuleks korraldada koolitusseminare loodusteaduste õpetajate positiivsete kujundamiseks uurimuslike praktiliste tööde vajalikkusesse.

2. Kuna õpetajate professionaalne kompetentsus kujunes õpetaja – õpetaja interaktsiooni abil, luua koolides tingimused ja soodustada igati loodusteaduste õpetajate vahelisi parima praktika analüüsimise seminare.

3. Kooli õppekava koostamisel planeerida aeg uurimusliku suunaga praktiliste tööde läbiviimiseks kõigis loodusteaduslike õppeainete tundides vähendades seega ajakulu ühes õppeaines.

4. Varustada loodusteaduste õpetajad uurimusliku suunaga praktiliste tööde eeskirjade ning hindamisjuhenditega.

Käesolevas magistritöö tulemuste üldistatavus jääb uurimisvalimi ja nendega sarnaste õpetajate piiresse, kelle algtase ühtib eeltesti tulemustega. Täiendavaid piiranguid tuleb arvestada koolide materiaalse baasi olemasolust tingituna. Uurimistöös osalenud õpilaste arvu põhjal võib laiema kandepinnaga üldistuse teha vaid uurimusliku tööjuhendi ja hindamise vajalikkusele õpilaste protsessuaalsete oskuste kujundamisel.

KOKKUVÕTE

Loodusteaduste õpetamisel on oluline õpilaste kontseptuaalse muutmise kõrval ka protsessuaalsete oskuste kujundamine. Pedagoogilised uurimistööd on näidanud, et efektiivseks vahendiks selle eesmärgi saavutamisel osutub uurimusliku lähenemisviisi rakendamine koolipraktikas. Uurimuslikku lähenemist vastandatakse tihti ainekesksele ja õpetajakesksele lähenemisele, mis hetkel domineerib Ida Euroopa koolides. Muutuste läbiviimine eeldab õpetamise paradigma muutust, millega peab kaasnema ka loodusteaduste õpetajate täiendkoolitus.
Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas muutuvad õpilaste protsessuaalsed oskused uurimusliku suunaga praktiliste tööde sihiparasel kasutamisel keemia tundides ja kuidas kujuneb õpetajate professionaalne kompetentsus organiseerida selliseid töid. Eesmärkide saavutamiseks viidi läbi pedagoogiline eksperiment kus osalesid 10 Tartu linna ja maakonna kooli keemiaõpetajat ja nende poolt õpetatavad 9. klasside õpilased.

Eeltestile vastas 320, järeltestile 281 õpilast. Valimi moodustasid need 250 õpilast kes vastasid mõlema testi küsimustele. Õpetajate kompetentsuse muutust vaadeldi 8 kuud kestnud koolitusprostessis, mille käigus õpetajd koostasid ise õppematerjale ning kasutasid neid koolipraktikas.

Töö tulemused näitasid, et keemia õpetajad ei ole valmis organiseerima uurimusliku suunaga praktilisi töid, endiselt domineerib detailideni ettekirjutatud tööjuhend. Õpetajate PKO kujuneb meeskonnatöö käigus vastastikuse interaktsiooni tulemusena. Eeltesti andmetel on õpilaste vaatlusoskus kirjeldav-emotsionaalse iseloomuga ja õpilased ei oska vaadeldes tähelepanu pöörata muutustele, seega pole õpilaste protsessuaalsete oskuste tase õppekava nõudmistega kooskõlas. Uurimusliku suunaga praktiliste tööde läbiviimine arendab õpilastel probleemi nägemise ja katse planeerimise oskusi.

Antud töö rakenduslik tähtsus seisneb koolitusprotsessi käigus õpetajate poolt koostatud uurimusliku suunaga praktiliste tööde ja nende hindamise eeskirjade koostamises, samuti õpilaste protsessuaalsete oskuste diagnoosimiseks kasutatava testi välja töötamises. Antud valimi piires leitud uurimistulemused moodustavad

aluse edaspidise uurimitöö planeerimiseks ning on rakendatavad loodusteaduste õpetajate täiendkoolituse planeerimisel ja täiustamisel.

SUMMARY

Scientific enquiry is an integral part on science; without it there would be no scientific knowledge, hypotheses or theories. In school science, scientific enquiry improves pupils conceptual changes (Yager, 1996) and enables them to develop their process, enquiry and thinking skills. The enquiry approach in science, is often a strategy used in practical work. However, not all practical work is enquiry with the method being preferred by many teachers, where the focus of assessment is on the result not the process (Gott & Duggan, 2002). The aim of this research is to determine ways of improving professional competence of science teachers in the use of the enquiry method in practical work. The ultimate goal being to improve pupils learning experience. The research presented here explores the impact of an in-service course for Estonian chemistry teachers on their pupils process skills.

327 9th grade Estonian pupils were pre-tested against process skills of: observation; problem solving; identification of problems and planning research. The results showed that perception by senses dominated students observation skills. Less than half (47%) could identify the problem in a prepared situation and 11% of students were able to plan a piece of research without errors. The teachers of these pupils were then given a month in-service course in developing professional skills of organizing enquiry practical work. After the course the teachers were able to re-focus observation from sense-perception to cognitive perception component. When their pupils were post-tested after the teacher's in-service course, significant gains in process skills were highlighted. Their identification of problems by asking authentic research questions was significantly increased. The teachers were clearly able to guide pupils towards planning research by means of testing research problems through experiment. The target group of teachers in this research included dedicated and motivated Estonian chemistry teachers who were eager to improve their professional competencies. The results of the in-service courses were successful enough to improve significantly, pupils' process skills of enquiry. To obtain the increase of pupils process skills in observation; problem identification and research

planning, wide scale teachers development courses should be carried out, to improve teachers professional competences of guiding enquiry learning.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Aikenhead, G**. (1994). Consequences to Learning Science though STS: A Research Perspective. – Solomon, J., Aikenhead, G. (eds) *STS Education – International Perspective on Reform.* New York, Teachers College Press, Columbia University, 169-186.

2. **Aikenhead, G.** (1997). Intergating the Scientific Disciplines in Science Education. A keynote made to Gesellschaft für die Chemie und Physik, Universität Potsdam, 22. September 1997. http://www.usask.ca/educatio/people/aikenhead/berlin1.htm (17.01.03)

3. **Alsop, S.** (2001). Seeing emotional involment in science education: food-chains and webs. – *School Science Review* 83, 63-68.

