MATEMATIIKAN SAAVUTUSTEN SALKKU MATEMATIIKAN OPPIMISEN TUKENA

Satu Ryynänen

Jyväskylän yliopisto
Chydenius-Instituutti
Luokanopettajien aikuiskoulutus
Kasvatustieteen pro gradu –tutkielma
Syksy 2002

Tiivistelmä

Ryynänen, S. 2002. Matematiikan saavutusten salkku matematiikan oppimisen tukena. Tapaustutkimus 2–luokkalaisten ja opettajan kokemuksista käytettäessä oppimateriaalia. Jyväskylän yliopisto. Chydenius-Instituutti. Luokanopettajien aikuiskoulutus. Kasvatustieteen pro gradu –tutkielma.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää millä tavalla Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaali tukee alkuopetusikäisen oppilaan oppimista matematiikassa. Tutkimuksessa määriteltiin kuinka salkun osa-alueet ymmärtäminen, menetelmät ja selittäminen auttavat oppilasta oppimaan matematiikkaa. Samalla selvitettiin luokanopettajan kokemuksia oppimateriaalin käytöstä, millä tavalla opettajan mielestä materiaali tukee oppilaan oppimista matematiikassa. Teoriataustassa käsiteltiin alkuopetusikäisen oppilaan kognitiivista kehitystä sekä matemaattisen ajattelun kehittymistä. Aihepiiriä laajennettiin tarkastelemalla konstruktivistista oppimiskäsitystä ja sen vaikutusta alkuopetusikäisen oppilaan matematiikan oppimiseen. Erityisesti kiinnitettiin huomiota oppijalähtöiseen oppimiseen perehtymällä matematiikan ongelmanratkaisutehtävien pääperiaatteisiin, jotka ovat salkkuopetusmateriaalin yhtenä peruspilarina. Uuden perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden 2002 matematiikan oppimistavoitteet konkretisoivat teorian osoittamat oppimisen lähtökohdat. Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalia tarkasteltiin autenttisen arvioinnin näkökulmasta, arviointia oppimisen aikana, minkä vuoksi oli tarpeellista kartoittaa oppimisen arviointiin liittyviä käsitteitä. Perinteisiä arviointimenetelmiä, kokeita ja testejä sekä autenttisen arvioinnin menetelmiä, prosessiarviointia ja portfolioarviointia määriteltiin käyttämällä hyväksi sekä kotimaassa että ulkomailla julkaistuja lähteitä.

Tutkimus oli kvalitatiivinen, ja siinä tutkittiin tapaustutkimuksena oppimateriaalia käyttäneet neljä 2–luokkalaista oppilasta ja yksi luokanopettaja. Tutkimus tarkasteltiin oppimateriaalia autenttisesti havainnoimalla oppilaita ja opettajaa opetustilanteessa, haastattelemalla oppilaita opetustuokion jälkeen sekä tämän lisäksi haastattelemalla opettajaa vielä erikseen. Haastatteluaineisto litteroitiin ja teemoittamalla nousseet käsitykset jaettiin niitä vastaaviin teemoihin. Käyttämällä systemaattista oppimateriaalin analyysia aineistosta nousi merkittäviä matematiikan oppimiseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimus osoitti, että käyttämällä eri aistikanavia, kuten puhetta, piirtämistä ja taulukointia sekä kirjoittamalla laskutoimituksia voidaan tukea oppilaan matemaattista osaamista. Oppiminen ja arviointi tulevat näkyväksi, jolloin voidaan asettaa oppilaalle uusia tavoitteita.

Tutkimus antaa ajankohtaista tietoa jo jonkin aikaa vallalla olevan oppimiskäsityksen toteutumisesta käytännön opetustilanteessa. Samalla saadaan arvokasta tietoa arvioinnin monista vaihtoehdoista ja niiden vaikutuksista oppimiseen.

Hakusanat: alkuopetus, arviointi, autenttinen, matematiikan opetus, portfolio

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 5

2 ALKUOPETUSIKÄINEN OPPILAS 7

2.1 Alkuopetusikäisen oppilaan tavoitteet 7

2.2 Kognitiivinen kehitys 8

2.3 Matemaattisen ajattelun kehittyminen 9

3 OPPIMISKÄSITYKSIÄ MATEMATIIKAN OPPIMISESSA 11

3.1 Behaviorismi 11

3.2 Konstruktivismi 12

4 MATEMATIIKAN OPETUS 15

4.1 Alkuopetuksen matematiikka 15

4.2 Opetusmenetelmien uudet tuulet konstruktivismin taustalla 17

4.2.1 Ongelmanratkaisumenetelmä 18

4.2.2 Portfolion monet mahdollisuudet 23

4.3 Oppilaiden asenne matematiikkaan 26

5 ARVIOINNIN MAHDOLLISUUDET 29

5.1 Oppilasarviointi ja sen tehtävä 29

5.2 Perinteiset arviointimenetelmät 31

5.3 Autenttinen arviointi 35

5.3.1 Itsearviointi 37

5.3.2 Prosessiarviointi 38

5.3.3 Portfolioarviointi 39

5.3.4 Autenttisen arvioinnin pätevyys ja luotettavuus 40

6 MATEMATIIKAN SAAVUTUSTEN SALKKU 43

7 TUTKIMUSONGELMAT 48

8 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN 49

8.1 Metodologiset lähtökohdat 49

8.1.1 Systemaattinen oppimateriaalin analyysi 52

8.1.2 Etnografinen lapsitutkimus 53
8.2 Aineiston keruu 56
8.3 Aineiston käsittely 58

9 MATEMATIIKAN SAAVUTUSTEN SALKUN TYÖSKENTELYMENETELMÄN ANALYYSI JA TULKINTA 60
9.1 Opettajan ja oppilaan roolit työskentelyssä 62
9.2 Oppilaan työskentelyn arviointia 66
9.3 Miten työskentelymenetelmä tukee matematiikan oppimisprosessissa? 72
9.4 Matematiikan saavutusten salkun virittämiä työskentelymuotoja 78
9.4.1 Uusia mahdollisuuksia 78
9.4.2 Jatkotyöskentely materiaalin puitteissa 80

10 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN TARKASTELUA 85

11 POHDINTA 87

LÄHTEET 92

LIITTEET 98

1 JOHDANTO

Alkuopetusikäinen oppilas tulee kouluun intoa täynnä oppiakseen monenlaisia sisältöjä elämäänsä varten. Tiedon suuressa valtameressä kysymykseksi herää, oppiiko oppilas todella opetettuja käsitteitä. Arviointia on ryhdytty toteuttamaan mitä moninaisimmin menetelmin, kun on ryhdytty kiinnittämään huomiota sen suhteellisesta vastaavuudesta oppilaan todelliseen osaamiseen. Erityisesti on kiinnitetty huomiota siihen osoittaako käytetty arviointiväline oppilaan todellista osaamista vai jäävätkö oppilaan kyvyt ja taidot arviointimenetelmien varjoon. Perinteiseen tyyliin on usein kuulunut mitata oppilaiden osaamista kokeilla, jossa käytetään lyhyitä vastauksia, rasti-ruutuun- ja esseetyyppisiä vastauksia erilaisten projektien ohella. Tästä syystä mielenkiintoiseksi teemaksi nousee kysymys siitä, millä muilla keinoin oppilaan osaamista voidaan mitata. Erityisen mielenkiintoista on selvittää, mitkä ovat oppilaalle optimaaliset olosuhteet oppimisen edistämiseksi. Arviointia on kehitelty yhä autenttisempaan suuntaan, jossa oppilaan osaamista on voitu mitata jo oppimisprosessin aikana. Juuri oppimisprosessin aikana oppilas tuottaa omaa osaamistaan erillisten testijärjestelyjen sijaan.

Oppilaat ovat opiskelleet matematiikkaa jo vuosia varsin kirjasidonnaisesti. Tavallisesti oppilaat ovat noudattaneet opettajan ja kirjan antamia ohjeita ja tehneet kirjan tehtäviä hiljaisesti sen mukaisesti. Erityisesti alkuopetusikäisen, joka käsittää monia asioita hyvin konkreettisesti, tulisi saada mahdollisimman monipuolista opetusta käyttäen luonnollisesti eri aistikanavia, kuten konkreettisia materiaaleja ja mahdollisuutta ilmaista ääneen omaa ajattelua oppiakseen matematiikkaa ja kehittääkseen omaa ajatteluaan.

Tästä syystä on tarpeellista tutkia, millä muilla tavoin voidaan tukea alkuopetusikäisen oppilaan matematiikan oppimista kuin ainoastaan perinteisillä kirjatehtävillä, joissa on usein yksi ainoa oikea vastaus. Tässä tutkimuksessa Matematiikan saavutusten salkku -oppimateriaalin ongelmaratkaisutehtävillä voidaan kartoittaa alkuopetusikäisen oppilaan matematiikan oppimiseen liittyviä tekijöitä. Selvitetään seikkoja, jotka vaikuttavat oppilaan oppimiseen ja sitä kautta matematiikan oppimi-

sessa positiivisiin oppimiskokemuksiin. Tutkimuksen avulla saadaan arvokasta tietoa, millä muilla tavoin, kirjan lisäksi, voidaan opettaa matematiikkaa ja näin kehittää oppilaan matemaattista ajattelua ja ongelmaratkaisutaitoa.

2 ALKUOPETUSIKÄINEN OPPILAS

Vuosiluokat 1-2, jolloin alkuopetusta annetaan, ovat tärkeä vaihe oppilaan elämässä. Varhaiskasvatuksen piiristä siirryttyään oppivelvolliseksi, oppilas kehittää alkuopetuksen luokilla valmiuksia myöhempää työskentelyä ja oppimista varten. Oppilas kehittää itsessään luku- ja kirjoitustaitoa, laskutaitoa, oppimis- ja työskentelytaitoja sekä yhteisöllisyyteen kasvamisen ja sosiaalisia taitoja. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2002, 6.) Käytännössä alkuopetuksen oppilas oppii taitoja, joita hän ehdottomasti tarvitsee sitä seuraavilla luokilla ja yleensäkin elämässään. Näin ollen alkuopetus muodostaa pohjan oppilaan oppimiselle.

2.1 Alkuopetusikäisen oppilaan tavoitteet

Opetushallituksen 2002 julkaisemassa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa vuosiluokille 1-2 määritellään kasvatuksen ja opetuksen yleisiksi tavoitteeksi seuraavaa:

> Oppilaan myönteinen minäkuva vahvistuu. Häntä innostetaan oppimaan sekä uskomaan omiin oppimiskykyihinsä. Hän säilyttää oppimisen ilon ja innostuksen sekä uskaltaa rohkeasti ja luovasti kohdata uudet oppimishaasteet.

Jotta oppilas voi saavuttaa edellä mainitut tavoitteet, tulee opettajan luoda oppimisympäristön sellaiseksi, jossa oppilas uskaltaa rohkeasti tutkia, etsiä ja kokeilla oppiessaan uutta ja näin rakentaa minäkuvaansa. Edellä mainittujen tavoitteiden lisäksi oppilaan tavoitteiksi määritellään opetussuunnitelman perusteissa, että oppilas omaksuu tietoja ja taitoja eri sisältöalueista ja aineryhmistä, jotta voi saada valmiuksia elämäänsä ja jatkuvaan oppimiseensa. Vähitellen oppilas ottaa vastuuta omasta oppimisestaan ja kehittää omaa tapaansa oppia asioita. Kaikkea tätä oppilas oppii eri tavoin, työskentelemällä yksin, pareittain ja ryhmässä. Oppilas oppii kertomaan, miten hän on ajatellut ja oppii samalla oman vertaisryhmänsä merkityksen oppimisessa. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2002, 6.)

2.2 Kognitiivinen kehitys

Tullessaan kouluun seitsemänvuotias oppilas on juuri Piagetin (1988) määrittämän konkreettisten operaatioiden kauden kynnyksellä. Konkreettisten operaatioiden kausi ulottuu noin seitsemästä, kahdeksasta vuodesta noin yhteentoista, kahteentoista vuoteen saakka, toisin sanoen lähes koko ala-asteen ajan yksilöistä riippuen. Piaget korostaa, että vaikka lapsen ja nuoren älyllisen kehityksen vaiheet seuraavat toisiaan varsin järjestelmällisesti, se ei tarkoita, että lapsen pitäisi olla kyseisessä vaiheessa siinä määrätyssä iässä. Tärkeintä on, että vaiheet ilmenevät kaikilla lapsilla samassa järjestyksessä, vaikka vähän eri aikaan. Se, missä vaiheessa lapsi kulloinkin on, riippuu hänen aikaisemmista kokemuksistaan, eikä näin ollen pelkästään hänen kypsyydestään kyseiseen vaiheeseen. Lapsen kehitykseen vaikuttaa osaltaan sosiaalinen ympäristö, joka voi edistää tai viivyttää tietyn vaiheen ilmenemistä, jopa pahimmissa tapauksissa estää sen ilmenemisen kokonaan. (Piaget 1988, 98-99.)

Kouluun tultaessa alkuopetusikäisen oppilaan mielenkiinnon kohde muuttuu edellisestä esioperationaalisen kauden hyvin subjektiivisesta ajattelutoiminnasta vaiheeseen, jossa hän nyt kiinnittää huomiota myös sellaisiin tekijöihin, jolla ei ole välitöntä merkitystä hänen omalle toiminnalleen. Ennen koulua lapsen tarkkaavaisuus on suuntautunut sellaisiin seikkoihin, jotka vetoavat hänen välittömiin tunteisiinsa. Tällöin lapsen tarkkaavaisuus on ohjautunut kohteisiin, jotka ovat olleet kiinnostavia hänen oman toimintansa kannalta, tai kohteiden ominaisuudet kuten uutuus ja värikkyys ovat viehättäneet häntä. Kouluopetus tuo mukanaan lapselle uusia ajattelumalleja. Edelliselle ikäkaudelle tyypillinen hyppelehtivä ja lyhytjännitteinen ajattelu on kehittynyt vähitellen niin, että lapsi on pitkäjännitteisempi, keskittymiskykyisempi ja johdonmukaisempi toiminnoissaan. Tämän johdosta hän pystyy yhdistämään uusia asioita aikaisemmin oppimaansa entistä tehokkaammin. Oppilas kykenee keskittymään paremmin ja ohjaamaan tarkkaavaisuutensa opettajan puheeseen; kielelliseen viestintään, annettuihin ohjeisiin ja opetuksiin. (Wahlström 1980, 86; Kallonen-Rönkkö 1986, 5.) Näin ollen alkuopetus kehittää oppilaassa perusopiskelutaitoja, joita oppilas tarvitsee selviytyäkseen sitä seuraavilla luokilla.

2.3 Matemaattisen ajattelun kehittyminen

Kvantitatiivisen ajattelun luonne, lukumäärän säilyvyys, on kehittynyt koulun alkaessa, alkuopetusikäisellä (noin 6-7-vuotiaana) tai mahdollisesti jo sitä ennen siinä määrin, että lapsi pystyy suorittamaan mielessään toimintoja kuten lisääminen, ja ymmärtämään lukumäärän säilyvyyteen ja käänteisyyteen liittyviä ajattelumalleja. Tämän ohella lapsen kvalitatiivinen ajattelumalli kehittyy luokittelujen ja sarjoitusten myötä. Lapsen kvantitatiivisen ajattelun luonne, lukumäärän säilyvyys, tulee selkeästi esiin Piagetin (1969) esittämässä helmimäärien esimerkissä (ks. Lindgren 1990, 60-61), jossa lapselle oli annettu kasa helmiä ja pyydetty laittamaan ne yksi yhteen -vastaavuuteen. Tehtävän suoritettuaan lapsi huomasi, että kummassakin kasassa oli yhtä paljon helmiä. Tämän jälkeen lasta oli pyydetty laittamaan helmikasat kahteen yhtä korkeaan lasiin, joista toinen on leveä ja toinen kapea ja pyydetty sanomaan, kummassa lasissa on enemmän helmiä. Alkuopetusikäinen oppilas pystyy "käänteiseen eli reversiibeliin ajatteluun", hänen ei tarvitse tukeutua pelkästään välittömään havaintoon, joka näyttää, että kapeassa lasissa helmien pinta on korkeammalla, vaan hän ymmärtää helmimäärän muodostuvan yksittäisistä helmistä äskeisten kahden kasan perusteella, jotka muodostavat kysytyn kokonaisuuden. Lapsi pystyy antamaan oikean vastauksen kysytystä helmimäärästä, ja näin hän on saavuttanut "lukumäärän säilyvyyden eli konservaation". Hän ymmärtää, että helmimäärä on sama, jos siihen ei ole lisätty eikä siitä otettu pois mitään. Tämän lisäksi aritmeettisella tasolla lapsi muodostaa käsitteitä kokonais- ja murtolukujen additiivisissa ja multiplikatiivisissa ryhmissä. Voidaan todeta, että konkreettisten operaatioiden vaihe on alkanut, kun lapsi kykenee ajatuksissaan luokittelemaan ja sarjoittamaan, hän muodostaa fyysisiä toimintoja henkisiksi toiminnoiksi eli operaatioiksi. (Kallonen-Rönkkö 1986, 5-7; Lindgren 1990, 60-61, Piaget 1988, 106.) Näiden taitojen hallinta valmistaa lapsen ajattelun kehittymistä kohti formaalisten operaatioiden vaihetta, kuten Piaget sitä kutsuu, niin että lapsi omaksuu yhä abstraktisemman ajattelun, jollainen aikuisen ajattelun sanotaan olevan.

Kvalitatiivisen ajattelun luonne muodostuu luokittelujen ja sarjoitusten myötä. Näissä toiminnoissa, kuten elementtien asettamisessa suuruusjärjestykseen esimerkiksi pituuden perusteella, lapsen vertailukyky kehittyy. Kun lasta on pyydetty laittamaan eri pituisia tikkuja pituusjärjestykseen, esioperationaalisessa vaiheessa olevan lapsen

on täytynyt verrata jokaista tikkua erikseen ja asettaa ne pituusjärjestykseen. Konkreettisen operaation vaiheessa lapsi pystyy tekemään vastaavat operaatiot mielessään ja asettamaan tikut heti oikein pituusjärjestykseen. Näin ollen hän pystyy tekemään mielessään monia johtopäätöksiä näkemästään. (Kallonen-Rönkkö 1986,7; Wahlström 1980, 87.)

Yleisesti tarkastellen seitsemän- – yksitoistavuotias lapsi on innostunut ja kiinnostunut oppimisesta. Oppimiensa taitojen sarjoittaminen ja eri kohteiden luokitteleminen innostavat lasta käyttämään niitä omissa toiminnoissaan. Luokittelua lapsi käyttää monissa arkipäivän tilanteissa. Luonnon tutkimisen yhteydessä hän saattaa luokitella erilaisia kokoelmiaan, samoin askartelussa ja erilaisissa peleissä tarvitaan luokittelutaitoa. Erilaiset sääntöpelit ovat varsin suosittuja tämän ikäisillä lapsilla, samoin kuin erilaiset keräilyharrastukset. Tyypillistä on Ihalaisen (1977) mukaan (ks. Wahlström 1980, 88) teoksessaan Peruskoulun neljännen luokan oppilas, että alimpien luokkien oppilaat lähes poikkeuksetta, lahjakkuudesta riippumatta, rakastavat matematiikkaa, joka on yksi tämän ikäkauden lempiaineista. (Wahlström 1980, 76, 88.) Alkuopetuksen jälkeisenä ikäkautena oppilaan ajattelu muuttuu yhä abstraktimmaksi, jolloin hän pystyy tekemään mielessään monia johtopäätöksiä ja loogista päättelykykyä vaativia päätelmiä.

Ajattelumallien kehittyminen on oleellista ihmisen toiminnan kannalta. Ajattelumallit määräävät lapsen ajattelun tason ja suorituksia eri alueilla. Näiden pohjalle rakentuvat mm. oppilaan matemaattiset taidot kuten, lukujen ja niillä tehtävien laskutoimitusten ymmärtäminen. Ajattelumallit antavat kuvan siitä, miten lapsi ajattelee ja käsittelee asioita ympäristössään. (Kallonen-Rönkkö 1986, 8.) Näin voimme ymmärtää mm. tässä tutkimuksessa alkuopetusikäisen, toisluokkalaisen, oppilaan ajattelumaailmaa. Hän ymmärtää mm. käänteisyyden merkityksen ja lukumäärään säilyvyyden: lukumäärä pysyy samana, jos siihen ei ole lisätty tai otettu jotakin määrää pois. Näin ollen oppilas kykenee hahmottamaan tehtävää ja käyttämään tarvittaessa mahdollisia apuvälineitä ymmärtääkseen tehtävää ja tekemään johtopäätöksiä sen perusteella.

3 OPPIMISKÄSITYKSIÄ MATEMATIIKAN OPPIMISESSA

Opetuksen lähtökohtana on, että oppilas oppii käsiteltävät asiat. Tänä päivänä on useita erilaisia oppimiskäsityksiä siitä, miten lapsi oppii ja mitkä seikat vaikuttavat siihen. Ei ole yhdentekevää minkälainen on oppilaan oppimisympäristö ja toisaalta ne tekijät, jotka vaikuttavat oppimisympäristössä omaksuttavaan aineistoon. Opettajan oppimiskäsitykset heijastuvat luokassa tehtävissä toiminnoissa, ja toisaalta sitä kautta oppilas muodostaa kuvaansa oppijana. Näin oppilas rakentaa kokonaiskuvaa itsestään oppijana ja erityisesti siitä, mikä on hänen roolinsa tiedon prosessoijana. Keskeisiksi oppimisnäkemyksiksi ovat muodostuneet behaviorismi ja konstruktivismi.

3.1 Behaviorismi

Behavioristisessa oppimiskäsityksessä korostuvat ulkoisen säätelyn tekijät, ulkoapäin kontrolloidaan haluttua tulosta. Kognitiivisen suuntauksen konstruktivistisessa oppimisprosessissa ovat olennaisia sisäisen säätelyn tekijät. Behaviorismi tunnetaan empiristisenä, jossa tieto on kokemusperäistä ja aistihavaintoihin perustuvaa. B.F. Skinner (1904-1990), behavioristisen oppimisnäkemyksen uranuurtaja, luonnehtii opetettavaa ainesta siten, että se esitetään pieninä yksikköinä; S (stimulus) ja R (response; vastaus) sarjoina. Oppiminen on ikään kuin "ohjelmoitua opetusta", jossa oppilas muuttaa käyttäytymistään saamansa palautteen johdosta. (Rauste von Wright & von Wright 1995, 104-105, 111.)

Opetus-oppimisprosessi muodostuu tiedon siirroksi, koska oppilaalle kertyy joukko tietopaketteja saamiensa reaktioiden johdosta, esimerkiksi kun oppilas opettelee matematiikan yhteenlaskulauseketta ja saamansa vastauksen johdosta saa positiivista palautetta. Tämä vahvistaa hänen käyttämiään menetelmiä laskun yhteydessä ja vahvistaa käyttämään niitä uudelleen vastaavien tehtävien kohdalla. Toisaalta väärien vastauksien jälkeinen kielteinen palaute eliminoi hänen väärän vastauksen yhteydessä käyttämänsä toiminnan. Tästä syystä oppimisen mittaaminen on usein nähty varsin helppona, sillä kriteerinä on oikea vastaus kysymykseen eli ärsykkeeseen an-

nettu oikea reaktio tai toiminto. Monivalintatesti kuvaa kyseistä oppimisnäkemystä, jossa annettu vastaus tai käytännössä rasti oikean vastauksen kohdalla mittaa osaamista. (Rauste von Wright & von Wright 1995, 111, 113.)

Behavioristinen oppimiskäsityksen malli tukee käsitystä tiedon pysyvyydestä ja sen muuttumattomuudesta. Tiedetään, että tieto muuttuu. Tästä syystä keskeiseksi muodostuu tiedon palasien korvaaminen uusilla. Olennaista on se, että tiedon rakenteen muodostaminen ei sinänsä muutu. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki oppivat samoja sisältöjä samalla tavalla. Toisaalta on hyvä muistaa, että tällä oppimiskäsityksellä on etunsa. Aivan kuten Rauste von Wright ja von Wright (1995, 113) toteavat: "Se on pitkän tradition pohjalta muovautunut, selkeä ja arkiajattelun mukainen - - [jota] on perinteisesti pidetty hyvin toimivana ainakin perustaitoja opetettaessa". Sen heikkoudet näkyvät, kun selvitetään ymmärtävää oppimista, sitä, miten oppilas todella ymmärtää ja käsittää opetettuja aineksia. (Rauste von Wright & von Wright 1995, 113.) On selvää, että perinteiseen behavioristiseen oppimiskäsitykseen kuuluvaa oppimiskäytäntöä harjoitetaan, kuten jo mainittiin, kun halutaan oppilaan omaksuvan tiettyjä perustaitoja. Tarkastellessamme tutkimuksessa tarkastellessamme ymmärtävää oppimista tutkimme tarkemmin konstruktivistista tiedonkäsitystä, jossa oppilas toimii tiedon aktiivisena prosessoijana.

3.2 Konstruktivismi

Konstruktivismin esitaistelijaksi on luonnehdittu vuosisatamme vaikutusvaltaisin kehityspsykologi Jean Piaget (1896-1980). Hänen merkittävien ajattelun kehitysvaiheiden tutkimustulostensa lisäksi John Deweyn kokemuksellinen oppiminen on osaltaan vaikuttanut konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen. Oppimisen ydin on kokemus, jonka parissa oppilas työskentelee. Kokemuksenpohjalta oppilas rakentaa ja muodostaa käsityksiään. Luonnollisesti hyvässä oppimisympäristössä oppilaalla on mahdollisuus oppia ja ymmärtää opetettavia asioita. Ymmärtäminen voidaan todeta tapahtuvan, kun oppilas pystyy perustelemaan ja soveltamaan opittua tietoa. (Rauste von Wright 1997, 30; Rauste von Wright & von Wright 1995, 117-118, 124.) Näin

ollen modernin oppimisteorian mukaan tietoja ja ajattelutapoja ei voida siirtää suoraan yksilöltä toiselle, vaan yksilön täytyy itse konstruoida tarjolla oleva tietoaines. (Koponen 1995, 16.)

Perinteisessä didaktisessa ajattelussa on tarkasteltu lähinnä määrällistä oppimisprosessia sitä, kuinka oppilas selviytyy kokeesta ja miten suuren osan opetetusta asiasta hän hallitsee. Keskeiseksi tutkimuskohteeksi on noussut kognitiivinen tarkastelutapa, jossa kuvataan ajatteluprosessin laadullisia ominaisuuksia, sitä, miten tietoa hankitaan, taltioidaan ja käytetään. Kognitiivinen lähestymistapa antaa oppilaan toiminnalle uuden näkökulman, jossa tarkastellaan oppijaa aktiivisena tiedon prosessoijana konstruoidessaan ympäristöstä tulevaa tietoa. Yksilö prosessoi tietoa aktiivisen yksilö-ympäristö-vuorovaikutuksen kautta. Näin oppiminen tapahtuu syklisesti, jolloin yksilö käyttää aikaisemmin opittua tietoa hyväkseen uuden tiedon oppimisessa. (Koponen 1995, 17.)

Ympäristö vaikuttaa olennaisesti oppimisprosessiin. Oppilaisiin vaikuttaa vuorovaikutus opettajien ja muiden oppilaiden kanssa, ja he oppivat näiden kokonaiskokemuksesta. Konstruktivistit kutsuvat tätä *sosiaaliseksi konstruktivismiksi.* Ernest'n (1995) ja Åhlbergin (1996) mukaan (ks. Leino 1998, 41) näiden monien ihmissuhteiden vaikutuksesta oppilaisiin, yksilökeskeisen konstruktivismin rinnalle onkin kehittynyt varsinainen konstruktivistinen teoriajoukko: sosiaalisen konstruktivismin lisäksi puhutaan sosio-kulttuurisesta konstruktivismista, sosiaalisesta konstruktionismista ja tieteellisestä konstruktionismista. Yhdellä nimellä tätä joukkoa voidaan kutsua sosiaaliperspektiiviseksi konstruktionismiksi: aktiivinen yksilö osana yhteisöä. Matematiikan objektiivisen tiedon luonne on sosiaalista. Kulttuurisen tradition perusta, sosiaalinen kommunikointi, on elinehto tieteellisen tiedon siirtymiselle sukupolvelta toiselle. Kasvatuksen ja oppimisen kulttuurissa korostetaan, että oppiminen tapahtuu sosiaalisen vuorovaikutuksen kautta. (Björkqvist 1994, 20-21; Leino 1998, 41.) Luokassa tapahtuvat vuorovaikutustilanteet ja keskustelut kehittävät oppilaan korkeamman ajattelun tasoa (Palincsar 1998, 357).

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen soveltamista matematiikkaan on pohdittu ja todettu, että "vaikeudet ovat voitettavissa, jos opettajat ovat valmiita itse läpikäymään 'käsitteellisen vallankumouksen' eli hahmottamaan uudelleen sekä sen, mitä

matematiikan ymmärtäminen merkitsee, että myös tavan, jolla ymmärtämistä voidaan edistää oppilaissa" (Cobb 1988, Rauste von Wright & von Wright 1995, 160 mukaan). Näin ollen jos haluaa edistää oppilaissa ymmärtämistä, ei riitä, että opettaja hallitsee esimerkiksi matematiikan käsitteistön, vaan hänen tulisi myös osata ottaa huomioon oppilaiden erilaiset kyvyt jäsentää tieto-taitoa, jota opetetaan. Opettajan tulee vuorovaikutusprosessin kautta tarkistaa jatkuvasti asetettuja tavoitteita ja ohjata oppilaita niihin. (Rauste von Wright & von Wright 1995, 160-161.)

4 MATEMATIIKAN OPETUS

Perinteinen opettajajohtoinen matematiikan opetus on saanut viime vuosikymmenenä uusia tuulia, kun konstruktivistinen oppilaslähtöinen matematiikanopetus on saamassa sijaa opetuksessa. Tästä johtuen oppilaskeskeisemmät työskentelymuodot luokassa ovat tulleet keskeiseksi opetusmenetelmiksi. On lähdetty tutkimaan ja kokeilemaan yhä parempia menetelmiä, joilla oppilas oppii ja sisäistää opittuja käsitteitä soveltaen niitä uusin konteksteihin.

4.1 Alkuopetuksen matematiikka

Alkuopetuksen matematiikan opetuksen lähtökohtana on varsin konstruktivistinen käsitys oppimisesta. Luokassa oppimistilanteet tulisi luoda keskustelunomaisiksi, kokeileviksi ja ongelmakeskeisiksi, joissa oppilas voi käsitellä mahdollisimman tuttua konkreettista arkielämän tilannetta. Opetus toteutetaan korostamalla konkreettista toimintaa, askartelua ja leikinomaisuutta, millä mahdollistetaan oppilaan maksimaalinen kyky ymmärtää opetettuja käsitteitä, joka on opetuksen lähtökohtana heti alusta alkaen. Alkuopetuksen matematiikan opetus jaetaan neljään sisältöalueeseen: 1) lukujonot, lukukäsite, ja sekä 10-järjestelmä, 2) yhteen- ja vähennyslaskut päässä ja allekkainlaskuina, 3) kerto- ja jakolaskun käsite ja 4) mittaaminen, geometria ja tilastot. (Ikäheimo 1998, 245-246.) Näiden osa-alueiden tiimoilta oppilas kartuttaa perustietoja ja taitoja, joiden perustalle on hyvä oppia lisää.

Matematiikan osalta opetussuunnitelman perusteissa (1994, 74) tulevat selkeästi esiin matematiikan tarjoamat mahdollisuudet ajattelun taidon edistämiseen, avaruuden hahmottamiseen sekä monenlaisten käytännön ja tieteellisten ongelmien ratkaisemiseen, mikä samalla kehittää keksimiskykyä ja luovaa ajattelua. Juuri valmistuneessa opetushallituksen julkaisussa Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (2002, 24) esitetään matematiikan tavoitteiksi seikat, jotka pääpiirteittäin nojaavat edellä mainittuihin tavoitteisiin ja jotka ovat hyvin yhdistettävissä edellisen luvun konstruktivistiseen käsitykseen oppimisesta. Opetussuunnitelma kiteyttää, että oppilas

- Oppii keskittymään, kuuntelemaan ja kommunikoimaan sekä kehittämään ajatteluaan. Oppilas kokee tyydytystä ja iloa ongelmien ymmärtämisestä ja ratkaisemisesta
- Saa monipuolisia kokemuksia eri tavoista esittää matemaattisia käsitteitä. Käsitteiden muodostusprosessissa keskeisiä ovat puhuttu ja kirjoitettu kieli, välineet, symbolit sekä tarkoin harkitut ja johdonmukaiset opetusmenetelmät. Oppilaan tulee huomata käsitteiden muodostavan rakenteita ylä- ja alakäsitteineen.
- Ymmärtää lukukäsitteen ja oppii siihen perustuvia kehityskaudelleen soveltuvia peruslaskutaitoja
- Oppii perustelemaan ratkaisujaan ja päätelmiään konkreettisin mallein ja välinein, kuvin, kirjallisesti tai suullisesti. Oppilas oppii löytämään ilmiöistä yhtäläisyyksiä ja eroja, säännönmukaisuuksia sekä syy-seuraussuhteita.
- Harjaantuu tekemään havaintoja eteen tulevista itsensä kannalta merkityksellisistä ja haasteellisista matemaattisista ongelmista.

Yllä mainituissa seikoissa nousee yhä merkityksellisemmäksi se, miten oppilas ymmärtää käsitteitä ja ympäröivää maailmaansa. Oleellisena nähdään, että oppilas ymmärtää käsitteet niin hyvin, että hän kykenee soveltamaan niitä arkipäivän tilanteisiinsa. Matematiikan tavoitteiden lisäksi opetussuunnitelmassa on kuvaus oppilaan hyvästä osaamisesta. Siinä korostuu konstruktivistiseen tapaan oppilaan aktiivinen rooli, jossa hän esittää opitut käsitteet monin tavoin. Oppilaan käyttäessään eri ilmaisukanavia hänen tieto-taitoaan voidaan todeta ja arvioida. Oppilas käyttää opittuja käsitteitä ongelman ratkaisussa, ja häntä kehotetaan esittämään käsityksiään opituista sisällöistä välinein, kuvin, symbolein, sanoin, lukujen avulla tai diagrammeilla ja lisäksi selittämällä tuotoksiaan muille oppilaille. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2002, 26.)