4. **Ball, D. L. & Cohen, D. K.** (1999). Developing practice, developing practitioners. Darling-Hammond, L. & Sykes, G. (Eds) *Teaching as the learning profession.* Handbook of policy and practice. San Francisco: Jossey-Bass 3-32.

5. **Barnes, M. B. & Foley, K. R.** (1999). Inquiring Into Three Approaches to Hands-on Learning in Elementary and Secondary Science Methods Courses. – *Electronic Journal of Science Education.* 4, 2, 1-13.

6. **Beaumont-Walters, Y.** (2001). An Analysis of High School Students' Performance of Five Integrated Science Process Skills. – *Research in Science & Technological Education*. 19, 2, 133-145.

7. **Brotherton, P. N. & Preece, P. F. W.** (1996). Teaching science process skills – *International Journal Science Education* 18, 1, 65-74.

8. **Buncick, M. C., Betts, P. G., Horgan, D. P.** (2001). Using Demonstrations as a Contextual Road Map: Enhancing Course Continuity in Introductory College sPhysics. – *International Journal of Science Education.* 23, 12, 1237-1255.

9. **Butterworth, G. & Harris, M.** (2002). *Arengupsühholoogia alused.* Tartu Ülikooli Kirjastus, 361.

10. **Bybee, R. W.** (1997). The New Transformation of Science Education. – *Social Perspective and Personal Reflections.* New York, Teacher College Press, Columbia University, 5-18.

11. **Byers, A. & Fitzgerald, M. A.** (2002). Networking for Leadership, Inquiry, and Systemic Thinking: A New Approach to Inquiry-Based Learning. – *Journal of Science Education and Technology,* 11, 1, 81-91.

12. **Chalmers, A.** (1998). *Mis asi see on, mida nimetatakse teaduseks?* Ilmamaa, 504.

13. **Champagne, A.** (1997). Definition and Assessment of the Higher-Order Cognitive Skills. – *Research Matters – to the Science Teacher.* 9003, 1, 1-6. http://www.educ.sfu.ca/narstsit/research/high2.htm (18.03.02)

14. **Chiappetta, E. U.** (1997). Inquiry-Based Science. – *The Science teacher*. October 1997, 22-26.

15. **Chin, C.** (2002). Student-generated Questions: A Meaningful Aspect of Learning in Science. – *International Journal of Science Education.* 24, 5, 521-549.

16. **Chin, C., Kayalvizhi, G.** (2002). Posing Problems for Open Investigation: What Questions Do Pupils Ask? – *Research in Science & Technological Education.* 20, 2, 269-285.

17. **Chinn, C. A., Hmelo-Silver, C. E.** (2002). Authentic Inquiry: Introduction to the Special Section. – *Science Education*. 86, 2, 171-174.

18. **Chinn, C. A., Malhotra, B. A.** (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework of Evaluating Inquiry Tasks. - *Science Education*. 86, 2, 175-184.

19. **Cox-Petersen, A. M.** (2001). Empowering Science Teachers as Researchers and Inquierers. – *Journal of Science Teacher Education.* 12, 2, 107-122.

20. **Deboer, G. E.** (2002). Student-Centered Teaching in a Standards-Based World: Finding a Sensible Balance. – *Science & Education*. 11, 405-417.

21. **Derry, N. & Loughran, J.** (1997). Helping Students Understand Their Own Learning Through the Use of Logbooks in a Science Class. – *Science Education International.* 8, 2.

22. **Desouza, J. M. S. & Czerniak, C. M.** (2003). Study of Science Teachers' Attitudes Toward and Beliefs about Collaborative Reflective Practice. – *Journal of Science Teacher Education* 14, 2, 75-96.

23. **Dewey, J.** (1933). *How we think*. Boston: Heath.

24. **van Driel, J. H., Beijaard, D., Verloop, N.** (2001). Professional Development and Reform in Science Education: The Role of Teachers' Practical Knowledge. – *Journal of Research in Science Teaching.* 38, 2, 137-158.

25. **van Driel, J. H., de Jong, O., Verloop, N.** (2002). The Development of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge. – *Science Teacher Education.* 80, 572-590.

26. **van Driel, J. H.** (2002). The Role of Teacher Knowledge in the Context of Reform in Chemical Education. Konverentsimaterjalid: 16th Symposium on Chemical Education in Dortmund. May, 22-24.

27. **Driver, R., Leach, J., Millar, R. Scott, P.** (1997). *Young People's Images of Science.* Buckingham, Philadelphia, Open University Press.

28. **Dunkhase, J.A.** (2003). The Cuopled-Inquiry Cycle: A Teacher Concerns-based Model for Effective Student Inquiry. *Science Educator.* 12,1, 11-12

29. **Eick, C. J.** (2000). Inquiry, Nature of Science and Evolution: The Need for a More Complex Pedagogical Content Knowledge in Science Teaching. – *Electronic Journal of Science Education.* 4, 3, 24

30. **Elstgees, J., Harlen, W.** (1992). UNESCO Sourcebook for Science in the Primary School. A Workshop Approach to Teacher Education. UNESCO Publishing, 271

31. **ERIC Thesaurus** (2003). http://202.144.125.41/thesaurus/QERC/termrep_0_64.htm.

32. **Fisher, R.** (1995) Teaching Children to Think. Cheltenham, U.K.: Stanley Thornes. 56-124.

33. **Fleming, A.** (1998). What Future for Chemistry to Age 16? – *School Science Review.* 80, 291, 29-33.

34. **Flick, L. B.** (2000). Cognitive Scaffolding that Fosters Scientific Inquiry in Middle Level Science. – *Journal of Science Teacher Education* 11, 2, 109-129.

35. **Frese, B.** (2001). Eine berufsorientirte Ausbildung für Lehramtsstudenten in Fach Anorganische Chemie. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der

Naturwissenschaften. Gießen, 1-148. http://bibd.uni-giessen.de/gdoc/2001/uni/d010087/d010087/d010087./pdf (15.03.02).

36. **Gabel, D.** (1998). The Complexity of Chemistry and Implications for Teaching. – *International Handbook of Science Education.* Frazer, B. J. & Tobin, K. G. (eds). Kluwer Academic Publishers, 233-248.

37. **Gagné, R. M. & Driscoll, M. P.** (1992). *Õppimise olemus ja õpetamine.* Tartu Ülikool, 112.

38. **G**eneral Certificate of Secondary Education. Chemistry (1996).

39. **Gerber, B. L.** (2001). Relationships among Informal Learning Environments, Teaching Procedures and Scientific Reasoning Ability. – *International Journal of Science Education*. 23, 5, 535-549.

40. **Gibson, H. L. & Chase, C.** (2002). Longitudinal Impact of an Inquiry-Based Science Program on Middle School Students' Attitudes Toward Science. – *Science Education*. 88, 5, 693-705.

41. **Glassman, M.** (2001). Dewey and Vygotsky: Society, Experience, and Inquiry in Educational Practice. – *Educational Researcher.* 30, 4, 3-14.

42. **Goodwin, A.** (2001). Wonder in science teaching and learning: an update. – *School Science Review* 83, 69-73.

43. **Gott, R. & Duggan, S.** (2002). Problems with the Assessment of Performance in Practical Science: Which Way Now? – *Cambridge Journal of Education*. 32, 2, 183-201.

44. **Guskey, T. R.** (2000). Evaluating Professional Development. Foreword by Sparks, D. Thousand Oaks, California, Corwin Press, Inc. A Sage Publications Company. 307.

45. **Halim, L. & Meerah, S.M**. (2002). Science Trainee Teachers`Pedagogical Content Knowledge and its Influence on Physics Teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20, 2, 215-225.

46. **Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., Gunstone, R.** (2000). What ist the Purpose of This Experiment? Or can Students Learn Something from Doing Experiments? – *Journal of Research in Science Teaching.* 37, 7, 655-675.

47. **Haury, D.L.** (2002). Fundamental Skills in Science: Observation. ERIC/CSMEE. DIGEST EDO-SE-02-05.

48. **Hayes, P.** (1998). Assessment in the Classroom in ASE Guide to Secondary Science Education. Edited by Ratcliffe, M. The Association for Science Education College Lane, Hatfield, 138-145.

49. **Heinmets, T.** (2000). Physics today 2000 Chemistry today 2000 – *Reaalained ja uus õppekava.* Konverentsi materjalid Tartu 2000, 18-33.

50. **Hofstein, A., Bybee, R. W., Legro, P.** (1997). Linking formal and informal science education through science education standards. *Science Education International,* 8, 3, 13-17

51. **Hofstein, A., Lunetta, V. N.** (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. – *Review of Educational Research.* 52, 2, 201-217.

52. **Hogan, K. & Berkowitz, A. R.** (2000). Teachers as Inquiry Learners. – *Journal of Science Teacher Education* 11, 1, 1-25.

53. **IOWA Assessment Handbook.** (1996). Editors: Liu, C.-T., Liu, J. and Yager, R. E. Science Education Centre. The University of IOWA, 6-14.

54. **Jacobs, G. M.** (2000). Analysing Student-Student Interaction from Cooperative Learning and Systemic Functional Perspectives. – *Electronic Journal of Science Education.* 4, 4. http://www.geocities.com7Athens/Thebis/1650/index.htm (23.03.02)

55. **Janiuk, R.M**. (2000). Science education – needs and possibility of international as well as intersubject collaboration. *Science and technology education in new millenium.* 3RD IOSTE symposium for central and east Euroean countries. PERES Publishers, Prague. 9-14.

56. **Kahle, J. B. & Boone, W.** (2000). Strategies to Improve Student Science Learning: Implications for Science Teacher Education. – *Journal of Science Teacher Educaiton* 11, 2, 93-107.

57. **Kauchak, D. P. & Eggen, P. D.** (1993). Learning and Teaching. Boston, London. Second Edition, Allyn and Bacon, 254-275.

58. **Kavassalis, C.** (2000). The roll of observation in the history and philosophy of science. http://www.softwareimpact.com/cathy/Observation 1.htm (28.07.03).

59. **Kempa, R.** (1986). Cambridge Science Education Series. Series editor Ingle, R. Cambridge, London, New York, Cambridge University Press.

60. **Keys, C. W.** (2000). Investigating the Thinking Process of Eight Grade Writers during the Composition of a Scientific Laboratory Report. – *Journal of Research in Science Teaching.* 37, 7, 676-690.

61. **Kinchin, I. M.** (2002). Why Professional Development Should Challenge Teachers' Core Beliefs. – *School Science Review.* 84, September 2002.

62. **Kraft, S.** (1999). Selbstgesteuertes Lernen. – *Zeitschrift für Pädagogik.* 6, 833-845.

63. **Lawson, A., Clark, B., Cramer-Meldrum, E., Falconer, K. A. Sequist, J. M., Kwon, Y.-J.** (2000). Development of Scientific Reasoning in College Biology: Do Two Levels of General Hypothesis-Testing Skills Exist? – *Journal of Research in Science Teaching* 37, 1, 81-101.

64. **Llewellyn, D.** (2002). *Inquiry Within Implementing Inquiry-Based Science Standards.* Corvin Press, INC. A Sage Publications Company. 1-11.

65. **Loughran, J., Milroy, P., Berry, A., Constone, R. and Mulhall, P**. (2001). Documenting Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Through PaP-eRs. – *Research in Science Education* 31, 4, 289-301.

66. **Lukason, A**. (1997). Keemia loodus- ja reaalainete taustsüsteemis: erinevate riikide õpilaste hinnangute võrdlev analüüs. Magistritöö. Tartu Ülikool.

67. **Lunetta, V. N.** (1997). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. – *International Handbook of Science Education.* Frazer, B. J. & Tobin, K. G. (eds). Kluwer Academic Publishers.

68. **Mamlok, R.** (1998). The effect of a teaching unit "Science as an ever developing entity" on students perception abd attitude towards science learning. Unpublished PhD Thesis. Weizmann Institute of Science, Israel.

69. **Martin-Hansen, L.** (2002). Defining Inquiry. – *The Science Teacher.* February 2002, 34-37.

70. **Martins, I. P., Dias, C. C., Silva, I. P.** (2002). Biology in the Secondary School: From the Students' Views to the School Curriculum. http://www.concord.org/intl/cbl/papers/martins-dias-silva.html (20.03.02).

71. **Matthews, M. R.** (1994). The Role of History and Philosophy of Science. – *Science Teaching*. New York, London, Routledge, 49-81, 137-161, 287.

72. **McCarty, R. & Pedersen, J. E.** (2002). Making the Invisible Visible: The Oklahoma Science Project. – *Science Education International* 13, 3, 16-23.

73. **McGregor, D. & Gunter, B.** (2001). Changing Pedadogy of Secondary Science Teachers: The Impact of A Two-Year Professional Development Programme. – *Teacher Development.* 5, 1, 59-74.

74. **Meade, K. M.** (2002). The effects of inquiry instruction on student learning in technology – based undergraduate chemistry laboratories (doktoritöö). 251.