Konstruktivismin ohella Galperin (1957) teoria ulkoisen materiaalin tarpeellisuudesta lapsen ajattelun kehittymisessä tukee alkuopetusikäisen oppilaan oppimista. Opetussuunnitelman mukaisia tavoitteita, joita opitaan kokemusten, erilaisten välineiden, kuvien ja kirjallisten sekä suullisten menetelmien avulla ilmenevät Galperin teoriassa. Teorian mukaan oppilas oppii seuraavien vaiheiden kautta: 1) muodostamalla alustava käsitys asiasta, 2) käyttämällä konkreettisia välineitä, eikä ainoastaan teoreettisen opetuksen keinoin, 3) ajattelemalla ääneen, puhumalla, 4) siirtämällä toiminnot omalle ajattelulle, mentaalille tasolle ja 5) yhdistämällä toiminnot kokonaisuudeksi. (Galperin 1957, 217-218.) Tätä kautta oppilas rakentaa ymmärrystään asioista ja muodostaa käsityksiään. Oppilas elää konkreettisessa maailmassa ja näin

ollen hän käyttää mahdollisimman pitkälle konkreettisia keinoja ratkaistakseen ongelmia, samalla käyttäen tehokkaasti omaa mentaalista ajatteluaan.

4.2 Opetusmenetelmien uudet tuulet konstruktivismin taustalla

Jo vuosisadan alkupuoliskolla ja edelleen kuluneina vuosina kritiikin kohteena on ollut perinteinen luokkaopetus, jossa opettaja toimii tiedon välittäjänä opettaen koko luokkaa samanaikaisesti ja oppilaat istuvat hiljaa paikoillaan opettajan opetukseen reagoiden (Kallonen - Rönkkö 1998, 253). On ryhdytty kiinnittämään enemmän huomiota opettajien tapaan opettaa. Sorvali (1994) kiteyttääkin matematiikan opetuksen olleen lähinnä behavioristista "ilmoitusmatematiikkaa", jossa oppilas on opetellut tarvittavat säännöt ulkoa, jotta voi suoriutua tarvittavista tehtävistä. Sorvali jatkaa, ettei matematiikkaa voi oppia ainoastaan ulkolukuna, laskemalla mekaanisesti laskuja. Mekaanisen laskutaidon merkitys vähenee laskinten ja tietokoneiden myötä. Sen sijaan opetuksen tulisi sisältää enemmän näkemysten, oivaltamisten ja ymmärtämisten kehittämistä, sillä se vie pitkän päälle oppilasta eteenpäin. Hän pystyy käyttämään ja soveltamaan opittua tietoa uusiin konteksteihin. (Sorvali 1994, Kallonen – Rönkkö 1998, 259 mukaan.)

Konstruktiivinen matematiikan opetus ajattelua ja käsitteitä painottavassa oppimisessa poikkeaa oleellisesti traditionaalisesta tekniikkadrillausta painottavasta matematiikasta. Opetuksessa on keskeistä käsitteiden ymmärtäminen, eikä niinkään automaatioon johtava tekniikkadrillaus. Tästä syystä tehtävien tapausesimerkkien harjoitteluun ei panna niin paljon painoa, sillä ne toimivat lähinnä sääntöjä havainnollistavina esimerkkeinä tai konkretisoivina sovelluksina, josta oppilaat muodostavat opettajan ohjauksessa periaatteet ja joista edelleen kootaan sääntö. Näin ollen oppiminen on induktiivisesta käsitteen muodostuksesta deduktiiviseen käsitteen muodostumiseen. On tärkeää, että oppilas on voinut itse jäsentää oppiainesta käsitteiksi ja säännöiksi, jolloin hän on voinut konstruoida annettua tietoa oman tietopohjansa kautta. (Kallonen – Rönkkö 1998, 261.) Haapasalo (1992) kiteyttää matematiikan käsitteenmuodostuksen määritelmän *systemaattisen konstruktivismin* mukaan seuraavasti: "Käsitteenmuodostus ymmärretään prosessina, jossa oppilas muodostaa käsitteestä

sekä matematiikan rakenteen että ongelmanratkaisun kannalta riittävän yksiselitteisiä ja käyttökelpoisia attribuutteja. Erityisesti kiinnitetään huomiota tiedon eri esitysmuotojen (verbaalinen, symbolinen ja kuvallinen) väliseen tasapainoon sekä käytännön tilanteisiin liittyviin tulkintoihin -- ". (Haapasalo 1992, 3.) Näin ollen oppilaan monipuolisen esitystavan kautta saadaan käsitys hänen käsitteenmuodostuksestaan, todellisesta asian ymmärtämisestä.

Piaget'n teoria ajattelun asteittaisesta kehittymisestä on ollut jo vuosikymmeniä opettajan peruskoulutuksessa, joten teoria on myös jokaisen matematiikanopettajan tuntema. Opettajalle on tuttu Piaget'n konstruktivismi, jossa lapsi konstruoi tietoa ympäröivästä kokemusmaailmasta. Tässä merkityksessä voidaan sanoa, että jokainen opettaja on konstruktivisti, sillä jokainen oppilas joutuu konstruoimaan matematiikan käsitteitä, rakenteita ja ideoita muodostaakseen käsityksiä opetettavasta tiedosta. (Leino 1998, 39.) Leino (1990) jatkaa edelleen ja kiteyttää konstruktivismin olevan tällöin opettajan yleisenä viitekehyksenä, jossa oppija muodostaa aktiivisesti käsityksiä tiedosta. Oppilas nähdään matematiikan opetuksessa yleisesti aktiivisena tiedon prosessoijana eikä passiivisena tiedon vastaanottajana, pelkkien matematiikan sääntöjen ja määritelmien toteuttajana. Tämä kokonaisuudessaan muuttaa perinteistä matematiikan opetusta. (Leino 1998, 39-40.)

4.2.1 Ongelmanratkaisumenetelmä

Kuten aikaisemmin totesimme, konstruktivistinen matematiikan oppimiskäsitys keskittyy matematiikan ongelmien ratkaisemiseen induktiivisesti. Ensin tarkastellaan ongelmaa, josta lähdetään opettajan johdolla tekemään päätelmiä ja sääntöjä ongelman ratkaisemiseksi. Vuorovaikutusprosessin kautta oppilas alkaa vähitellen hahmottaa käsiteltävää ongelmaa ja siitä muodostuvia käsitteitä. Leino (1994) tähdentää, että motivoivimmiksi työskentelymuodoiksi ala-asteella ja ylä-asteella on havaittu oppilaiden empiiriset työmuodot kuten ryhmien projektityöt ja ongelmanratkaisumenetelmät. Oppilaat pystyvät hyödyntämään omia käytännön tietojaan ryhmissä, ja toisaalta ongelmaratkaisutehtävät viehättävät haasteellisuutensa ansiosta. Konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen nämä työskentelymenetelmät sopivat erinomaisesti,

koska opettajat pystyvät seuraamaan oppilaidensa ajattelua ja työtä prosessin aikana. (Leino 1994, 16.)

Erilaiset ongelmaratkaisutehtävät vaativat oppilasta käsittelemään tehtävää monin tavoin. Kathy Ernst, ensimmäisen luokan opettaja Vermontista, Yhdysvalloista (ks. Kallick & Brewer 1997) on mielestäni määritellyt asiallisesti millainen on hyvä ongelmanratkaisija.

Utelias: Hyvä ongelmanratkaisija ihmettelee maailmaa ympärillään. Hän on kiinnostunut ymmärtämään, miksi asiat toimivat, kuten ne toimivat.

Sinnikäs: Usein ei ongelmiin löydy helposti ratkaisuja. Hyvä ongelmanratkaisija työskentelee ongelman parissa kunnes ratkaisu on löytynyt. Yhden ratkaisun lisäksi hän saattaa löytää muitakin ratkaisuja.

Joustava: Ongelmat ovat haastavia, joten ratkaisun löytämiseksi ongelmanratkaisija löytää vaihtoehtoisia strategioita. Hän voi löytää tavan, joka saattaa toimia tai toimii jopa paremmin kuin ensimmäisenä löydetty strategia, jolla ongelmatehtävä ratkaistaan.

Riskinottaja: Toisinaan ongelmia ratkaistaessa hän erehtyy muutamia kertoja ennen kuin varsinaisesti saa tehtävän ratkaistuksi. Hyvä ongelmanratkaisija ei lannistu, vaan yrittää uudelleen.

Reflektoiva: Tehokas ongelmanratkaisija reflektoi, mitä hän on oppinut ongelman ratkaisukokemuksestaan. Seuraavalla kerralla, kun hän ryhtyy ratkaisemaan ongelmaa, hän hyötyy reflektoinnin tuomasta tiedosta. (Kallick & Brewer 1997, 12-13.)

Näitä piirteitä on myös vuoden 2002 alkuopetuksen opetussuunnitelman matematiikan tavoitteissa. Siinä korostetaan, että oppilas voi kehittää ajatteluaan, käyttää välineitä monipuolisesti ratkoessaan ongelmia ja harjaantuu tekemään havaintoja haasteellisista matemaattisista ongelmista. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2002, 26.) Yllä mainitut piirteet mahdollistavat matematiikan tavoitteiden saavuttamisen. Matematiikan osalta peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa (1994, 74) tähdennetään myös oppijan mahdollisuutta kehittää keksimiskykyä ja luovaa ajattelua matematiikan opiskelun kautta. Näitä taitoja pystytään erinomaisesti kehittämään, kun kiinnitetään huomiota oppilaiden ongelmaratkaisutaitoihin.

Ongelmanratkaisutaidoissa oppilasta kehotetaan ajattelemaan annettua ongelmatehtävää sen sijaan, että yritettäisiin ratkaista se mahdollisimman nopeasti. Ongelmaratkaisutehtävissä ei keskitytä rutiininomaisesti ratkaistaviin tehtäviin, vaan sanallisiin tehtäviin, jotka edistävät oppilaan ajattelua, kun hän pohtii, mitä todella kysyttiin ja kuinka se voidaan ratkaista. Tämä kehittää oppilaan omaa ajattelua entisestään. Ongelmaratkaisumenetelmää tehtävien puitteissa voidaan Forstenin (1992, 30-35) mukaan toteuttaa seuraavasti:

Määritä ongelma. Lue tehtävä ja sen ongelma uudestaan ja uudestaan, jotta voit muodostaa siitä mieleesi kuvan. Muotoile kysymys sen jälkeen omin sanoin, jotta voisit ymmärtää sen paremmin.

Erota relevantit tosiasiat ja niiden suhteet toisiinsa. Tehtävät saattavat sisältää runsaastikin faktoja, mutta erota, mitkä tiedot ovat tarpeellisia tehtävän ratkaisun kannalta.

Huomioi olosuhteet. Olosuhteet määrittävät, mitkä tekijät tulee heti eliminoida ratkaisun järkevyyden kannalta.

Valitse strategia. On useita tapoja ratkaista ongelma. Tehtävä määrittää usein, mitä strategioita pyydetään käyttämään, toisinaan oppilas saa itse valita strategiansa. Niitä voivat olla mm. arvaus ja tarkistus, taulukot, listat, kuvan piirtäminen ja konkreettisten esineiden käyttö.

Ratkaise ongelma. Tässä vaiheessa oppilas vie suunnitelmansa tehtävän ratkaisun kannalta läpi. Kun on määritelty ongelma, eroteltu faktat ja niiden suhteet toisiinsa, määritelty olosuhteet ja valittu strategia, oppilaiden tulisi osata ratkaista ongelma matemaattisesti ja huomioida tekijät, jotka johtavat järkevään vastaukseen.

Tarkista vastauksesi. Oppilaan tulee tarkistaa, onko hänen vastauksensa järkevä kysymyksen asettelun kannalta, onko hän käyttänyt järkevää menetelmää ja pitääkö oma selostus yhtä menetelmän kanssa, jolla se on ratkaistu.

Oppilaan ratkoessa ongelmaratkaisutehtäviä tulee huomioida, että kaikki hänen työvaiheensa ovat johdonmukaisia. Mikäli ne eivät ole, tulee se näkyviin lopputuloksessa ennemmin tai myöhemmin. Viimeistään siinä vaiheessa, kun selittää ratkaistua tehtäväänsä kaverilleen, Saavutusten salkku –oppimateriaalin viimeisessä vaiheessa. Näin ollen on tärkeää, että oppilas jäsentää tehtävän alkuvaiheessa ongelmaa niin, että hän ymmärtää mistä on kysymys ja pystyy johdonmukaisesti sen ratkaisemaan.

Modem-projekti

Konstruktivismin myötä opettajan uudet haasteet ovat tuoneet kokeiluja, joissa kehitetään uudentyyppisiä ja tehokkaita oppimisympäristöjä. MODEM–projekti on ollut tällainen. MODEM–projektissa (**M**atematiikan **o**petuksen **d**idaktis – **e**mpiirisiä **m**alleja) on kehitelty ja testattu uusia oppimismetodeja, jotka parhaiten palvelisivat oppilaiden matematiikan osaamista. MODEM 2 –projektissa tutkittiin Jyväskylän Normaalikoulun neljännellä luokalla murtoluvun oppimista ja hallitsemista konstruktivistisin menetelmin, ongelmakeskeisesti mm. pari- tai pienryhmätyöskentelynä. Keväällä 1990 kolme rinnakkaisluokkaa opiskeli murtolukua kyseisin menetelmin ja vertailuryhmä opiskeli tavanomaisin menetelmin oppikirjaa hyväksi käyttäen. Molemmat ryhmät olivat tutustuneet kolmannella luokalla murtolukuun saman verran. Tutkimuksen tavoitteena oli saada selville oppilaiden murtolukukäsitteen hallintaa ja heidän kykyään soveltaa sitä käytännön tilanteissa. (Haapasalo 1992, 1, 19.)

Projekti toteutettiin "systemaattisen konstruktivismin" periaatteella, joka muodostuu viidestä osavaiheesta. Lyhenteet tulevat saksankielisistä termeistä (Begriffs-) Orientierung, Definierung, Identifikation, Produktion ja Festigung. Käsitteen muovaaminen jakaantui orientoitumis- ja määrittelyvaiheeseen. Orientoitumisvaiheessa opettaja toi esille erilaisia ongelmatilanteita luokkahuoneesta, joita oppilas pystyi verbalisoimaan aikaisemman tietopohjansa avulla. Tämän jälkeen määrittelyvaiheessa oppilaita ohjattiin ilmaisemaan erilaiset osuudet lukujen avulla ellei sitä tullut esiin edellisessä orientoitumisvaiheessa. Olennaista oli, että oppilas kykeni esittämään ehdotuksiaan ja perustelemaan niitä. (Haapasalo 1992, 8, 13.)

Käsitteenmuodostusprosessin toinen vaihe, käsitteen omaksuminen, muodostui tunnistamis-, tuottamis- ja lujittamisvaiheesta. Tunnistamisvaiheessa oppilas teki tehtävätyyppejä, joissa hän pääsi käyttämään eri esitysmuotoja, kuten verbaalista, kuvallista ja symbolista kieltä. Oppilaan ei tarvinnut tuottaa vielä tässä vaiheessa uutta tietoa vaan harjoitella omaksumaansa tietoa. Tuottamisvaiheessa käytettiin paperitehtävien ohella erilaisia työmuotoja, kuten työpistetyöskentelyä, kilpailuja ja leikkejä muodostaen erilaisia oppilasryhmiä. Tässä vaiheessa oppilaan tuli tuottaa annettu tehtävä toisella tavalla, esimerkiksi kuvallisessa muodossa. Viimeisessä lujit-

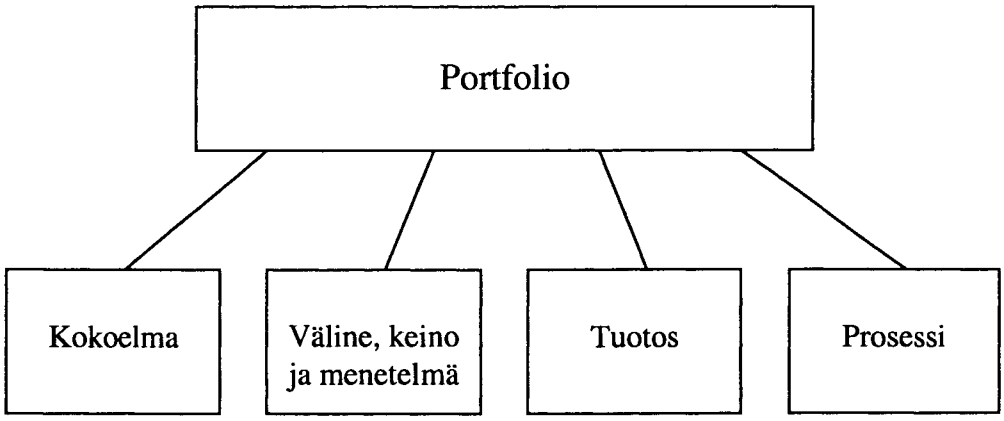
tamisvaiheessa oppilaan tuli soveltaa murtolukukäsitettä rutiinitehtävissä ja erilaisissa ongelmatilanteissa. Tämä vaihe vaati oppilaalta enemmän luovaa, reproduktiivista, ajattelua löytää uusia sovelluksia löytämälleen käsitteelleen. (Haapasalo 1992, 8, 16.)