75. **Millar, R., Osborne, J. and Nott, M.** (1998). Science Education for the Future. – *School Science Review.* 80, 281, 19-23.

76. National Academy of Science (2000). *Inquiry and the National Sceince Education Standards*, National Academy Press, Washington, D.C.

77. **Оржековский, П. А., Богомолова, Н. В., Давыдов, В. Н., Сушина, Т. Е.** (1993). Обучение учащихся решению експериментальных творческих задач. – *Химия в школе.* 5, 67-71.

78. **Osborne, J. & Collins, S.** (2001). Pupils' Views of the Role and Value of the Science Curriculum: a Focus-Group Study. – *International Journal of Science Education.* 23, 5, 441-467.

79. **Ostlund, K.** (2003). What the Research Says about Science Process skills. The University of Texas at Austin. http://unv.edu/homepage/jcannon/ejse/ostlund.html (03.01.03).

80. **Padilla, M.** (1997). The science process skills. http://www.educ.sfu.ca/narstsite/research/skill.htm (05. 10. 2002).

81. **Parsons, E. C.** (2000). Culturalizing Science Instruction: What Is It, What Does It Look Like and Why Do We Need It? – Journal of Science Teacher Education 11, 3, 207-219.

82. **Posnanski, T. J.** (2002). Professional Development Programs for Elementary Science Teachers: An Analysis of Teacher Self-Efficacy Beliefs and Professional Development Model. – *Journal of Science Teacher Education* 13, 2, 189-220.

83. **Rannikmäe, M.** (2001). Operationalisation of Scientific and Technological Literacy in the Teaching of Science. – *Dissertationes pedagogicae scientiarium Universitatis Tartuensis.* Tartu, Tartu University Press.

84. **Rannikmäe, M.** (1996). Keemiamõisted õpilase kognitiivses tegevuses. Magistritöö.

85. **Rollnick, M., Zwane, S. St askun, M., Lotz, S. and Green, G.** (2001). Improving Pre-laboratory Preparation of First Year University Chemistry Students. – *International Journal of Science Education.* 23, 10, 1053-1071.

86. **Rop, C.** (2003). Spontaneous Inquiry Questions in High School Chemistry Classrooms: Perceptions of a Group of Motivated Learners. – *International Journal of Science Education.* 25, 1, 13-33.

87. **Ruus, V.** (1999). Õppekava identiteediprobleemid ja teaduskäsitlus. Tallinna Pedagoogika Ülikool. *Quo vadis, kasvatusteadus? Quo vadis, Educational science?* Toimetanud A. Liimets, TPÜ kirjastus, 179-202.

88. **Sandall, B.** (2001). Best Practice in Science. Illinois Science Teachers Association. www.ista_ie.org/Spectrum/fa_2001/article_sandall.asp (28. 07. 2003).

89. **Scanlon, E., Morris, E., Di Pado, T., Cooper, M.** (2002). Contemporary approaches to learning science: technologically-mediated practical work. – *Studies in Science Education* 38, 73-114.

90. **She, H.-C., Fischer, D.** (2002). Teacher Communication Behavior and its Association with Stundents' Cognitive and Attitudinal Outcomes in Science in Taiwan. – *Journal of Research in Science Teaching.* 39, 1, 63-72.

91. ***S****cience in the New Zeeland Curriculum* (1993). Ministry of Education. Learning Media Wellington, 42-44.

92. **Shimoda, T. A., White, B. Y., Frederiksen, J. R.** (2002). Student Goal Orientation in Learning Inquiry Skills With Modifiable Software Advisors. – *Science Education.* 86, 2, 244-263.

93. **Sjøberg, S.** (2001). Science and Technology: Key Features of Modern Societies. Ettekanne Euroopa Liidu haridusministrite nõupidamisel. Stockholm, 36.

94. **van Zee, E., Lay, D., Roberts, D.** (2003). Fostering collaborative inquiries by prospective and practicing elementary and middle school teachers. – *Science Education* 87, 4, 588-612.

95. **Tausch, J.** (1998). Elemente eines erneuerten Bildungsverständnisses für den Schulunterricht für den (integrierten) Biologieunterricht, 1-15. http://www.tce-bs.de/institute/didaktikbio/Tausch%2098.htm (01.04.2002)

96. **Tenno, T., & Hellat, K.** (2000). Õppekava arendamine avastusõppe kaudu põhikoolis. *Reaalained ja uus õppekava.* Konverentsi materjalid Tartu 2000, 152-153.

97. **Thomas, G.** P. (2002). Collaborating to enhance student reasoning: Frances' account of her reflections while teaching chemical equilibruim. – *International Journal Science Education* 24, 4, 405-423.

98. **Truman Schwarz, A.** (1999). Creating a Context for Chemistry. – *Science and Education.*8, 6, 605-618.

99. **Tõldsepp, A.** (1982). *Keemia õpetamise alused üldhariduskoolis.* Tallinn "Valgus" 248.

100. **Vinne, A.** (1998). Katsed 8. klassi keemiakursuses. Magistritöö. Tartu Ülikool.

101. **Wadsworth, B. J.** (1978). Piaget for the Classroom Teacher. New York and London, Longman.

102. **Wagner-Haselbauer,** M. (1999). Ausbildung zum Volksschullehrer Qualifizierungsanforderung an den Pädagogischen Akademien Österreichs. Frankfurt am Main, Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften.

103. **Wallace, J.D., Nesbit, C. R., Miller, A.-C. S.** (1999). Six Leadership Models of Professional Development in Science and Mathematics – *Journal of Science Teacher Education* 5, 4, 247-268.

104. **Watson, J.R., Goldsworthy, A. and Wood-Robinson, V**. (1998). Getting AKSIS to investigations, *Education on Science*, 20, 1, 177.

105. **Watson, R.** (2000). The Role of Practical Work. – *Good Practice in Science Teaching. What Research has to say.* Edited by Monk, M. & Osborne, J. Buckingham, Philadelphia, Open University Press. 57-71.

106. **Wellington, J.** (2000). Teaching and Learning Secondary Science Contemporary issues and practical approaches. London and New York, Routledge, 88-89.

107. **Wiersma, W**. (1985). Research Methods in Education. Third Edition. Allyn and Bacon, INC. Boston London Sydney Toronto 24-43.

108. **Wieseman, K. C., Moscovici, H.** (2003). Stories from the Field: Challenges of Science Teacher Education Based on Interdisciplinary Approaches. – *Journal of Science Teacher Education* 14, 2, 127-143.

109. **Woolnough, B. & Allsop, T.** (1985). Practical Work in Science. Cambridge Education Series. Series editor Ingle, R. Cambridge, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney, Cambridge Univresity Press. 86.

110. **Wu, H.-K., Krajcik, J. S., Soloway, E.** (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Vizualization Tool in yhe Classroom. – *Journal of Research in Science Teaching*. 38, 7, 821-842.

111. **Yager, R. E.** (1996). Meaning of STS for Science Teachers. – *Yager, E. (Ed.) Science/Technology/Society as Reform in Science Education.* Albany, New York, SUNY Press, 16-24.

112. **Yager, R., Weld, D.** (1999). Scope Sequence and Coordination: The Iowa Project, a National Reform Effort in the USA. – *International Journal of Science Education.* 21 (2), 169-194.

113. **Yeany, R. H., Yap, K. C., Padilla, M. J.** (1986). Analysing Hierarchical Relationships among Modes of Cognitive Reasoning and Integrated Science Process Skills. – *Journal of Research in Science Teaching*. 3, 4, 277-291.

114. **Yernick, R. K.** (2000). Lower Track Science Students. Argumentation and Open Inquiry Instruction. – *Journal of Research in Science Teaching.* 37, 8, 807-838.

115. **Zoller, U**. (1993). Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: unlikely for HOCS. Journal of Chemical Education, 70, 195-197.

116. **Выгодский, Л. С.** (1982). Проблемы общей психологий. – *Собранные сочинение том второй*. Москва, Педагогика. 502.

117. **Шаповаленко, С. Г.** (1963). Методика обучения химии. Москва: Учпедизд.

118. **Чеснокова, О. Б.** (2000). Развитие представлений детей о социальной приченности. – *Вопросы психологий.* 3, 34-48.

LISAD

Lisa 1 Eeltest õpilastele.

Lisa 2 Järeltest õpilastele.

Lisa 3 Küsimustik õpetajatele.

Lisa 4 Tööjuhend “Indikaatori valmistamine ja testimine”.

Lisa 5 Tööjuhend “Tärklise määramine joodi abil”.

Lisa 6 Tööjuhend “Süsinikdioksiidi saamine ja omadused”.

Lisa 7 Tööjuhend “Orgaaniliste ainete happelisus ja aluselisus”.

Lisa 8 Tööjuhend “Joodi lahustuvuse uurimine” A.

Lisa 9 Tööjuhend “Joodi lahustuvuse uurimine” B.

Lisa 10 Praktiliste tööde hindamise juhend.

Lisa 11 Tabel 23 Valmisoleku saavutanud ja mittesaavutanud õpetajate hinnangute võrdlus.

Lisa 12 Õpetajatele jagatud tabel taustinfo saamiseks.III veerandil läbi viidud praktilised tööd.

Lisa 13 Faktoranalüüsi tabel (SPSS-is).

Lisa 14 Pööratud komponentide maatriks (SPSS-is).

Lisa 15 Faktoranalüüsi tabel (SPSS-is).

Lisa 1

TEST ÕPILASTELE A

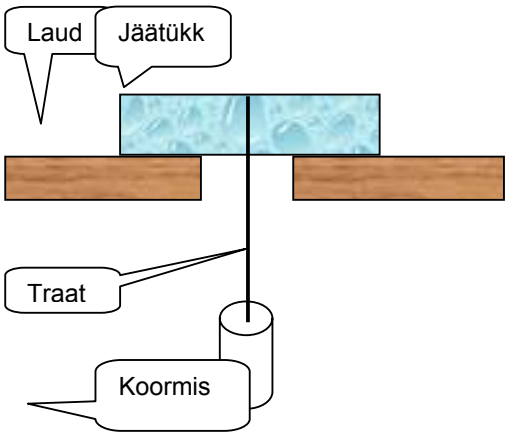
Kool:

Nimi:

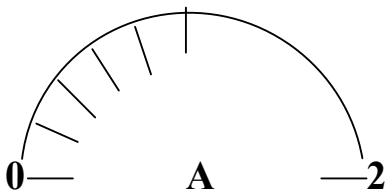
1. Kinnita küünal valget värvi alusele ja süüta see. Pane kirja kõik vaatluse tulemused ja selgita.

Nüüd puhu küünal ära. Kas toimus veel midagi? Lisa ka need tähelepanekud.

2. Saab teha järgmise katse. Kahe laua vahekohta asetada tükk jääd, nagu näidatud joonisel. Ümber jäätüki panna peenikesest traadist silmus. Silmuse otsa riputada koormis. Katse näitab, et teatud aja möödudes lõikub traat läbi jää (koormis kukub maha), kuid jäätükk on terve. Jää võetakse vahetult enne katset külmikust. Esita selle katse kohta kolm küsimust.



3. Ampermeeter näitab voolutugevust 1,4 A. Joonistage mõõteriista skaalale osuti. Punkt, mille ümber osuti pöörleb, on tähistatud ristikesega.



4. Tärklis on taimedes leiduv varusüsivesik. Tärklise olemasolu toiduainetes tõestatakse joodi või kaaliumjodiidi lahusega. Tärklise leidumisel värvub toiduaine joodilahuse lisamisel siniseks. Katses uuriti järgmiste toiduainete tärklisesisaldust: kartul, jahu, sai, keeduvorst. Kõik toiduained värvusid siniseks. Mida järeldad sellest?

5. $CaCO_3$ on nii elus kui eluta looduses laialt levinud ühend. Tõestage happeid kasutades katse abil $CaCO_3$ sisaldust kas eluta või elusa looduse objektis. Kirjeldage katset, mis tõestaks väidet.

6. Kuidas tegutsed, kui
   a) hape on sattunud nahale?

   b) elektriseade on põlema läinud?

   c) sõber palub Sinult nõela, et võtta verd mikroskoobi all uurimiseks?

7. Joonista katseseade vesiniku saamiseks ja kogumiseks.

8. Sul on vaja eraldada vesi õlist ja liivast. Tõmba joon alla katsevahenditele, mida selleks vajad: klaaspulk, magnet, lehter, filterpaber, piirituslamp, jaotuslehter, katseklaas.

Lisa 2

TEST ÕPILASTELE A

Kool:

Nimi:

1. Täida pool 150-milliliitrilisest keeduklaasist veega. Lisa mõned kaaliumpermanganaadi kristallid. Pane kirja kõik vaatluse tulemused ja selgita.