Kaiken kaikkiaan oppilaat tekivät tunnistamiseen, tuottamiseen, suuruusvertailuun, soveltamiseen ja mekaaniseen laskutaitoon liittyviä tehtäviä kokeilu- ja testijakson aikana. Tulokset kertoivat, että MODEM–ryhmä suoriutui erittäin merkitsevästi paremmin tuottamisesta, mekaanisista laskutoimituksista ja yleensäkin koko testistä kuin vertailuryhmä. Toisaalta vertailuryhmä suoriutui tunnistamistehtävistä paremmin kuin MODEM–ryhmä. Tulos on sinällään mielenkiintoinen, sillä tavanomaisessa oppikirjasidonnaisessa opetuksessa on kiinnitetty huomiota juuri laskutaitojen drillaukseen, lukujen suuruusvertailuun ja yleensä reproduktiiviseen työskentelyyn. Haapasalo korostaa, että on suhtauduttava varauksella pelkillä mekaanisilla laskutehtävillä mitattuihin käsitteenhallinnan tutkimuksiin. Hän varottaa myös "matematiikan opetuksen uudistajia", jotka ajattelevat, että matematiikan opetuksen laatu paranee ainoastaan soveltamista ja ongelmanratkaisua lisäämällä. Käsitteiden hallitsemiseen päästään opetuksen rakenteita muuttamalla, varaamalla aikaa ja käyttämällä laadullisesti eriytettyä oppimateriaalia käsitteenmuodostusprosessissa. (Haapasalo 1992, 35, 44-46, 50.)

Käsitteenmuodostusprosessi on varsin monivaiheinen, mutta on selvää, että käyttämällä luovasti erilaisia opetusmetodeja pystytään tukemaan oppilaan käsitteiden hallintaa. Ongelmaratkaisukeskeinen oppiminen luo oppilaalle mahdollisuuden itse ajatella ennen kuin hänelle annetaan valmiit kaavat, kuinka tehtävä ratkaistaan. Näin oppilas ryhtyy ajattelemaan enemmän ja pääsee huomattavasti korkeammalle ajattelun tasolle. Se, että opettaja luo tällaisen mahdollisuuksien ilmapiirin osana säännöllistä opetusta ja tarvittavilla opetusmateriaaleilla, mahdollistaa oppilaiden uudenlaista tapaa oppia.

4.2.2 Portfolion monet mahdollisuudet

Yksi oppijalähtöisistä työskentelymenetelmistä on portfolio. Portfolio työskentelymenetelmää voidaan käyttää opetuksessa monella tavalla. Pääasiallisesti portfoliotyöskentely korostaa oppijalähtöisyyttä, jossa oppilaan omat kokemukset, tiedot ja taidot muodostavat kokoelman, portfolion, jonka puitteissa oppilaan oppimista voi seurata. Riippuen portfolion toimintatarkoituksesta portfolio voidaan nähdä 1) kokoelmana, 2) välineenä, keinona ja menetelmänä, 3) tuotoksena ja 4) prosessina, riippuen tulkinnasta (Niikko 2000, 12-13). Sen päätarkoitus muodostuu sen varsinaisesta tarkoituksesta ja kontekstista, jossa sitä käytetään.
Portfolio toimii käyttötarkoituksensa mukaan seuraavasti:



Kuvio 1. Portfolion määrittelyä (Niikko 2000, 13).

Portfolio kokoelmana, välineenä ja tuotoksena

Portfolio on systemaattisesti ja tarkoituksenmukaisesti koottu oppilaan töiden kokoelma yhdessä tai useammassa aineessa (De Fina 1992, 13). Kokoelmaa kootessa tulee ottaa huomioon oppilaan osallistuminen töiden valikointiin, valintojen kriteerit, arvioinnin kriteerit ja oppilaan osoitus oman työn reflektoinnista (Paulson, Paulson & Meyer 1991, 60). Näin portfoliotyöskentely on tullut yhä tarkoituksenmukaisemmak-

si, sillä portfolioon ei vain heitetä jotakin kansion täytteeksi, vaan se on johdonmukaisesti koottu kokoelma oppilaan töistä, jossa oppilas on käyttänyt omaa arviointia töiden valikointiin annettujen kriteerien perusteella. Valitut työt esittävät suhteessa oppilaan osaamista, joten jokaisella työllä on määrätietoinen tarkoituksensa portfoliossa. (De Fina 1992, 13-14.) Valitessaan töitään portfolioon asetettujen kriteereiden perusteella, oppilas reflektoi omaa oppimistaan ja samalla kehittää omia itsearviointitaitojaan.

Välineellisesti portfoliotyöskentely toimii Paulsonin ym. (1991, 61) mukaan merkittävänä välineenä oppilaiden ottaessa vastuuta omasta oppimisestaan. Reflektoidessaan ja arvioidessaan omaa työskentelyään oppilas jäsentää itselleen, kuinka hän on oppinut opetettuja sisältöjä ja toisaalta, mitä hänen vielä tulisi oppia lisää. Näin oppilas toimii aktiivisesti oman oppimisensa toteuttajana samalla rakentaen käsityksiään itsestään oppijana matematiikassa. Portfolioarviointi matematiikassa tukee oppilaan luottamusta matematiikan oppimista kohtaan, mikä on portfolioiden käytön keskeisin tavoite, kun oppilasta arvioidaan sanallisesti numeroiden sijaan. (Kupari & Saranen 1996, 132, Sloan 1996, 30-31.) Yksilöllisen työskentelyn perusteella portfolioarvioinnissa korostuu oppilaskeskeisyys ja yksilöllisyys. Oppilaat ovat luonnollisesti erilaisia taidoiltaan, ja heidän arviointiperusteensa ja itsearviointitaitonsa vaihtelevat oppilaalta toiselle, mikä luo kirjavuutta töiden kesken. Erilaisuutta ja yksilöllisyyttä tuetaan, mutta se vaikeuttaa osaltaan tasavertaisten arvosanojen antoa. Tänä päivänä oppilailla on hyvin usein omia tavoitteita oppimiselle ja tämän lisäksi joissakin tapauksissa vielä henkilökohtaisia opiskeluohjelmia, joten yksilöllisyyden korostaminen myös arvioinnissa on tervetullutta. (Linnakylä, Kankaanranta & Pollari 1996, 3.)

Portfolion parissa työskentelevälle oppilaalle se todistaa välineellisesti, millaisia työskentelytaitoja matematiikassa arvostetaan. On selvää, että jos portfolioon sisällytetään ongelmakeskeistä ratkaisukykyä ja sen mukanaan tuomien ajattelumallien dokumentointia, oppilaat pian oppivat tällaisen työskentelyn olevan myös arvokasta ja tärkeää matematiikassa. Kun oppilaat huomaavat opettajan olevan kiinnostunut oppilaan portfolion mukanaan tuomien ajattelumallien ja tuntemusten dokumentoinneista, alkavat oppilaat innostua matematiikasta ja pitää työskentelyä luonnollisena osana matematiikan oppimista. Näin portfoliotyöskentely ja sen mukanaan tuoma

arviointi tukevat välineellisesti oppilaiden matematiikan oppimista, mistä saattaa muodostua käännekohta oppilaan matematiikan opiskelulle. (Kupari & Saranen 1996, 128.)

Portfolio toimii tuotoksena ja osaamisen näyttönä, kun siihen on valikoitunut oppilaan valitsemia töitä, kun hän on itse arvioinut, mitä sellaisia töitä portfolioon sisällytetään, jotka osoittavat parhaiten hänen osaamistaan. Näin ollen siihen ei kasata kaikkia jakson aikana tehtyjä töitä, vaan osaaminen pystytään näyttämään muutamilla valikoiduilla töillä. Koulussa voidaan työskentely portfolioiden parissa toteuttaa niin, että oppilaat tietyn jakson päätteeksi kokoavat portfoliokansioonsa parhaat työnsä, jotka monipuolisesti osoittavat heidän osaamistaan. (Karp & Huinker 1997, 225; Linnakylä & Kupari 1996, 105-106.)

Portfolio oppimisprosessin kuvaajana

Portfolio voidaan nähdä kokoelmana, välineenä ja tuotoksena ja kaikkien näiden lisäksi erityisesti oppilaan oppimisprosessin kuvaajana. Herbertin (1998) mukaan oppilas käyttää metakognitiivisia ajattelutaitojaan tehtävien parissa, reflektoidessaan, arvioidessaan ja valitessaan töitään portfolioonsa. Oppilas joutuu jatkuvasti myös miettimään jo tehdyistä töistä, kuinka eri työt parhaiten kuvaavat hänen osaamistaan, miten niitä voi verrata edellisiin töihin ja kaikkein tärkeimpänä miten nähdä portfolio kokonaisuutena. (Herbert 1998, 584-585.) Ajattelun ja käytännön työn eri vaiheet ovat muodostaneet matematiikan koko oppimisprosessin. Oppilaan ratkaistaessa ongelmanratkaisutehtäviä muutokset oppimisessa saattavat toisinaan olla pieniä, mutta portfoliotehtävien kautta oppilas voi iloita näistä pienistäkin onnistumisen ja oppimisen hetkistä, jotka vaihe vaiheelta muodostavat pian suuremman kokonaisuuden. Näin voidaan puhua prosessityöskentelystä. Oppilas pystyy seuraamaan omaa oppimistaan ja kehittymistä kohti asetettuja tavoitteita. Oppimisprosessin seuraaminen luo oppilaalle uutta uskoa selviytyä aina uusista ongelmaratkaisutehtävistä ja niiden mukanaan tuomista haasteista. (Kallick & Brewer 1997, 62.)

Prosessityöskentelyn kautta oppilas pystyy jäsentämään itselleen matemaattista osaamistaan. Eri työvaiheissa edetessään hän rakentaa ymmärrystä siitä, mitä osaa ja

toisaalta mitä voisi osata vielä paremmin. Tällaisessa työskentelyssä oppilas pystyy käyttämään monipuolisesti taitojaan ja osaamistaan, joka vahvistaa hänen kuvaansa oppijana. Portfoliotyöskentelylle ominaiset näytetyöt, jotka sisältävät eri työvaiheita ja ajatteluprosesseja, matematiikan osa–alueella voivat olla mm. oppilaan matemaattinen elämäkerta, yksin tai ryhmissä toteutettuja tutkimustehtäviä, erilaisia ratkaisuja yhteen haasteelliseen ongelmaan, elegantti todistus, joka voi olla omaperäinen tai muodollinen, oppilaan itse keksimä ongelma ja sen ratkaisu, oppilaan suunnittelemia tai rakentamia malleja ja ohjelmia, tieteiskirjojen arvosteluja, äänitteitä tai videoita oppilaan töistä, työprosesseista, haastatteluista (Crowley 1993, 545; vrt. Linnakylä & Kupari 1996, 120.)

4.3 Oppilaiden asenne matematiikkaan

Yleensä on oltu sitä mieltä, että oppilaan asenne vaikuttaa suhteessa hänen menestymiseensä oppiaineessa. On luonnollista, että jos oppilas pitää oppimastaan aineesta, hän innostuu siitä ja käyttää usein enemmän aikaa sen oppimiseen, koska se on mielenkiintoista. Tästä syystä oppilas menestyy hyvin kyseisessä aineessa. Myönteinen asenne lataa yksilöön positiivista energiaa, joka antaa voimia taitojen harjoittelemiseen ja oppimiseen.

Matematiikan asenteita on tutkittu ja tutkimustulokset osoittavat, että matematiikan asenteen ja saavutusten välillä on merkittävä yhteys (Dungan & Thurlow 1989, Kupari 1998, 221 mukaan). Kaikkien oppiaineiden miellyttävyyttä tutkittiin vuosina 1979 ja 1990. Tutkimuksen neljäs- ja kuudesluokkalaisten mielestä vuonna 1990 matematiikka kuului viiden miellyttävimpänä pidetyn oppiaineen joukkoon. Muita tähän joukkoon kuuluneita aineita olivat biologia, englanti, liikunta ja maantieto. Neljäsluokkalaisten mielestä matematiikka oli jopa mieliaine. Vuosien 1979 ja 1990 välillä oli syntynyt eroa, sillä vuonna 1990 matematiikka koettiin miellyttävämpänä aineena kuin aikaisemmin. (Kupari 1998, 221.)

Asennekyselyn tulokset antoivat samantyyppisiä tuloksia. Vuoden 1990 tulokset osoittivat, että neljännen luokan oppilaista 40 prosenttia piti matematiikasta hyvin

paljon, ja lähes puolet neljäsluokkalaisista piti matematiikkaa mielenkiintoisena. Oppilaista yli 40 prosenttia oli sitä mieltä, että on mukava päästä laskemaan laskuja taululle ja vain joka kymmenennen oppilaan mielestä matematiikka oli vastenmielinen aine. Neljännen luokan oppilaiden tulokset ovat varsin positiivisia matematiikan asenteen suhteen. Kuudennella luokalla oppilaiden asenteissa tapahtuu jo muutoksia. Kuudesluokkalaisista lähes kolmannes pitää matematiikasta hyvin paljon, toisaalta taas puolet oppilaista oli vastakkaista mieltä. Taululla laskeminen mukavana toimintana oli laskenut lähes puolella, sillä kuudesluokkalaisista enää neljännes piti taululla laskemista mukavana. Matematiikka oli vastenmielinen aine jo 22 prosentin mielestä, mikä oli kaksinkertaistunut neljäsluokkalaisiin verrattuna. Toisaalta puolet kuudesluokkalaisista olivat sitä mieltä, että matematiikka ei ollut vastenmielinen aine. (Kupari 1998, 221.)

Yksityiskohtaisempi jaottelu neljäs- ja kuudesluokkalaisten asenteista matematiikka kohtaan näkyy seuraavassa taulukossa, jossa on verrattu luokkien välisiä eroja. Asenneväittämien prosenttiluvut kertovat samaa mieltä väitteiden kanssa olleiden määrää seuraavasti:

1)	Minulla on vaikeuksia matematiikan ymmärtämisessä.	10% (4.lk)	21% (6.lk)
2)	Matematiikka on minusta vaikeaa.	10%	21%
3)	Matematiikassa vaaditaan liikaa.	12%	21%
4)	Matematiikan opetus etenee mielestäni liian nopeasti.	14%	21%

Kokonaisuudessaan vuoden 1990 tulokset osoittivat, että neljäsluokkalaiset eivät pitäneet matematiikkaa vaikeana oppiaineena. Melkein 60 prosenttia oli kyseisistä väittämistä eri mieltä ja lähes kolmannes ei ottanut mitään kantaa asiaan matematiikka vaikeana oppiaineena. Kuudennella luokalla vähän yli puolet, 51 prosenttia, oli sitä mieltä, että matematiikka ei ollut vaikeaa. (Kupari 1998, 222.)

Oppilaiden oppimistuloksia tarkasteltiin edelleen vuosien 1979-1990 välillä. Tutkimuksessa oli runsas määrä tehtäviä, jotka olivat molemmille tutkimuksille yhteisiä ja olivat ala-asteen matematiikan opetuksen tavoitteiden mukaisia. Tutkimuksessa olleiden tehtävien tulokset osoittivat, että eri tehtäväsisältöjen suoritustaso on kohentunut kauttaaltaan sekä neljäs- että kuudesluokkalaisilla muutamia poikkeuksia lu-

kuun ottamatta. Asenteet näyttää korreloivan positiivisesti suhteessa opittavaan aineeseen. Yleisesti vuonna 1990 matematiikka koettiin miellyttävämmäksi kuin vuonna 1979 ja samalla oppimistulokset olivat parantuneet vuonna 1990 edellisestä tutkimuksesta. (Kupari 1998, 225.)

5 ARVIOINNIN MAHDOLLISUUDET

Arviointiin on viime vuosikymmenenä kiinnitetty yhä enemmän huomiota samalla kun varsinaiset opetusmenetelmät ovat saaneet monipuolisempia piirteitä. Erityisesti on huomattu, että mikäli peruskoulujemme opetusta muutetaan enemmän oppijalähtöiseksi, on tarpeellista kehittää myös arviointia enemmän siihen suuntaan. Mikäli opetus käy muutosprosessia, on samanaikaisesti tarpeellista tarkistaa, että arviointi vastaa käytettyjä opetusmenetelmiä. On tarkasteltu, kuinka oppilaita voisi monipuolisesti ja objektiivisesti arvioida ja näin tukea heidän oppimisprosessia ja oppimistaan.

5.1 Oppilasarviointi ja sen tehtävä

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1994 on selkeästi määritellyt oppilasarvioinnin tarkoitusta. Siinä korostetaan, että arviointi on erilaisissa vuorovaikutustilanteissa koulun opetus- ja kasvatustyön olennainen osa, joka vaikuttaa oppilaan minäkuvan muodostamiseen. Arviointi auttaa oppilasta tiedostamaan koulun opetuksen tavoitteita, jotka ohjaavat käytännön opetustyötä koulussa. Näiden tavoitteiden kautta voidaan edistää oppilaan kasvua ja "tukea opetuksen jatkuvaa uudistamista". Entisestään arvioinnissa painotetaan oppimisprosessin arviointia. Oppilaan tulee tietää koko peruskoulun ajan omaan oppimiseen liittyvistä tekijöistä, omasta edistymisestään, sosiaalisesta kasvustaan, opiskelutaidoistaan ja oppimistuloksistaan. Oppilasta kannustetaan asettamaan omia tavoitteita opiskelun suhteen ja arvioimaan niitä itse sekä kykenemään arvioimaan myös muiden työskentelyä käyttämällä ryhmäarvioinnin eri muotoja. (Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1994, 24-25.) "Perusopetuslain mukaan oppilaan arvioinnilla pyritään ohjaamaan ja kannustamaan opiskelua sekä kehittämään oppilaan edellytyksiä itsearviointiin. Oppilaan itsearviointikyvyn kehittäminen on perusopetuslain edellyttämä uusi tehtävä" (Perusopetuksen oppilaan arvioinnin perusteet 1999, 1). Oppilaan tulee arvioida enemmän omaa oppimistaan ja sen tuomia haasteita ja mahdollisuuksia.

Aikaisempaa selkeämmin on erotettu arvioinnin kaksi eri tehtävää. Ensimmäisenä on jo edellä mainittu opintojen ohjaamiseen ja kannustamiseen liittyvä tehtävä, jota kutsutaan **arvioinniksi opintojen aikana**. Opintojen aikana suoritettavassa arvioinnissa ohjataan ja kannustetaan oppilaan kasvua, opiskelua ja työskentelyä. Perusopetuksen **päättöarviointi** on oppilaan arvioinnin toinen tehtävä. Se vaikuttaa oppilaan jatkoopintoihin ja näin ollen sen tulee olla kansallisesti vertailukelpoista. (Peruskoulun oppilaan arvioinnin perusteet 1999, 7-8, 15.) Tässä yhteydessä tarkastelemme kuitenkin tarkemmin oppilaan arvioinnin ensimmäistä tehtävää, arviointia opintojen aikana. Se vaikuttaa oleellisesti oppilaan saamaan päättöarviointiin oppimisen rakentuessa kumulatiivisesti, edellisten tietojen vaikuttaessa uuden oppimiseen.

Arviointi muutoskehityksessä

Viime vuosikymmenen aikana arviointi on käynyt varsinaista muutosten vallankumousta, jota se edelleenkin käy. Erityisesti perinteisiin arviointimenetelmiin, kokeisiin ja testeihin on kohdistunut kritiikkiä. Torrance ja Broadfootin mukaan (ks. Virta 1999, 22) kansainvälisesti uudistuspyrkimykset ovat olleet samantyyppisiä, mutta korostaa, että varsin voimakkaita ne ovat olleet Yhdysvalloissa ja Isossa-Britanniassa. Yhdysvalloissa käytettiin aikaisemmin paljon standardisoituja kokeita, jonka vuoksi se on saanut kritiikkiä, jota sellaisenaan ei voida samaistaa meidän arviointikulttuuriimme. Toisaalta osa kritiikistä koskee meillä perinteisesti käytettyjä kokeita ainoana oppimistulosten arvioijana. (Virta 1999, 22.)

Oppijakeskeiset oppimisympäristöt, jota käsiteltiin jo ensimmäisissä luvuissa, ovat tuoneet mukanaan uusia haasteita myös vastaamaan oppijalähtöiseen ja oppimiskeskeiseen arviointiin. On ollut tarpeellista kehittää arviointeja, joissa vallalla oleva konstruktivistinen, ymmärtämistä korostava oppiminen, voidaan arvioida. Cunningham (1998) kiteyttää, miksi on ollut tarpeellista kehittää monipuolisempia menetelmiä ja niitä ovat Cunninghamin (1998, 124-127) mukaan seuraavat:

- huoli etenkin standardisoitujen kokeiden negatiivisista vaikutuksista oppilaiden oppimiseen

- tyytymättömyys olemassa oleviin kvantitatiivisiin psykometrisiin malleihin arvioinnissa
- konstruktivistisen oppimiskäsityksen kasvava vaikutus oppimisessa
- usko siihen, että koulut edistävät tasa-arvoa oppilaiden kesken ja näin ollen positiivista sosiaalista muutosta

Keskeinen piirre on se, että arviointi vastaisi oppilaan oppimisprosessia ja sen mukanaan tuomia tietoja ja taitoja. Sirpaletietojen, faktojen ja perustaitojen oppimisen sijaan korostetaan laajempia tietokokonaisuuksia ja erityisesti asioiden ymmärtämistä. (Cunningham 1998, 126.) On selvää, että uusien virtausten ohella kokeita edelleen pidetään. Tällöin olennaista onkin kiinnittää huomiota kokeiden laatuun ja siihen, mitä ne edellyttävät oppilailta ja miten oppilaat osoittavat osaamisensa.

5.2 Perinteiset arviointimenetelmät

Kouluissamme on ollut perinteisinä arviointimenetelminä kokeet ja erilaiset testit. Näiden ohella on viime vuosina tullut joukko vaihtoehtoisia arviointikäytänteitä, kuten tässä tutkimuksessa tutkittu portfoliotyöskentelyä kuvaava Matematiikan saavutusten salkku. Perinteisillä arviointimenetelmillä kuten kokeilla ja erilaisilla testeillä on varmasti paikkansa koulun arviointikäytänteissä, mutta kun käytetään muitakin arviointimenetelmiä, perinteisten ohella, antavat ne kattavamman kuvan oppilaan todellisesta osaamisesta. Mitä useammalla tavalla oppilas on voinut osoittaa osaamistaan, sitä paremman kuvan sekä oppija että arvioija saa oppilaan osaamisesta.

Kokeet

Kokeet ovat olleet perinteisinä arviointimenetelminämme koulukulttuurissamme jo vuosikymmeniä ja tulevat jossain määrin aina olemaan osa arviointijärjestelmäämme. Kvale (1995) on tutkinut arviointia ja tietoa, jota arvioinnissa mitataan, ja niiden välisiä suhteita. Kokeissa testataan omaksuttua tietoa ja tämän lisäksi testataan myös tiedon yleistä luonnetta, sitä, mikä on tärkeää juuri sillä hetkellä yhteiskunnassa.

Tästä syystä kokeiden valta on merkittävä, ne määrittävät mikä tieto on validia tai pätevää kyseisessä yhteiskunnassa ja kulttuurissa. (Kvale 1995, 15.) Oppilaat tulevat kokeisiin hyvin eri lähtökohdista. Mikäli kiinnostuksen kohteena ei ole ollut varsinainen asian oppiminen, kokeiden kaksoisrakenne tulee nopeasti esiin. Kaksoisrakenteessa oppilaan hallitsema tieto ja kokeesta selviytymisen keinot ovat rakentuneet erillisiksi osa-alueikseen. Kokeesta selviytyäkseen oppilas käyttää keinoja asian oppimisen sijaan. Hän tietää, mitä täytyy opetella ulkoa ja osata tietynlaiseen kokeeseen vain selviytyäkseen kokeesta opiskelijana. Koe itsessään jo opettaa kyseiseen menettelyyn, kun oppilas pian huomaa, mitä kokeessa saa tehdä ja mitä ei saa tehdä selviytyäkseen siitä. Kaksoisrakenteen toinen puoli muodostuu mitattavasta tieto–taidosta, jota tarvitaan todellisen elämän eri osa-alueilla esimerkiksi opiskelijana. (Karjalainen & Kemppainen 1993, 11-12.)

Perinteisissä kokeissa on yleisesti käytössä subjektiivisia ja objektiivisia tehtäviä sen mukaan, miten ne ovat pisteytettävissä. Subjektiivisissa tehtävissä, kuten kirjoitelmaeli esseetehtävissä, lyhyen vastauksen tehtävissä ja täydennystehtävissä pisteytys perustuu pisteittäjän asiantuntijuuteen. Tehtäville asetetut tavoitteet ja kriteerit vähentävät subjektiivisuuden virheitä. Objektiivisissa tehtävissä, monivalinta-, tosi-epätosi- ja yhdistelytehtävissä oppilas valitsee annetuista vaihtoehdoista oikeat, näissä pisteytys ei perustu opettajan asiantuntijuuteen, vaan oikeat vaihtoehdot ja pisteytys on määritelty ja oikeat vastaukset pystytään pisteyttämään varsin helposti. (Koppinen, Korpinen & Pollari 1994, 58-59.)

Hyvä koe on oppimistilanne, jossa kokeen kaksoisrakenne katoaa. Opettaja on voinut ohjata jo opetuksen aikana oppilasta aktiiviseen tiedonhankintaan, jossa oppilas on voinut itse evaluoida saamansa tiedon merkitystä oppimiselleen. Näin oppilas ei opiskele ainoastaan koetta varten tai pelkästään sirpaletietoa, vaan siinä yhdistyy todellinen elämä ja ennen kaikkea oppiminen. Hyvässä kokeessa yhdistyvät oppimistavoitteet ja sekä oppilaan että opettajan oppimisnäkemykset. (Koppinen ym. 1994, 53-54.)

Testit

Testejä voivat olla standardoidut testit, jossa tehtäväsarjojen kautta arvioidaan oppilaiden tietoja, taitoja, intressejä tai luonteenpiirteitä. Varsinaisia standardoituja testejä käytetään koulussa harvoin, enemmän niitä käytetään valinta- ja soveltuvuuskokeissa, jossa samoja testejä voidaan käyttää useita vuosia peräkkäin. Koulussa suppeiden kokonaisuuksien arviointiin on järkevää käyttää muita arviointimenetelmiä. (Koppinen ym. 1994, 71.) Kansainvälisesti tarkasteltuna Yhdysvalloissa on käytetty standardoituja testejä kouluissa, minkä vuoksi siellä on ryhdyttykin kehittelemään autenttisimpia arviointimenetelmiä, jotka arvioisivat oppilasta monipuolisemmin.

Kokeet, erityisesti monivalintakokeet ja tosi-epätosi tyyppiset tehtävät, sekä testit voivat tuottaa oppimistuloksena varsin pinnallista oppimista, jolloin pian kokeen jälkeen oppilas unohtaa ulkoa opittua sirpaletietoa tai ei pysty soveltamaan tietoa ja käsittelemään opitun tiedon merkitystä. Mikäli oppilas pystyy luomaan sisällöllisen merkityksen oppimalleen ja soveltamaan niitä tietoja arkielämään, hänen oppimistuloksensa on selkeästi asioiden syvä ymmärtäminen. Åhlbergin (1990) esittämässä mallissa kuvataan syväoppimisen ja pintaoppimisen erot seuraavasti:

LÄHESTYMISTAPA	KUVAUS	OPPIMISTULOKSET
pintaoppimiseen suuntautunut	Yksityiskohtien mieleenpainaminen ja mahdollinen ylioppiminen	pinnallinen ymmärtäminen
pyritään selvittämään vain päättelyjen kulut (rakenne)	Analysoidaan testissä johtopäätökset ja argumentointi sekä evidenssi. Tässä työssä ollaan kriittisiä, mutta kokonaiskäsitys jää muodostamatta.	keskinkertainen ymmärtäminen
pyritään vain yleiskäsityksen saamiseen	Tekstistä luodaan yleiskäsitys. Tämä käsitys liitetään lukiessa aikaisempiin kokemuksiin ja opittavat asiat sovelletaan omaan elämään. Tarkka päättelyjen analysointi jää suorittamatta.	keskinkertainen ymmärtäminen
syväoppimiseen suuntautunut	Oppija luo ensin yleiskäsityksen siitä, mitä on tarkoitus oppia. Opiskellessaan hän pohtii myös sitä, mitä opiskeltava asia merkitsee hänen omaan elämäänsä sovellettuna. Hän analysoi esiin päättelyt ja niiden rakenteen ja opiskelee kriittisesti sekä päättelyjä että kokonaisjärjestelyä.	syvä ymmärtäminen

Kuvio 2. Syväoppimisen ja pintaoppimisen erot (Åhlberg 1990, 72, Entwistleä ja Ramsdenia 1983 soveltaen).

Kuten kuviosta tulee esille, oppimistuloksilla on eroja suhteessa tapaan, jolla opetusta ja arviointia toteutetaan. Opettajan on tarpeellista kiinnittää huomiota siihen mitkä todella ovat hänen tavoitteensa ja ohjata omaa opetusta ja arviointia sen mukaisesti. Onko hyvä, että oppilas opettelee paljon yksityiskohtaista tietoa vai onko järkevämpää, että oppilas on osannut muodostaa kokonaisuuden oppimastaan ja vielä kykenee ymmärtämään, mikä merkitys tiedolla hänelle on? Arviointi antaa monia mahdollisuuksia erilaiseen oppimiseen.

5.3 Autenttinen arviointi

Edellisissä luvuissa kuvatut uuden tyyppiset konstruktivistiset oppimiskäsitykset tuovat mukanaan arvioinnin uusia mahdollisuuksia. On selvää, että jos opetusta muokataan, tulee arviointia myös tarkistaa, toimiiko se uusissa oppimistilanteissa. Oppiminen ja arviointi kulkevat käsi kädessä. Enää ei riitä pelkästään ärsykkeiden ja reaktioiden tarkastelu, vaan nyt tarkastellaan tilanteista ja konteksteista oppilaan antamia tulkintoja (Kananoja 1999, 74).

Konstruktivisessa oppimiskäsityksessä arviointi muodostuu olennaiseksi osaksi oppimista, jossa yksilö jatkuvasti reflektoi omaa oppimistaan. Tästä syystä ei arvioida ainoastaan oppimisen lopputulosta vaan koko oppimisen aikaista prosessia. Tämä arviointi tunnetaan paremmin nimellä: **autenttinen arviointi** ja **suoritusarviointi**. Stigginsin mukaan (ks. Virta 1999, 33) "autenttisella arvioinnilla tarkoitetaan arviointia, joka kohdistuu pikemminkin siihen, miten oppilas osaa käyttää tietojaan, kuin siihen, mitä hän tietää". Näin ollen oppilaan vastuu omasta oppimisestaan kasvaa, kun pelkkä tietäminen ei riitä, vaan oppilaan tulee myös osoittaa, että hän osaa käyttää tietojaan, joita hän on omaksunut oppimisprosessinsa aikana. Silloin vasta voi opettajakin tietää, että oppilas osaa ja on oppinut uutta.

Cunningham (1998) tähdentää, että amerikkalaista Grant Wigginsiä pidetään autenttisen arvioinnin uranuurtajana, joka perinteisten kokeiden sijaan vaihtoehtoisissa testikäytännöissä käytti nimenomaan termiä autenttinen, termien vaihtoehtoinen tai suoritustesti sijaan (Cunningham 1998, 123). Wigginsin (1989) mukaan autenttisesta arviointia muodostaessa on tarpeellista ensin määrittää suoritus, jossa oppilaan tulisi olla hyvä ja vasta sen jälkeen suoritusta mittaava testi. Samoin Takala (1994, 4) on tähdentänyt autenttisen arvioinnin tarkoittavan entistä tarkempaa arviointimenetelmien valintaa, ei esimerkiksi vähäisempää monivalintatestien käyttöä, vaan sitä, että kiinnitetään erityisesti huomiota testin sopivuuteen suoritettavaan toimintaan. Suoritusprosessin aikana oppilaan ymmärtämys opittavasta sisällöstä tulee esiin. Elämänläheisyys ja tiedon sovellettavuus käytännön elämään ovat autenttisen arvioinnin keskeisiä ajatuksia. Kokeissa tulisi olla niitä elementtejä, joita kohdataan arkielämäs-

sä, tiedon konstruointia, analysointia, tutkimusta ja erilaisten näkemysten yhteensovittamista. Pienet tiedon palaset eivät sinällään riitä, vaan oppilaan tulee osoittaa osaamisensa suurempina kokonaisuuksina, joissa voidaan seurata oppilaan tiedon konstruointia, esimerkiksi portfolio, työskentelyprosessin tuotoksena. (Wiggins 1989, 705-706, 711.)

Autenttisen arvioinnin myötä oppilaan ajatteluprosesseihin kiinnitetään enemmän huomiota. Merkityksellistä on, että oppija tietää, milloin hän osoittaa osaamistaan ja kuinka soveltaa opittuja käsitteitä uusiin tilanteisiin, eikä ainoastaan se, että osaa osoittaa omaksuttua tietoa jollakin tavalla. Oppilas käyttää keskeisesti metakognitiivisia taitojaan suunnitellessaan, organisoidessaan ja arvioidessaan omaa työskentelyään. Erityisesti ratkaistaessa ongelmaratkaisutehtäviä ryhmissä oppilaat käyttävät metakognitiivisten taitojen vaatimaa ajattelun prosessointia konkreettisesti, jäsentäessään tehtävän vaatimaa ratkaisua. (Herman 1997, 397-398.)

Linnakylä ja Kupari (1996) kuvaavat monipuolisesti ja selkeästi useiden tutkijoiden arviointinäkemyksiä (ks. Mäensivu 1999, 34.), joita on tarkasteltu Mäensivun arviointia käsittelevässä väitöskirjassa. Tutkijoiden arviointinäkemysten mukaan autenttisen arvioinnin periaatteiksi nousi seuraavaa:

1. Tiedon tuottaminen. Autenttisessa arvioinnissa painotetaan pikemminkin uuden tiedon tuottamista tai tietojen uudenlaista yhdistämistä kuin yksistään opitun tiedon toistamista.

2. Oppijan oma aktiivisuus, valta ja vastuu. Oppilaalla tulisi olla arvioinnissakin aktiivinen rooli tiedon ja taidon rakentajana, oman toimintansa säätelijänä sekä itsearvioijana.

3. Tutkiva ja soveltava ote tietoon. Arvioinnissakin tulisi mahdollistaa tutkiva, ongelmia ratkaiseva ja soveltava ote tietoon.

4. Merkityksellisyys oppijan ja elämän kannalta. Arvioinnilla on oltava muutakin arvoa kuin pelkästään osaamisen dokumentointi ja kontrollointi.

5. Kompleksiset taito- ja tietokokonaisuudet. Arviointia ei rajata tiukasti oppiainekohtaisesti tai kognitiivisia ja affektiivisia aluetta erotellen, vaan se kohdistetaan pikemminkin todellisiin, elämänläheisiin tieto- ja taitokokonaisuuksiin, joissa oppijalle merkityksellisiä ongelmia pyritään ratkaisemaan monien eri oppisisältöjen ja välineaineiden tietoja ja taitoja yhdistäen.