   Nüüd sega plastmasslusikaga keeduklaasi sisu. Kas toimus veel midagi? Lisa ka need tähelepanekud.

2. 1654. aastal demonstreeris Magdeburgi linnapea turuplatsil üht katset. Kaks vasest poolkera ühendati omavahel rõngakujulise vahetükiga. Ühe poolkera küljes asuva kraani kaudu pumbati õhk kerast välja. Seejärel rakendati kummagi poolkera külge kaheksa hobust, et nad vastassuunas tõmmates lahutaksid poolkerad. Kuueteistkümnel hobusel see ei õnnestunud. Esita selle katse kohta kolm küsimust.

3. Maret ja Tiiu valmistasid pärmitainast. Nad segasid jahu, piima, suhkru ja lõpuks pärmi. Maret pani taigna kerkima suurde kaussi sooja vee sisse. Tiiu tahtis enne Maretit valmis saada ja pani taigna nõu kuumale pliidile kerkima. Tunni aja pärast vaatama minnes oli Mareti tainas kenasti kerkinud, Tiiu kerkimata segu aga kuivanud nõu seintele. Anna hinnang tüdrukute tegevusele ja põhjenda. Kuidas saaks Tiiu viga parandada?

4. Reaktsiooni kiirus sõltub temperatuurist. Tõesta seda erinevatel temperatuuridel katsetades. Kirjelda katset, mis tõestaks väidet.

5. Joonista katseseade vesiniku saamiseks ja kogumiseks.

6. Paekivi põhiliseks koostisosaks on kaltsiumkarbonaat. Katses uuriti paekivist hoonete ja müüride lagunemist nii happevihmade kui neil kasvavate samblike ja sammalde tõttu. Paekivi lagunes mõlemal juhul. Mida järeldad sellest?

KÜSIMUSTIK ÕPETAJATELE Lisa 3

ESIMENE OSA: ÕPITEGEVUS FÜÜSIKA, KEEMIA JA BIOLOOGIA TUNDIDES

Hindamisskaala 1.-32. küsimuse jaoks:
5 = väga sageli
4 = sageli
3 = mõnikord
2 = harva
1 = mitte kunagi

KUI SAGELI TEEVAD TEIE ÕPILASED JÄRGNEVAT?

1. töötavad pinginaabriga või teevad rühmatööd
2. töötavad individuaalselt
3. kavandavad ise oma tegevusi ja katseid
4. viivad läbi enda kavandatud katseid
5. kontrollivad hüpoteesi paikapidavust õpitegevuse või katse abil
6. tehes praktilisi töid ja katseid kontrollivad erinevate faktorite mõju
7. esitavad küsimusi ja otsivad vastuseid oma küsimustele
8. teevad oletusi enne katse alustamist selle kohta, mis võiks juhtuda
9. koostavad õpitegevuse või katse tulemuste alusel andmetabeli
10. viivad tunnis läbi vaatlusi
11. panevad kirja katsetest saadud vaatlustulemused
12. kasutavad eraldi praktiliste tööde vihikut
13. panevad enda jaoks kirja katsetulemused
14. koostavad katse tulemuste põhjal graafikuid
15. arutlevad katse tulemuste üle
16. planeerivad ise katsed
17. kordavad katset, et kontrollida tulemuse paikapidavust
18. loevad loodusteaduste alaseid raamatuid
19. arutlevad loodusteaduste alaste teaduslike tööde üle
20. arutavad ajakirjades ilmunud teaduslike artiklite üle
21. käivad kooli- ja linna raamatukogudes, et leida loodusteaduslikku infot
22. vaatavad loodusteaduste alaseid filme ja arutlevad nende üle
23. kohtuvad koolis külalistega, kes räägivad loodusteadustest
24. teevad õppekäike kooli ümbrusse, et seostada klassis õpitu loodusega
25. osalevad välilaagretes samal eesmärgil
26. jälgivad, kuidas õpetaja teeb klassi ees katseid
27. kui katse ei tule välja nii nagu planeeritud, arutlevad ebaõnnestumise põhjuste üle

KES OTSUSTAB, MIDA TEHAKSE

28. õpetaja otsustab, mida tehakse tundides
29. õpilased ise otsustavad selle üle
30. õpetaja otsustab, milliseid õpitegevusi tunnis kasutatakse ja milliseid katseid tehakse
31. õpilased ise otsustavad selle üle

TAIMNE INDIKAATOR Lisa 4

Katseseadmed	Katses vajaminevad ained
Reaktsiooniplaat	6-9 sinist või lillat õit, näiteks tsilla õied
Piirituslamp	Tükike sidrunit
Klaaspulk	
Pintsett	

1. Pane kambritesse F1, F2 ja F3 igasse 2 – 3 siniliilia õit.
2. Soojenda piirituslambil 5 ml vett keemiseni.
3. Vala kuum vesi õitele eelpoolnimetatud kambrites.
4. Sega klaaspulgaga ja oota, millal lahus värvub. Seejärel võta pintsettidega õied lahusest välja. Sinu indikaator on valmis.
5. Indikaatori testimiseks vajad erinevaid keskkondi (happelist, aluselist ja neutraalset) tekitavaid aineid. Alusta sidrunist. Selleks pigista natuke sidrunimahla kambrisse F1. Mida märkad? Millise järelduse teed? Täida tabel!

Aine või selle vesilahus	Indikaatori värvus	Keskkond, mida näitas indikaator	Kas see vastab tõele jah/ei
Sidrunimahl			

6. Kasuta erinevaid aineid, et määrata kindlaks indikaatori toimepiirkond.Tabeli andmete põhjal anna hinnang siniliilia õitest valmistatud indikaatori töövõimele.
7. Püstita võimalikult palju hüpoteese, mida saaksid kontrollida.

8. Millised minu poolt eelnevalt püstitatud hüpoteesidest aitavad kinnitada alljärgnevat:

minu valmistatud indikaatori lahus oli ……. värvi. Happelises keskkonnas muutus/ jäi lahus ……, neutraalses muutus/jäi …….ja aluselises keskkonnas muutus /jäi ……

Indikaatori abil määrasin ……. katses keskkonna õigesti ……..juhul. Sellest järeldan, et

9. Kus oled pannud tähele taimsete indikaatorite rakendamist igapäevases elus?

TÄRKLISE MÄÄRAMINE JOODI ABIL Lisa 5

Katsevahendid	*Kemikaalid ja uuritavad ained*
3 pipetti	Tärklise lahus
Reaktsiooniplaat	Joodi lahus
	Toiduainete tükikesed

1. Pane reaktsiooniplaat valgele paberilehele.

2. Pane pipeti abil 10 tilka kraanivett kambrisse F1.

3. Pane teise pipeti abil kõrvalkambrisse F2 samapalju tärklise lahust.

4. Võrdle neid kaht lahust. Leia sarnasusi ja erinevusi:

Sarnasused	*Erinevused*
1.	
2.	