6. Laadullinen, arvioitsijoiden asiantuntevaan harkintaan perustuva arvostelu. Kompleksisia tieto- ja taitokokonaisuuksia ja soveltavia ongelmaratkaisutehtäviä on lähes mahdoton arvioida mekaanisesti ja täysin yhdenmukaisin perustein.

(Mäensivu 1999, 34.)

Seuraavassa käsittelemme tarkemmin autenttisen arvioinnin eri menetelmiä ja toteutuksia käytännössä. Kananoja (1999) luettelee vaihtoehtoisiksi arviointimuodoiksi: 1) itsearviointi, 2) prosessiarviointi ja 3) portfolioarviointi.

5.3.1 Itsearviointi

Itsearviointia voidaan toteuttaa sekä yksilö- että ryhmätasolla. Ryhmän itsearvioinnissa arvioidaan koko ryhmän työtä yksilön työn sijaan. Yksilön tason itsearvioinnissa ilmenee reflektiivinen oppimistapa, jossa oppilas tarkastelee omia tavoitteitaan, oppimisprosessiaan ja niiden kautta saavuttamiaan tuloksia. Evaluoidessaan omia tietojaan ja taitojaan oppilas muodostaa käsitystä itsestään oppijana. Itsearviointi nähdään osana oppimista ja osana suurempaa arviointijärjestelmää kannustaen itseohjautuvaan oppimiseen. Asetettujen tavoitteiden ja opiskeluprosessien tarkastelun yhteydessä oppilas kantaa vastuuta omasta oppimisestaan. Oppilaalle muodostuu käsitys siitä, missä vaiheessa hän on suhteessa asetettuihin tavoitteisiin, ja opettaja saa tietoa oppilaiden yksilöllisistä ajattelu- ja ongelmaratkaisutavoista. (Lasonen 1996, 143-144.)

Yksilön arvioidessaan itseään keskeistä on antaa oppilaan ymmärtää, ettei hänen pidä arvioida itseään vaan lähinnä oppimistaan ja tekniikkoja, joita hän käyttää opiskelussaan sekä tehokkuuttaan jne. pääasiassa niiden tavoitteiden saavuttamista, jotka hän on asettanut itselleen ja joihin hän pyrkii määrätietoisesti. Opettaja asettaa yleensä kriteerit, joiden pohjalta oppilas arvioi. Toisinaan oppilaat saattavat itse asettaa kriteerit ja arvioida siltä pohjalta, mutta yleisemmin opettaja on asettanut kriteerit. (Kananoja 1999, 76; Koppinen ym. 1994, 84, 86.)

Yleensä oppimistilanteet luokassa on hyvä asettaa niin, että oppilailla on mahdollisuus kommunikoida tarpeen tullen, vaikka oman pöytäkunnan tai parin kanssa. Ma-

tematiikan ongelmanratkaisussa oppilaiden keskinäinen keskustelu auttaa oppilaita jäsentämään omia käsityksiään ratkaistavista tehtävistä. Keskustellessa he etsivät lisää tietoa puuttuvista käsitteistä ja jäsentävät näin omaa oppimistaan. (Weissglass, Mumme & Cronin 1990, 274.)

5.3.2 Prosessiarviointi

Autenttista arviointia voidaan toteuttaa prosessiarviointimenetelmällä. Prosessiarviointi nähdään formatiivisena arviointina. Vaherva (1983) tähdentää, että formatiivisessa arvioinnissa kuvataan erilaisia opetustoimintoja tarkasti, mikä on ominaista myös prosessiarvioinnille. Oppilaan koko oppimisprosessi on olennaista, sillä oppilasta arvioidaan välitavoitteiden kautta kohti lopullisia koulutustavoitteita. Vaherva (1983, 44) kiteyttää, että "opetusprosessin luonteelle ja toteutukselle voidaan asettaa tietyt tavoitteet, joita sitten formatiivisen arvioinnin avulla evaluoidaan". Prosessiarviointia voidaan toteuttaa Syrjälän – Nummisen (1988), Linturin (1993) ja Lonkilan (1991) mukaan (ks. Tuomisto 1996, 255) havainnoimalla opetuksen aikana, vertailemalla opetuksen ja oppimisen menettely- ja työtapoja sekä arvioimalla kaikkia niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat oppimiseen kuten opiskelijaa, opettajaa ja opetusohjelmaa.

Opetusprosessi on itsessään yksi kokonaisuus, jota on vaikea arvioida kokonaisuudessaan tasapainoisesti. Tästä syystä opetus on hyvä jakaa osiin ja muodostaa näistä arvioinneista arviointikokonaisuus. Näiden seuraamuksia, oppimistuloksia, tarkastellaan, jolloin usein puhutaankin arvioinnin prosessi- ja produktikriteereistä, siitä miten validia arviointitoiminta on. Koulutuksen tulosvastuullisuudessa painottuvat oppimistulokset, mutta hyvin usein unohtuu tapa millä tulokset on saavutettu. (Kansanen 1997, 429.) Prosessiarvioinnissa kiinnitetään huomiota juuri tähän seikkaan, oppilasta arvioidaan jo prosessin aikana, ei ainoastaan lopussa, summatiivisen arvioinnin tapaan. Näin yritetään saada mahdollisimman tasapainoinen arviointi oppilaan osaamisesta.

5.3.3 Portfolioarviointi

Oppijakeskeisessä oppimisen arvioinnissa on korostettu elämänläheisiä ja oppimisympäristöön soveltuvia arviointimenetelmiä. Tärkeää on ollut, että oppilas kykenee soveltamaan opittua tietoa myös koulun ulkopuolella. Oppilaiden erilaisuus niin tietojen, taitojen kuin myös motivaation kohdalla on osaltaan asettanut haasteita kehittämään arviointia. Halutaan arvioida monipuolisesti, jotta erilaisten oppilaiden osaaminen tulisi mahdollisimman hyvin ja luotettavasti esiin. (Linnakylä 1994, 9.) Kolmantena ja kenties tunnetuimpana autenttisena arviointina tunnetaan portfolioarviointi, joka Pollarin (1994) mukaan määritellään seuraavasti:

> Portfolio on henkilön itsensä valitsema kokoelma hänen parhaista, tärkeimmistä ja tarkoitukseen sopivimmista töistään. - - Se on näyte hänen aikaisemmista saavutuksistaan mutta se on myös kuvaus hänen taidoistaan, tiedoistaan ja mielenkiintonsa kohteista. Se on siis tavallaan hänen arvopaperisalkkunsa: kokoelma erilaisia dokumentteja, joiden arvoon hän uskoo ja joihin hän on sijoittanut itseään ja työtään. (Pollari 1994, 51.)

Portfolio arviointimenetelmänä ilmaisee, mitä oppilas osaa tietyn ajanjakson jälkeen. Oppilas on koonnut hänelle arvokkaita tehtäviään kansioonsa tms. joka edustaa häntä ja hänen taitojaan. Portfolio voi olla myös useamman kuin yhden henkilön tuotos, jota arvioidaan ryhmän tuotoksena. Portfoliotöitä voi olla nipussa oppilaan kansiossa, salkussa tms. tai se voi olla jonkin ryhmän projektityön tuotos, jota arvioidaan sen mukaisesti. Linnakylä, Kankaanranta ja Pollari (1996) kiteyttävät portfolioarvioinnin seuraavasti: "Näin ollen portfoliosta ei ole olemassa yhtä ainoaa oikeaa mallia, vaan tarkoitus, tekijä ja tilanne ohjaavat olennaisesti portfolion muotoa, sisältöä, toteutusta ja arviointia." Se voi olla yksin tuotettu työ tai jokin yhteistoiminnallisesti tuotettu projektityö tai kokonaisuus. Käytännössä portfolio voi olla kansio, salkku, laatikko, tietokonelevyke, kuvakokoelma, videokasetti, äänite tai jopa näiden yhdistelmiä, pääasia on että asetetut tavoitteet saavutetaan työn kautta. (Linnakylä, Kankaanranta & Pollari 1996, 2.)

Matematiikassa oppilaat voivat koota opittuja käsitteitä parhaiten esittävät tehtävät omine selityksineen ja perusteluineen kansioon, jonka perusteella arvioidaan oppilaan käsitteen ymmärrystä. Portfolio toimii osaamisen näyttönä sekä opettajalle että oppilaalle, esittäen, mitä oppilas on oppinut opituista käsitteistä. Tämän lisäksi portfolio toimii erinomaisena evidenssinä vanhemmille oppilaan työskentelystä ja hänen oppimistaan taidoista. (De Fina 1992, 14). Erilaisissa oppilasta koskevissa arviointikeskusteluissa opettajan, oppilaan ja vanhempien kesken portfoliota voidaan käyttää osoittamaan oppilaan osaamista.

5.3.4 Autenttisen arvioinnin pätevyys ja luotettavuus

Arviointikäytäntöihin on kuulunut, että menetelmästä riippumatta sen tulee antaa luotettavaa tietoa oppilaan osaamisesta. Tuloksia tarkastellessa on kiinnitetty huomiota arvioinnin reliabiliteettiin ja validiteettiin. Reliabiliteetti perustuu virheettömyyteen, pysyvyyteen ja johdonmukaisuuteen eli käytettävällä arviointimenetelmällä pystytään kerta toisensa jälkeen arvioimaan opittavaa kokonaisuutta. Arviointimenetelmän validius perustuu kohdepätevyyteen: arvioidaan, mitä on tarkoituskin mitata. Validiutta tarkastellessa keskeistä on se mitä arvioidaan, ja sitä kautta arviointimenetelmän tulisi kohdata tämä haaste. Yleensä arvioinnissa nousee myös keskeiseksi teemaksi se, kuinka hyvin, oikeudenmukaisesti ja tasa-arvoisesti se arvioi arvioitavaa. On selvää, että kun oppilaat ovat erilaisia taidoiltaan ja tiedoiltaan, heidän välilleen syntyy luonnollisesti eroja. Mikäli arvioinnin tuloksena ei synny eroja oppilaiden kesken, herää kysymys, kuinka validia arviointi on voinut olla. Onko se todella mitannut sitä mitä menetelmän tuli mitata? Vaikka arvioinnissa ei ole tärkeintä erojen etsiminen, tulee sen palvella niin, että oppilaan todelliset kyvyt tulevat esiin. (Virta 1999, 26-27, 78.)

Autenttisessa arvioinnissa pyritään kartoittamaan opetuksesta syntyvää laajaa tietomäärää mahdollisimman puolueettomasti, jotta voitaisiin saada aito ja oikea kuva oppilaan osaamisesta. Validius nousee keskeiseksi kriteeriksi, sillä autenttisen arvioinnin lähtökohtana on se, että arvioinnissa käytetään samoja menetelmiä kuin jo varsinaisen oppimisprosessin aikana. Validius kriteerin perusteena on kartoittaa mitä

arvioidaan ja sitä kautta käyttää siihen sopivaa menetelmää. Toisaalta on hyvä muistaa, että menetelmää tulee voida käyttää uudestaan arvioitaessa oppilaita, jolloin arviointimenetelmä on luotettava.

Tämän hetkisen oppimiskäsityksen, konstruktivisuuden, myötä on tärkeä tarkastella, että arviointi kohtaa opetuksessa käytettyjä opetusmenetelmiä. Vaihtoehtoiset, autenttiset, arviointimenetelmät, kuten tässä yhteydessä portfolioarviointimenetelmä, tarjoavat opettajalle monipuolisen dokumenttikokoelman oppilaan osaamisesta. Oppilaat ovat saaneet uusia mahdollisuuksia ja haasteita oppimiseen, sen myötä tulee arvioinnin vastata uusiin oppimisen haasteisiin entistä paremmin. (Herman 1997, 196; Messick 1994, 17.) Tämä osaltaan todistaa autenttisen arvioinnin pätevyyttä tässä yhteydessä. Portfolion arviointimenetelmänä opettaja saa yksityiskohtaisen ja monipuolisen kuvan oppilaan osaamisesta matematiikan tehtäväongelmasta ja erityisesti siitä, kuinka hyvin oppilas ymmärtää ratkaistun tehtävän, jossa oppilas on monin tavoin esimerkiksi piirroksin ja diagrammein kuvannut ratkaistua ongelmaa, minkä lisäksi oppilas on selittänyt tehtävää vielä sanoin.

Linn, Baker ja Dunbar (1991, 15-21) ovat koonneet osuvasti autenttisen arvioinnin kriteerit, joiden perusteella autenttista arviointia voidaan käyttää.

- Seuraukset – Näyttöä niistä seikoista, jotka osoittavat opetuksen ja oppilaan oppimisprosessin tarkoituksellisia ja tarkoituksettomia vaikutuksia.
- Oikeudenmukaisuus – Kaiken arvioinnin tulee olla oikeudenmukaista.
- Siirrettävyys ja yleistettävyys – Tehtävän suorittamisen siirrettävyys.
- Kongitiivinen monitahoisuus – Tehtävä osoittaa oppilaan metakognitiivisia ajatteluprosesseja; oppilaan käsitystä ja ymmärrystä opetettavasta asiasta.
- Sisällön laadullisuus – Asiantuntijoiden systemaattiset tehtävätarkistukset, jossa arvioidaan arviointitehtävän tarkoituksenmukaisuutta.
- Sisällön kattavuus – Monipuoliset opetuksen sisällöt luovat pohjan oppilaan monipuoliselle osaamiselle.
- Tarkoituksenmukaisuus – Autenttinen arviointi tarjoaa oppilaille mielekkäitä kasvatuskokemuksia.
- Taloudellisuus ja tehokkuus – Pitää arvioinnin taloudelliset kustannukset siedettävissä rajoissa.

Näin ollen, jotta autenttinen arviointi olisi pätevää ja luotettavaa, sen tulee huomioida yllä olevat kriteerit. Näiden kriteerien perusteella voidaan todeta, että Matematiikan saavutusten salkku on oikeudenmukainen tehtävän arviointikriteerien osalta, sillä arvioinnissa on taulukko, jonka pohjalta oppilaiden ongelmanratkaisutöitä voidaan arvioida. Opettajan ei tarvitse kehitellä omia taulukoita, vaan se on annettu valmiiksi erilaisine tasoineen. Oikeudenmukaista on, että oppilas suoriutuakseen annetusta tehtävästä on voinut saada tehtävän vastaavaa opetusta. (Herman 1997, 199). Työskentelymenetelmien on pitänyt olla samanlaisia kuin miten oppilasta arvioidaan. Matematiikan opetuksessa on pitänyt olla kuvien piirtämiset ja sanalliset selitykset osana luokan työskentelymenetelmää, jotta oppilas kykenisi suoriutumaan omaa tasoaan vastaavasti ongelmaratkaisutehtäviä ratkoessaan ja opettajan niitä arvioidessa. Näiden kriteerien valossa autenttista arviointia voidaan pitää pätevänä ja luotettavana.

6 MATEMATIIKAN SAAVUTUSTEN SALKKU

Syksyllä 2001 Helsingin opetusvirasto julkaisi matematiikan oppimiseen liittyvän arviointia ja opetusta helpottavan aineiston, Matematiikan saavutusten salkku-oppimateriaalin. Saavutusten salkku -materiaalin tarkoituksena on ollut tuoda opettajille vaihtelua matematiikan opetukseen käytettävästä kirjasarjasta riippumatta. Tämän lisäksi materiaali helpottaa ala-asteen opettajan työtä oppilaiden matemaattisten taitojen arvioinnissa mukana tulevan arviointikriteerien valossa. Materiaali on tarkoitettu mittaamaan oppilaan käsitteen ymmärtämistä sekä kehittämään matemaattisia ongelmaratkaisutaitoja. Yhdessä perinteisten mekaanisten matematiikan kokeiden kanssa materiaali rikastaa oppilaan matematiikan osaamista. (Matematiikan saavutusten salkku -oppimateriaali, 2001,15.)

Salkkutyöskentelyn lähtökohtana pidetään:

- Tehtäviä voidaan arvioida monin tavoin
- Oppilaan tulee tietää jo ennen tehtävään ryhtymistä millaisin kriteerein häntä tullaan arvioimaan
- Tehtävän ratkaisut kerätään kansioon, vihkoon, salkkuun tms.
- Oppilaalla tulee olla mahdollisuus kehitellä omaa ratkaisuaan ja saada tukea opettajalta
- Tehtäviä voidaan ratkaista monella eri tehtävien edellyttämillä tavoilla esim. piirtämällä, laskemalla, taulukoimalla.
- Oppilaalle tulee tarjota tarvittaessa erilaisia ratkaisua helpottavia välineitä
- Oppilas selittää tehtävän ratkaisut sanallisesti

Näiden johdosta tavoitteena on kehittää oppilaan matemaattista ajattelua, sen sijaan että osaamista mitattaisiin yksittäisessä suorituksessa. Työskentelyn kautta oppilas oppii arvioimaan itseään, missä määrin hän on onnistunut ja toisaalta missä paikoin tarvitsee lisää opetusta. Hän oppii myöskin arvostamaan matematiikkaa, luottamaan omiin kykyihinsä ja kommunikoimaan matematiikan kielellä, kun jo työskentelyvaiheessa on voinut keskustella omasta oppimisestaan. (Matematiikan saavutusten salkku -oppimateriaali 2001, 10-18.)

Salkkutyöskentelyn arviointikriteerit perustuvat yhdysvaltalaiseen Kallickin ja Brewerin (1997) portfoliomateriaalin, jossa tehtävää arvioidaan neljällä eri tasolla ja kolmella osa-alueella. Näin pyritään kartoittamaan oppilaan osaamista portfoliotyöskentelyssä monipuolisesti. Osa-alueissa kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin: a) Ymmärtämisessä on keskeistä, että oppilas on ratkaissut tehtävässä esitetyn ongelman. b) Menetelmissä kiinnitetään huomiota siihen, että oppilas on ratkaissut tehtävän käyttäen useita eri menetelmiä tehtävän ohjeiden edellyttämällä tavalla esim. piirtämällä, laskemalla, taulukoimalla. c) Selittämisessä keskeisenä nähdään oppilaan kykyä perustella tehtävän ratkaisu sanallisesti. Ymmärtäminen, menetelmät ja selittämisen osa-alueet on jaettu neljään tasoon, jossa pyritään kuvaamaan oppilaan osaamista asianomaisella osa-alueella. Oppilas ei välttämättä suoriudu tehtävänratkaisussa samalla tasolla kaikilla kolmella osa-alueella. Hän saattaa ymmärtää ongelman pääkäsitteet, muttei käytä välttämättä monipuolisesti menetelmiä ongelman esittämiseksi. (Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaali peruskoulujen matematiikan opetukseen 2001, 18.) Opetusvirasto on muokannut käyttöönsä Kallickin ja Brewerin (1997) matematiikan ongelmanratkaisu portfoliokriteerit seuraavasti:

	Ymmärtäminen	Menetelmät	Selittäminen
1. taso	Ei ratkaisua tai ratkaisu ei liity tehtävään	Ei matemaattista menetelmää eikä päättelyä. Menetelmävirheet estivät ratkaisun	Ratkaisua ei selitetä tai selitys ei ole ymmärrettävä
	Ratkaisu ei ole täydellinen tai se on osittain virheellinen	Käyttää osittain käyttökelpoista menetelmää, mutta ei kykene kokonaan ratkaisemaan ongelmaa	Selitys ei ole täydellinen, mutta oppilas on käyttänyt jotain matemaattista esitystapaa
3. taso	Ratkaisussa ilmenee, että oppilas ymmärtää ongelman ja pääkäsitteet sen ratkaisemiseksi	Löytää ongelmaan ratkaisun ja käyttää tehokkaasti matemaattista päättelyä sekä eri menetelmiä	Selitys on selkeä ja matemaattisesti tarkka. Oppilas käyttää oikein matemaattisia termejä
4. taso	Ratkaisu osoittaa, että oppilas on sisäistänyt ongelman ja hallitsee sekä matemaattiset käsitteet että tarvittavat tiedot ongelman ratkaisuun	Osoittaa monipuolista matemaattista päättelyä. Käyttää eri menetelmiä luovasti ja soveltaen ongelman ratkaisussa	Selittää yksityiskohtaisesti ja vaiheittain kuinka ongelma on ratkaistu. Matemaattiset termit on esitetty tarkasti ja esimerkkejä käyttäen.

Kuvio 3. Matematiikan saavutusten salkku arviointikriteerit (Kallick & Brewer 1997, 18; vrt. Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalipaketti).

Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalin toisessa arviointimallissa oppilaiden ongelmanratkaisukykyä arvioidaan Christina Myren (1995) määrittelemien kriteerien mukaan. Tässä arvioinnissa oppilasta arvioidaan viidellä eri ymmärtämisen tasolla, jossa ratkaisua tarkastellaan kokonaisuutena ja arviointi koostuu asteittaisesta osaamisesta 1-5.

Oppilas on ymmärtänyt osan tehtävästä mutta ei osaa ratkaista tehtävää matemaattisesti	Oppilaalla on jonkinlainen käsitys tehtävän matemaattisesta ratkaisusta	Oppilas osaa ratkaista tehtävän matemaattisesti oikein	Oppilas osaa ratkaista tehtävän matemaattisesti oikein sekä pystyy perustelemaan ratkaisunsa	Oppilas ratkaisee tehtävän matemaattisesti oikein, perustelee ratkaisunsa sekä esittää vastauksensa monipuolisesti

Kuvio 4. Matematiikan arvioinnin kriteerit ymmärtämisen tason mukaan (Christina Myren 1995, Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalipaketti 2001, 19 mukaan).

Näissä kriteereissä korostuu aikaisempaa selvemmin paitsi, että oppilas osaa tehtävät teknisesti, mutta myös hänen sanalliset perustelunsa. Yhä enemmän kiinnitetään huomiota oppilaan oppimisen kokonaisprosessiin, jossa oppilas kykenee eri menetelmin osoittamaan ymmärtäneensä tehtävän ja tämän lisäksi oleellisimpana, selittämään ratkaisunsa. On tärkeää, että koko oppimisprosessin aikana oppilaalla on mahdollisuus kommunikoida matemaattisista käsityksistään, jolloin se muodostuu luonnolliseksi osaksi koko oppimista ja tämän johdosta yllä oleva arviointi toimii luontevasti. Weissglass ym. (1990) tähdentävät, että lasten kommunikointi opetuksen yhteydessä selventää lapsen omaa ajattelua. Puhuessa ja kirjoittaessa matematiikasta lapsi jäsentää omia käsityksiään opituista käsitteistä. Kommunikointi vahvistaa lapsen asemaa matematiikkaan, hän ikään kuin johtaa omaa matemaattista työskentelyään kommunikointinsa kautta. Parin tai saman pöytäkunnankeskeinen kommunikointi vähentää oppilaan mahdollisia matematiikkaan liittyviä pelkoja. Keskustelun kautta matematiikka muodostuu oppilaalle konkreettisemmaksi, kun voi kysellä, pohtia ja selittää tehtävään liittyviä käsitteitä ja termejä. (Weissglass ym. 1990, 273.) Matematiikan kommunikointi edesauttaa oppilaan oppimista yhä ylemmälle tasolle, sillä puheen ja selityksen avulla oppilas edelleen jäsentää omaa ymmärtämystään oppimisestaan ja tarkastelee, onko selitys järkevä tehtävän osalta.

Matematiikan saavutusten salkku tarjoaa oppilaalle mahdollisuuden kognitiiviseen tiedonkäsityksen monitahoisuuteen erilaisine ratkaisumahdollisuuksineen monin erilaisin työtavoin. Työskentelymenetelmissä erilaisten tiedonkäsittelymenetelmien

käyttö tulee esiin oppilaan piirtäessä kuvin ja diagrammein, kirjoittaessa ja selittäessä sanoin tehtäväänsä. Tehtävät ovat usein todellisesta kokemusmaailmasta, joten tehtävä on siirrettävissä ja sovellettavissa koululuokan ulkopuolellekin, jolloin edellisten lisäksi arvioinnin siirrettävyyskriteeri toteutuu. Näiden ohella sisällön laatu- ja kattavuuskriteerit ovat toteutettavissa, sillä Matematiikan saavutusten salkku -materiaali sisältää asiantuntijoiden laatiman arviointitaulukon kriteereineen, joka yksityiskohtaisesti selvittää mitä oppilaan tulee osata matematiikan tehtävässä saadakseen tietyt pisteet. Sisällön kattavuuden kriteerin puitteissa opettajan tulee kiinnittää huomiota siihen, että opetuksen sisällön kattavuus on tarpeeksi laaja, jotta oppilaat voisivat olla valmiita selvittämään annettuja tehtäviä. Taloudellisuuden kriteerin puitteissa opetus ei vaadi ylimääräisiä kuluja vaan pystytään toteuttamaan ilman erityiskustannuksia, mikä mahdollistaa osaltaan oppilaille monipuolisia ja tarkoituksenmukaisia kasvatus- ja oppimiskokemuksia.

Saavutusten salkkuarvioinnin yhteydessä käytettävä pistetaulukko mahdollistaa arvioinnin käytön yhä uudelleen ja uudelleen samojen kriteerien valossa, sekä virheettömyyden ja pysyvyyden, jolloin arviointi on luotettavaa. Näin ollen matematiikan saavutusten salkkuarvioinnilla on paikkansa arvioinnin muuttuvassa kentässä.

7 TUTKIMUSONGELMAT

Oppilaiden matematiikan opiskelu ja sen kautta tulevien matematiikan käsitteiden ymmärtäminen on saanut viime vuosikymmenenä uusia tuulia konstruktivismin myötä, mistä mm. uusin alkuopetuksen opetussuunnitelma kertoo. Näistä seikoista on voitu lukea edellisissä luvuissa. Tästä syystä on ollut oleellista tutkia uusien oppimiskäsityksien mukana tuomien työskentely- ja arviointimenetelmien käyttöä tämän päivän matematiikan alkuopetuksessa. Portfoliotyyppistä Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalin käytössä on ollut tarpeellista selvittää, miten luokanopettajat toteuttavat sitä luokissaan ja millä tavalla se auttaa erityisesti alkuopetuksen oppilasta ymmärtämään matematiikan käsitteistöä. Tässä yhteydessä on kiinnitetty huomiota siihen, mitkä toimintatavat auttavat alkuopetuksen oppilasta ymmärtämään ja oppimaan matematiikkaa niin, että oppilas itsekin tietää, mitä hän tekee ratkoessaan tehtävää. Matematiikan ymmärtämistä tukevien teorioiden pohjalta tutkimukselle on asetettu seuraavat ongelmat:

1. Miten Matematiikan saavutusten salkku –työskentelymenetelmä tukee alkuopetusikäisen oppilaan matematiikan oppimisprosessia seuraavilla osa-alueilla?
   1.1 Ymmärtäminen
   1.2 Menetelmät
   1.3 Selittäminen

2. Minkälaiset ovat alkuopettajan kokemukset Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalista?

8 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

Marraskuussa 2001 solmin tutkimussopimuksen Helsingin kaupungin Opetusviraston kanssa. Varsinaiseksi tutkimusajankohdaksi tuli vuoden 2002 kevään loppupuoli, jolloin luokanopettaja oli käyttänyt jo jonkin aikaa Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalia. Tutkimus on luonteeltaan kvalitatiivinen, Uusitalo (1991) kiteyttää (ks. Eskola & Suoranta 1998, 13, 15), että näin ollen tutkimus ymmärretään aineiston ja analyysin muodon kuvaukseksi, joka on ilmaisultaan tekstiä, numeraalisen ilmauksen sijaan. Tarkastelemme tarkemmin laadullisen tutkimuksen luonnetta tämän tutkimuksen puitteissa.

8.1 Metodologiset lähtökohdat

Tutkimus on laadullinen ja luonnollisesti aineisto on ilmaisultaan tekstiä. Eskola & Suoranta (1998) kiteyttävät, että laadullisen tutkimuksen teksti voi syntyä esimerkiksi haastatteluista, havainnoinneista ja päiväkirjoista. Laadulliselle tutkimukselle on tunnusomaista tutkijan osallistuvuus tutkittavien toimintaan. Laadullisen tutkimuksen edellytyksenä ei kuitenkaan ole, että tutkijan täytyisi osallistua tutkittavien elämään, mutta se on varsin keskeinen toimintatapa. Kun tutkija kerää aineistoa kentällä, hän pääsee enemmän ja vähemmän kosketuksiin tutkittavien kanssa. Kun tutkija pyrkii säilyttämään tutkittavan ilmiön sellaisena kuin se on, manipuloimatta tutkimustilannetta, pyrkimyksenä on tällöin tavoittaa tutkittavien oma näkökulma. Tutkimus saa tällöin etnografisen otteen. Eskola & Suoranta puhuvat etnografian lisäksi tutkimuksen naturalistisesta otteesta, kun tutkittavia tutkitaan heidän omassa ympäristössään sen sijaan, että heitä tutkittaisiin erillisessä laboratoriossa. Yleensä laadullista tutkimusta tehtäessä keskitytään varsin pieneen määrään tapauksia ja pyritään analysoimaan ne mahdollisimman perusteellisesti. Tällöin aineiston tieteellisyyden kriteeri ei olekaan aineiston määrä vaan laatu. Tutkimuksen teoreettiset lähtökohdat vaikuttavat osaltaan tutkijan harkintaan, ketkä valikoituvat tutkimuksen varsinaiseksi näytteeksi. Tästä syystä puhutaan harkinnanvaraisen otannan sijaan *näytteestä*, erotukseksi ti-

lastollisesta otantamenetelmistä, sillä laadullisessa tutkimuksessa yleensä on kysymys näytteestä, ei otoksesta. (Eskola & Suoranta 1998, 15-18.) Tästä syystä tässä tutkimuksessa aineisto on kerätty erityisesti niiltä oppilailta ja opettajalta, jotka ovat käyttäneet tukittavaa matematiikan oppimateriaalia, perustuen tutkimuksen teoreettiseen viitekehykseen.

Laadullinen tutkimus on yleisesti hypoteesiton, päinvastoin kuin määrällinen tutkimus. Hypoteesittomuus tarkoittaa käytännössä sitä, että tutkijalla ei ole lukkoonlyötyjä ennakko-olettamuksia tutkimuskohteesta tai tutkimuksen tuloksista. Tutkijalla on tietenkin omia kokemuksia ennen varsinaisia havaintoja kentällä, mutta kokemukset eivät rajaa tutkimuksellisia toimenpiteitä. Tutkija oppii ja kokee yllätyksiä tutkimuksen kuluessa. Näin ollen laadullisessa tutkimuksessa lähdetään liikkeelle puhtaalta pöydältä ilman ennakkoasettamuksia tai määritelmiä. Usein puhutaankin aineistolähtöisestä analyysistä, jossa teoria rakentuu empiirisen aineiston pohjalta. (Eskola & Suoranta 1998, 19.) Tässä tutkimuksessa empiiristä aineistoa tarkasteltiin aineistosta nousevien ilmiöiden pohjalta, joita tarkasteltiin tutkimuksen teoreettiseen viitekehykseen peilaten.

Kvalitatiivisen tutkimuksen eri lajit muodostavat laajan metodologiaperheen. Riippuen tutkimuksen luonteesta, tutkimus voi saada metodologisen ajattelun koulukunnasta muun muassa diskurssianalyysin, etnografian, fenomenologian tai hermeneutiikan otteen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997, 163.) Kvalitatiivinen tutkimus on ottanut vaikutteita monelta suunnalta ja näin ollen se on saanut eklektisen tutkimussuuntauksen piirteitä. Viimeisten vuosikymmenien aikana menetelmällinen kehitys on kulkenut filosofis-teologisesta spekulaatiosta ja empiristisestä luonnontieteitä mallittavan tutkimuksen kautta fenomenologis-hermeneuttiseen spekulaatioon. Aikaisemman filosofisen pohdinnan sijaan uusi fenomenologis-hermeneuttinen suuntaus painottaa filosofisluonteisen ajattelun ja tulkinnallisen empiirisen tutkimuksen yhdistämistä. (Eskola & Suoranta 1998, 25-27.) Tässä tutkimuksessa tutkittavien ajatuksia ja yleensä heidän toimintojaan tulkitaan, minkä perusteella löydetään syvällisempiä merkityksiä heidän toiminnoilleen. Tästä syystä tutkimuksessa esiintyy hermeneuttisia piirteitä.

Hermeneuttisen ajattelun taustavaikutuksen ohella tutkimus on kvalitatiivisen tutkimuksen puitteissa erityisesti etnografista tutkimusta, jossa tutkittava kohde kuvataan omassa kontekstissaan, tapahtumapaikalla, ei erillisessä tilassa observoituna. Syrjäläinen (1994) kiteyttää, että etnografisessa tutkimuksessa tutkija kokoaa aineistonsa pääasiassa osallistuvan observaation ja haastattelujen kautta, jossa keskeisenä on tutkittavan ilmiön sisältö, tutkittavien omat kokemukset. Tutkimuksen selkärankana pidetään omaa kontekstia, missä varsinaisesti tutkimus on tapahtunut ja kaikki tapahtumat tutkimushetkellä. (Syrjäläinen 1994, 68.)

Etnografisessa tutkimuksessa kaikilla osapuolilla on aktiivinen tutkimusta muokkaava rooli, myös tutkijalla (Syrjäläinen 1994, 68). Tutkija pyrkii taltioimaan tapahtumat sellaisinaan, varioimatta ja muuttamatta tutkittavien työskentelypaikkaa. Kuten aikaisemmassa 5.3 autenttisen arvioinnin luvussa käsiteltiin, opetus ja arviointi tapahtuu autenttisissa, oppilaalle aidoissa ja tutussa ympäristössä ja tilanteessa. Sama ilmiö on myös etnografisen tutkimuksen lähtökohtana. Ei ryhdytä siirtämään oppilaita erilliseen tilaan observoitavaksi, vaan heidän työskentelyään kuvataan heille tutussa oppimisympäristössä. Kyseinen tilanteiden luonnollisten kuvauksien taltioiminen tulee esiin Pettitin ja Batesin (1990) kuvaamassa narratiivisessa rekisteröinnissä (Munter 1993, 245). Tässä observoija ei ole passiivinen, joka taltioi tapahtumia kameramaisesti, vaan hän tekee tapahtumahetkellä integroivia arviointeja tapahtumien merkittävyydestä. Oleellista on, että ilmiöt sijoitetaan kontekstiinsa, niiden luonnollista struktuuria ei rikota ja havainnoitavan ilmiön kaikki variaatiot pyritään tavoittamaan etukäteen määrittelemättöminä. (Munter 1993, 245.)