5. Puhta pipeti abil lisa 1 tilk joodi lahust <u>mõlemasse</u> kambrisse.

6. Mida märkad kambris F1?

……..

7. Mida märkad kambris F2?

……..

8. Millise järelduse teed joodi reageerimisest

a) kraaniveega……..

…….

.

b) tärklist sisaldava lahusega ……. …….

……

9. Püstita hüpotees, mida kontrollid katse abil kasutades Sinu laual olevaid toiduaineid.

Toiduaine		

10. Mida saad veel sellest katsest järeldada?

11. Pese kasutatud laborinõud ja korista töökoht!

Lisa 6

SÜSINIKDIOKSIIDI SAAMINE JA OMADUSED

Katsevahendid	*Kemikaalid*
Süstal	Tahke $CaCO_3$
1 plastmasslabidake	HCl lahus
Reaktsiooniplaat	Lubjavesi
Kork, millel on toruliides ja ventilatsiooniava	

1. Pane kambrisse F1 2 mikrolabidatäit $CaCO_3$.
2. Sulge see kamber korgiga, milles on 2 <u>väljapoole</u> ulatuvat osa (toruliidest).
3. Täida kõrvalasuv kamber pipeti abil ¾ ulatuses lubjaveega.
4. Sule kamber korgiga, milles on sisse- ja väljapoole ulatuv toruliides ja ventilatsiooniava.
5. Ühenda kahe kambri korkide toruliidesed omavahel silikoontoruga.
6. Võta süstlasse 0,5 ml HCl lahust.
7. Pane süstal $CaCO_3$ sisaldava kambri korgis olevasse avasse.

8. Lisa $CaCO_3$ pulbrile tilkhaaval hapet.
9. Kirjelda, mis juhtus. Miks suleti kamber korgiga? Kas $CaCO_3$ asemel võiks olla kambris vesi? .....

.....

…….

…….

10. Võrdle reaktsiooni lähteaineid ja saadusi.

.....

.....

.

11. Kirjuta reaktsioonivõrrand! .....

12. Pese kasutatud nõud!

Lisa 7

ORGAANILISTE AINETE HAPPELISUS JA ALUSELISUS

Katsevahendid	*Kemikaalid*
6 pipetti	NaOH lahus Etanool C_2H_5OH
Universaalindikaatori ribad ja skaala	Happed HCl, CH_3COOH
Reaktsiooniplaat	Sahharoosi (suhkru) $C_{12}H_{22}O_{11}$ ja naatriumkloriidi (keedusoola) NaCl vesilahused

1. Pane kambrisse F1 pipetiga 7 tilka vesinikkloriidhappe (soolhappe) vesilahust.

2. Pane kõrvalkambrisse pipetiga 7 tilka etaanhappe (äädikhappe) vesilahust.

3. Võrdle nende kahe lahuse füüsikalisi omadusi. Need sarnanevad ……. ja erinevad ……. poolest.

4. Määra universaalindikaatori abil lahuste pH-d

.....
.

5. Põhjenda tulemust. .....……

6. Määra analoogiliselt sahharoosi (suhkru) $C_{12}H_{22}O_{11}$ ja naatriunkloriidi (keedusoola) NaCl lahuste keskkond.

.....

7. Püstita hüpotees sarnast aatomite rühmitust (OH) sisaldava C_2H_5OH etanooli (viinapiirituse) ja naatriumhüdroksiidi (seebikivi) NaOH vesilahuste pH kohta.

……

8. Planeeri katse hüpoteesi paikapidavuse kontrollimiseks.

Katsevahendid	Reaktiivid

Katse kirjeldus

.....

.....

…….

…….

Katse tulemus

…….

Lisa 8

JOODI LAHUSTUVUSE UURIMINE A

Joodi üks omadustest on antibakteriaalsus, tänu millele leiabki see kasutust meditsiinis. **Miks müüakse joodi aga tinktuurina, st 5-protsendilise piirituslahusena**?

Püstita hüpotees ja vii läbi katse selle tõestamiseks!

Katsevahendid	Reaktiivid
Reaktsiooniplaat	Tahke jood
2 pipetti	Vesi
Mikrolabidas	Etanool

Hüpotees

Katse kirjeldus

Katse tulemused

Järeldus: joodi müüakse tinktuurina, sest

JOODI LAHUSTUVUSE UURIMINE B

Lisa 9

Joodi üks omadustest on antibakteriaalsus, tänu millele leiabki see kasutust meditsiinis. **Miks müüakse joodi aga tinktuurina, st 5-protsendilise piirituslahusena**?

Püstita hüpotees ja vii läbi katse selle tõestamiseks!

Hüpotees

Katsevahendid	Reaktiivid

Katse kirjeldus

Katse tulemused

Järeldus: joodi müüakse tinktuurina, sest

Lisa 10

PRAKTILISTE TÖÖDE HINDAMISE JUHEND

1. Katse planeerimisel hinnatakse järgnevat:

a) katsetegevuste loetelu ilma põhjenduseta (2 punkti),
b) katsetegevuste ja katsevahendite valiku põhjendus (4 punkti),
c) selgitus, miks viis katse läbi valitud vahenditega (6 punkti).

2. Andmete kogumisel ja nende kirjapanekul hinnatakse

a) protokollis on olemas mõned katseandmed või märkused (2 punkti),
b) protokollis on mitmeid süstematiseerimata andmeid (4 punkti),
c) katseandmed on esitatud süstematiseeritult, tabeli või graafikuna (6 punkti).

3. Katsetulemuste analüüsi osas hinnatakse järgnevat

a) õpilane esitab väiteid neid põhjendamata, analüüs jääb kirjelduse tasemele (2 punkti),
b) õpilane põhjendab oma väiteid, kasutades teaduslikku terminoloogiat (4 punkti),
c) õpilane põhjendab oma väiteid ja teeb järelduse (6 punkti).

4. Hinnang tehtud katsele

a) õpilane annab katsele hinnangu vormis: kas hüpotees pidas paika (2 punkti),
b) õpilane hindab läbiviidud katse kvaliteeti ja põhjendab ebaõnnestumist (4 punkti),
c) õpilane analüüsib kriitiliselt tehtut ja pakub välja uusi lahendusi (6 punkti).

Tabel 23. **Valmisoleku saavutanud ja mittesaavutanud õpetajate hinnangute võrdlus.**

Valmisolek	**Valmisoleku saavutanud õpetaja hinnang**		**Valmisolekut mittesaavutanud õpetaja hinnang**	
Valdkond	Eel-küsimustikus	Järel-küsimustikus	Eel-küsimustikus	Järel-küsimustikus
Õpilaskesksus praktiliste tööde käigus	2,4	3,1	2,7	2,9
Õpetajakesksus praktiliste tööde käigus	4,2	4,0	4,8	4,8
Õpilaste suunamine vaatlema	3,4	4,2	3,2	3,3
Õpilaste suunamine hüpoteesi kontrollimiseks vajaliku katse planeerimisele	2,2	3,0	2,4	2,2
Õpilaste suunamine katse tulemuste analüüsile ja interpreteerimisele	3,5	3,6	3,2	3,1
Soov kasutada töö-juhendeid ka tulevikus (intervjuude põhjal)	3,2	3,7	3,6	4,2

Lisa 12

III veerandil läbi viidud praktilised tööd

Kool:

Aine:

Kasutatud **juhendi tüüp** palume märkida järgnevalt

K – valmis MIKRO KITi tööjuhend,

T – õpetaja koostatud väga täpne tööjuhend tegevuste, katseseadmete ja reaktiivikoguste äranäitamisega,

U – uurimusliku töö juhend

Praktilise töö teema	Praktilise töö lühike kirjeldus	Juhendi tüüp	Oskused, mida arendati	Kas hinnati; kui jah, siis mida

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3,163	11,295	11,295	3,163	11,295	11,295	2,231	7,967	7,967
2	1,952	6,971	18,266	1,952	6,971	18,266	1,776	6,342	14,309
3	1,747	6,239	24,506	1,747	6,239	24,506	1,745	6,232	20,542
4	1,636	5,842	30,348	1,636	5,842	30,348	1,724	6,156	26,698
5	1,523	5,441	35,789	1,523	5,441	35,789	1,526	5,449	32,147
6	1,447	5,168	40,957	1,447	5,168	40,957	1,457	5,205	37,352
7	1,300	4,642	45,598	1,300	4,642	45,598	1,441	5,145	42,497
8	1,256	4,487	50,085	1,256	4,487	50,085	1,423	5,081	47,578
9	1,206	4,306	54,392	1,206	4,306	54,392	1,400	4,999	52,576
10	1,175	4,195	58,587	1,175	4,195	58,587	1,396	4,987	57,564
11	1,065	3,805	62,392	1,065	3,805	62,392	1,352	4,829	62,392
12	,977	3,489	65,881						
13	,902	3,223	69,104						
14	,875	3,123	72,227						
15	,841	3,004	75,231						
16	,791	2,826	78,058						
17	,722	2,580	80,637						
18	,674	2,406	83,043						
19	,663	2,369	85,412						
20	,630	2,250	87,662						
21	,583	2,081	89,743						
22	,538	1,922	91,665						
23	,529	1,888	93,554						
24	,472	1,687	95,241						
25	,446	1,594	96,835						

26	,388	1,386	98,221						
27	,321	1,148	99,369						
28	,177	,631	100,000						
Extraction Method: Principal Component Analysis.									

Rotated Component Matrix(a)

	Component										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
ÜLES7	,779	,023	-,021	,079	,104	-,013	,055	-,122	-,024	,085	,190
KYS5	,700	-,021	,110	-,021	,004	,196	,025	-,036	,155	,169	-,084
ÜLES8	,661	,063	-,103	,084	-,168	,017	-,128	,171	-,157	-,087	-,230
YLES5	,569	,123	,072	,116	,304	-,085	,228	-,013	,023	-,148	,251
KYS6	,381	,082	,032	,049	,225	,312	-,051	,292	,292	-,046	,002
YLES21	,025	-,833	-,102	-,013	-,012	-,023	,013	,381	,010	-,014	,011
YLES22	,153	,820	,196	,000	-,050	,026	-,024	,179	,016	,040	,107
KYS21	,075	-,135	-,804	,034	-,074	,070	-,029	-,038	,129	,047	,219
KYS22	,152	,260	,697	,092	,094	,035	,078	,222	,155	,055	,176
Yles6Keem	,148	-,276	,415	,102	-,071	,009	-,333	-,322	,083	-,095	,406
YLES4	,109	-,129	,036	,707	-,088	,081	-,066	,097	-,021	,062	-,116
Yles6Biol	,058	,102	-,077	,647	,050	,210	,069	-,036	,010	-,049	-,045
Yles6Fyys	-,004	,110	,161	,560	,389	-,237	-,017	-,209	-,069	,004	,087
ÜLES13	,038	,089	-,009	,086	,785	,192	-,072	,126	-,110	,002	,116
KY13	,084	-,162	,130	-,064	,619	-,159	-,002	-,034	,131	,060	-,202
YLES3	,056	,032	-,062	,159	-,122	,676	,117	-,118	-,120	-,092	,091
KYS7	,060	,005	,027	,051	,099	,675	,039	,106	,233	,087	-,043
ÜLES12	,058	-,188	,137	-,091	-,179	,144	,746	-,091	,067	,022	-,034
KY12	,068	,269	-,154	,212	,105	-,018	,552	-,010	-,043	,094	,195
ÜLES11	,060	,099	-,317	,142	-,164	-,274	-,409	,019	,373	-,262	,148
YLES20	,004	,099	-,163	,017	-,058	-,003	,084	-,807	,068	-,099	-,065
KYS3PAR	,014	-,011	-,075	-,154	,102	,091	-,112	-,203	,697	,075	-,121
KYS3HIN	,040	-,031	,242	,088	-,165	,150	,276	,174	,515	-,002	,224
KY11	-,036	,038	-,228	,206	-,112	-,282	,169	,299	,385	-,318	-,183
ÜLES14	,024	,068	-,071	-,134	,063	-,024	,010	,024	,031	,787	-,043
KY14	,051	-,020	,057	,372	-,039	,047	,126	,081	-,036	,592	,161
KYS4	,325	,011	,094	,283	-,088	-,122	,210	,174	,243	,345	-,012
KYS20	-,010	-,110	,079	,133	,022	-,031	-,068	-,074	,044	-,066	-,811

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a Rotation converged in 12 iterations.