Rizzo, Corsaro ja Bates (1992) tiivistävät (ks. Munter 1993, 246) hyvin luonnollisen ja manipuloimattoman tapahtuman kuvauksen. Käyttäytymisen tutkimisessa kontekstissaan on olennaista, että jos ihmiset otetaan pois luonnollisesta sosiaalisesta ekologiasta, tuhoaa se väistämättä olennaisen heidän toiminnoistaan, koska silloin häiriintyisi konteksti, jossa varsinaiset toiminnot syntyvät ja tulkitaan. Tutkijoita vaaditaan tarkastelemaan näitä aidoissa tilanteissa sisäsyntyisiä epävarmuuksia sen sijaan, että yritettäisiin kontrolloida ja eliminoida tutkittavan kohteen eri tekijöitä tarkasti valikoidussa observointitilassa. (Munter 1993, 246.)

8.1.1 Systemaattinen oppimateriaalin analyysi

Systemaattinen analyysi on osa laajempaa menetelmäperhettä, joka ei ole erityisesti minkään koulukunnan tai suuntauksen omaisuutta. Sitä voidaan käyttää kasvatustieteen ohella mm. filosofian, politiikan ja kirjallisuuden tutkimuksissa, jossa tutkittavat ongelmat vaihtelevat luonnollisesti tieteenalan mukaan. Systemaattista analyysia sovelletaan mm. positivistisissa ja hermeneuttisissa tutkimuksissa, jossa hermeneuttiset ja fenomenologiset tutkimukset soveltavat semiotiikan käsitteistöä tai eriteltävän aineiston omia lähtökohtia. Tarkemmin tarkasteltuna systemaattinen analyysi kartoittaa teoreettisen työskentelyn kahta perustehtävää, analyyttistä ja synteettistä. Analyyttisessa tehtävässä tarkastellaan jo olemassa olevan ajatuslähtökohdan, esimerkiksi tutkijan kirjoittamaan kirjaan sisältyvien käsitysten eli hänen ajatussysteeminsä erittelyä. Perustehtävän toinen osio, synteettinen tehtävä, tarkoittaa uuden käsitteen, ajatuksen (proposition) tai ajatusrakennelman (teorian, aatteen, suunnitelman tms.) kokoavaa luomista. (Jussila, Montonen & Nurmi, 1993, 157-158, 170.)

Itse analyysi toimii kvalitatiivisena sisällönanalyysina. Analyysi on systemaattista, kun tekstin tai muun ilmaisukokonaisuuden avulla selvitetään tutkittavan asian sisältö, merkitys ja asema kokonaisuuden, systeemisen rakenteen osana. Systemaattista analyysia voidaan suorittaa esimerkiksi käytännön kasvattajan tai jonkin ryhmän tuottamista ajatuksista, jossa nostetaan analyysin avulla esiin oivalluksia, jotta alkuperäistä ajatuskokonaisuutta voidaan selkiyttää ja tarvittaessa jatkaa sen kehittelyä. Kirjallisessa muodossa olevan tekstin lisäksi systemaattisen analyysin tarkastelun kohteina voivat olla kommunikaation muoto, ympäristö tai tilanne, jossa sanoma on syntynyt. (Jussila ym. 1993, 158-160, 172.) Aivan kuten tässä työssä tutkittavana kohteena ovat opettaja ja oppilaat aidossa opetustilanteessa ja erityisesti heillä käytettävissä olevat Matematiikan saavutusten salkku -oppimateriaali ja työskentelymenetelmät, on tarpeellista jäsennellä heidän tuottamiaan ajatuksia matematiikan oppimisesta ja sen tarkoituksesta oppilaiden oppimiselle. Oppimateriaalia on tarpeellista analysoida systemaattisen analyysin menetelmällä, jotta voidaan 1) hahmottaa oppimateriaalin käytön perusteella nousseet piirteet ja ilmiöt, 2) löytää ja tunnistaa niitä toimintatapoja, joita oppilaat käyttävät materiaalin puitteissa ja lopuksi 3) vetää joh-

topäätöksiä materiaalin käytöstä ja sen vaikutuksista oppilaiden matematiikan oppimiseen. Mikäli heidän toimintatapojaan ei jäsennellä eikä ryhdytä analysoimaan, oppilaiden ja opettajien oppimiskokemukset jäävät hyödyntämättä ja näin ollen koko materiaali jäisi varsin hyödyttömäksi. On tarpeellista tarkastella asioiden välisiä merkitysyhteyksiä, joita oppilaiden ja opettajan keskinäisessä vuorovaikutuksessa on syntynyt käytettäessä Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalia.

Systemaattisen analyysin vaiheet jaetaan kolmeen pääosaan:

1. Ongelman ja aineiston hahmottaminen: ongelmien jäsentäminen, tekstien valinta ja tulkinta sekä ongelmanasettelun täsmentäminen

2. Varsinainen analyysi: käsitteiden etsiminen, väitteiden (propositioiden) tunnistaminen, täsmentäminen ja argumentaation erittely

3. Analyysitulosten selittämis- ja käyttövaihe: ajatusrakennelman edellytysten, aukkojen ja ristiriitojen osoittaminen sekä rakennelman keskeisen osan ja analyysin kohteena olevan erityisongelman rinnastaminen. (Jussila ym. 1993, 177-179.)

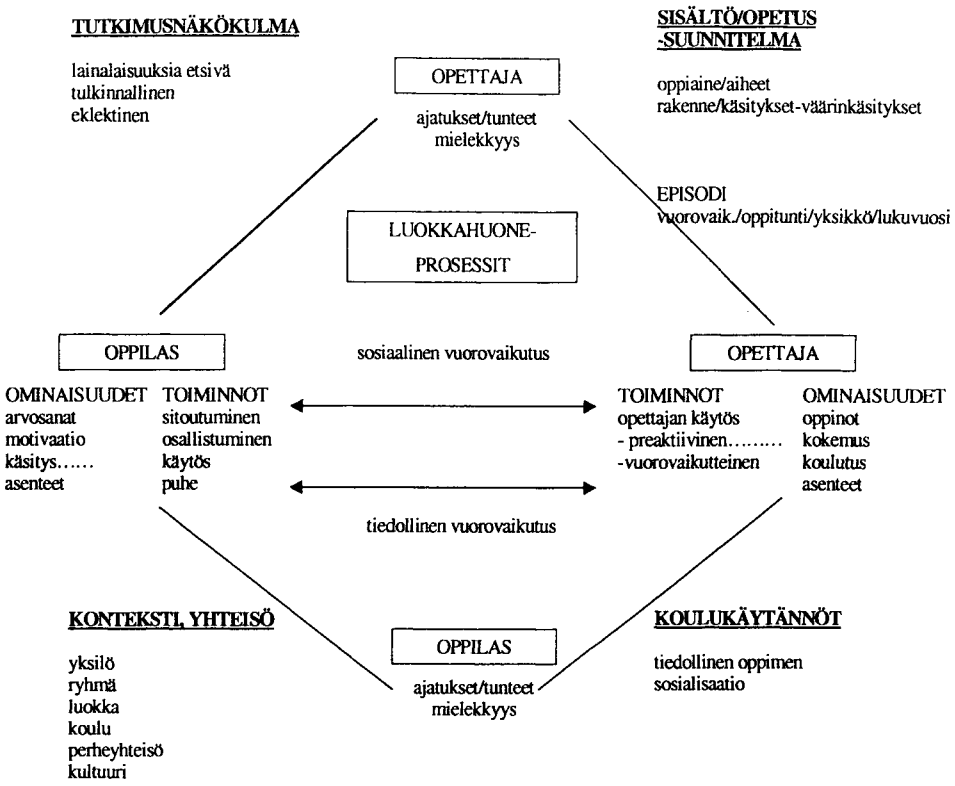
Kolmen päävaiheen avulla tutkimuksen materiaali ensin jäsennellään aineiston pohjalta nousseiden käsityksien mukaan. Nostetaan esiin ilmiöitä, joita tulee esiin käytettäessä oppimateriaalia. Sen jälkeen tunnistetaan oppilaiden ja opettajan käyttämiä työskentelymenetelmiä. Lopuksi aineisto syntetisoidaan, vedetään johtopäätöksiä ja tehdään oivalluksia siitä, millä tavalla Matematiikan saavutusten salkku tukee oppilaiden matematiikan oppimista.

8.1.2 Etnografinen lapsitutkimus

Lasta tutkittaessa pitäisi kuvata hänen elämänsä rikkautta sellaisenaan, siinä ympäristössä, jossa hän elää ja oppii. Ympäristö, jossa lapsi oppii, muodostaa kokonaisuudessaan hänen oppimiselleen lähtökohdan, josta häntä ei voida siirtää johonkin toi-

seen, hänen oppimiselleen irralliseen tilaan. Muuten olettaisimme, että lapsi elää jossakin tietyssä tilassa tiettyjen kokemusten ja elämäntilanteiden kanssa. On hyvä muistaa, että lapsen ikä vaikuttaa myös osaltaan oppimistilanteisiin, sillä nuoremmat lapset ovat kontekstiriippuvaisempia ja kontekstiherkempiä kuin vanhemmat lapset ja aikuiset. (Graue & Walsh 1998, 5, 12.) Näin ollen mitä nuoremmista oppilaista on kyse, sitä tarpeellisempaa on tutkia heitä heidän omassa oppimisympäristössään. Tätä kautta saa arvokasta tietoa koko oppimisympäristöstä, jossa oppilas vuorovaikutuksen kautta oppii merkityksellisiä asioita. Tästä syystä tässä tutkimuksessa on tutkittu Matematiikan saavutusten salkun käyttöä alkuopetusikäisten oppilaiden omassa luokassa, jotta voidaan tutkia oppilaan toimintaa ja huomioida luokassa tapahtuvien vuorovaikutusten merkitystä oppimiselle.

Varsinaisessa tutkimuksessa tutkija on neutraali, jotta hän voi tallentaa asiat aitoina, ilmiöinä sellaisinaan (Munter 1993, 245). Tästä syystä tutkijan tulee ymmärtää tapahtumien merkityksiä tutkittavien omasta näkökulmasta. Etnografikon tavoitteina on lisätä ymmärrystä tutkittavasta ilmiöstä, etsiä syitä ja seurauksia tapahtumille. Näin ollen etnografinen tutkimus nähdään sekä prosessina että produktina, sillä tutkimuksen kautta ei pyritä paljastamaan lopullisia totuuksia, vaan rakennetaan tulkintaa, jossa yhdistyy teoreettisen tietämyksen lisäksi sekä omien että tutkittavien näkökulmat. (Syrjäläinen 1994, 68.) Matematiikan saavutusten salkun osalta on ollut tarpeellista lisätä ymmärrystä sen käyttöön liittyvistä tekijöistä, opettajien ja oppilaiden kokemuksia sen käytöstä. Kaiken tämän on täytynyt tapahtua etnografisesti oppilaille ja opettajalle autenttisessa tilanteessa, jotta voidaan saada selville työskentelyyn ja oppimiseen vaikuttavia tekijöitä matematiikan opiskelussa. Matematiikan saavutusten salkun tutkimusta etnografisesti autenttisessa ympäristössään kuvaa Shulmanin (1986) opetuksen tutkimuksen malli (ks. Syrjäläinen 1994, 70) seuraavasti:



Kuvio 5. Shulmanin (1986) opetuksen tutkimuksen teoriamalli (Syrjäläinen 1994, 70).

Kuvio osoittaa selkeästi opetustapahtuman kirjon, joka pitää sisällään opettajan ja oppilaiden välisen vuorovaikutuksen. Se kuvaa monitahoisesti tekijöitä, jotka vaikuttavat oppilaan toimintaan ja hänen oppimisessa, sekä sosiaalisen että tiedollisen vuorovaikutuksen kautta luokkahuoneessa. Oppilas kartuttaa tietoa keskustelemalla muiden oppilaiden ja opettajan kanssa. Näiden vaikutuksesta oppilas muodostaa ajatuksiaan, käsityksiään ja mielekkyyttään opetettavasta sisällöstä. Vuorovaikutuksen vaikutuksesta konstruktivinen opettaja suuntaa opetustaan oppilaiden edellyttämällä tavalla. Kuvio kokoaa osuvasti, mitkä kaikki seikat vaikuttavat tässä tutkimuksessa oppilaiden ja opettajan työskentelyyn. Oppilas oppii matematiikkaa omien tietojensa ja käsitystensä sekä opettajan ja muiden oppilaiden vuorovaikutusten kautta. Samalla opettajan toimintoihin vaikuttavat hänen omat lähtökohtansa, kuten opetta-

jan kokemus, koulutus, asenteet ja vuorovaikutus oppilaiden kanssa ja opintojensa ja kokemustensa kautta hänen oppimisnäkemyksensä lapsesta oppijana. Taustalla on tutkimuksen konstruktiivinen teoreettinen viitekehys, joka osaltaan syventää ymmärrystä matematiikan oppimiseen liittyvistä tekijöistä. Kaikki kokonaisuudessaan muodostaa luokkahuoneprosessit ja siellä tapahtuva oppimisen.

8.2 Aineiston keruu

Tämän tutkimuksen aineisto kerättiin tapaustutkimuksen tavoin. Tapaustutkimus on yksityiskohtaista tietoa yksittäisestä tapauksesta tai pienestä joukosta toisiinsa suhteessa olevia tapauksia, jossa kiinnostuksen kohteena ovat useinkin prosessit (Hirsjärvi ym. 1997, 130). Kuten on tullut esille, tässä tutkimuksessa on tarkasteltu matematiikan oppimisprosessia oppimateriaalin puitteissa. Aineisto kerättiin neljää 2. luokan oppilasta havainnoimalla ja keskustelemalla osallistuvan observoinnin menetelmin autenttisessa opetustilanteessa sekä haastattelemalla heidän luokanopettajaansa puolistrukturoidulla haastattelulomakkeella (liite 1). Tämän lisäksi tutkimusten aineisto sisältää oppilaiden dokumentteja, heidän tekemiään matematiikan tehtäviä sekä havainnointikerroilta että aikaisemmilta matematiikantunneilta. Kenttämuistiinpanojen lisäksi havainnointikerroilta aineiston keruun apuna on käytetty ääninauhoitusta, jolta osallistuvan observoinnin ja haastattelun keskustelut on litteroitu jatkotulkintaa varten.

Kouluetnografioissa tutkimuksen aineisto koostuu haastattelusta, osallistuvasta haastattelusta, kenttämuistiinpanoista ja erilaisista kirjallisista dokumenteista. Käytännössä kaikki materiaali, mitä tutkimuksen aikana on kerätty, käsitetään tutkimuksen aineistoksi (Syrjäläinen 1994, 83-84). Haastattelutyypit vaihtelevat strukturoidun, puolistrukturoidun, teemahaastattelun ja avoimen haastattelun välillä riippuen siitä, miten tarkkaan on haluttu määrittää kysymysten ja vastausten muodot. Puolistrukturoidussa haastattelussa, jota tässä tutkimuksessa käytetään, on oleellista, että kysymykset on määritelty, mutta ei käytetä valmiita vastausvaihtoehtoja, vaan haastateltava saa vastata omin sanoin. (Eskola & Suoranta 1998, 87.) Haastattelu sopii moniin erilaisiin tutkimuksiin, koska se on hyvin joustava menetelmä. Haastattelussa

ollaan suoraan kielellisessä vuorovaikutuksessa tutkittavan kanssa ja näin tutkija voi jo haastattelutilanteessa suunnata tiedonhankintaa tarvitsemaansa suuntaan. Vastauksien ohella haastateltavan ei-kielelliset vihjeet auttavat tutkijaa selventämään haastateltavan käsityksiä. Haastattelun etuina pidetäänkin, että ihminen nähdään tutkimustilanteessa subjektina, hän voi tuoda esiin itseään koskevia asioita mahdollisimman vapaasti. Tutkittava ihminen on näin merkityksiä luova, aktiivinen osapuoli. Tutkimuksen aihe tuottaa monitahoisesti ja moniin suuntiin viittaavia vastauksia ja haastattelun avulla voidaan näitä seikkoja selventää ja tarvittaessa syventää haastateltavalta saamaa tietoa lisäkysymyksin sekä myös uusinta haastatteluilla. (Hirsijärvi & Hurme 2000, 34-35.)

Tutkimuksessa käytettiin myös osallistuvaa observointia luokassa, jolloin seurattiin ja osallistuttiin luokan matematiikan opiskeluun erityisesti oppilaiden työskentelyä tarkastelemalla, mutta myöskin opettajan työskentelyä havainnoimalla. Näiden vuorovaikutuksesta muodostettiin käsitystä luokan yleisestä oppimisympäristöstä ja matematiikan oppimiseen vaikuttavista tekijöistä. Osallistuvalla observoinnilla käsitetään menetelmää, jossa tutkija on fyysisesti läsnä tutkimuskohteessa ja tarkkailee luokkahuonetapahtumia aluksi kokonaisvaltaisesti ja vähitellen yksityiskohtaisemmin. (Syrjäläinen 1994, 84).

Tämän tutkimuksen lähtökohtana on selvittää matematiikan oppimiseen vaikuttavia tekijöitä ja erityisesti sitä, miten Matematiikan saavutusten salkku tukee työskentely- ja arviointimenetelmineen oppilaan matematiikan käsitteiden ymmärtämistä. Oppimateriaalin lähtökohtana pidetään, että oppilaan oppimista voidaan arvioida jo työskentelyvaiheessa eli autenttisesti, oppilaalle aidossa opiskelutilanteessa. Tästä syystä tutkimuksen peruslähtökohtana on ollut tutkia oppilaita heille aidoissa oppimistilanteissa koulussa, näin ollen heidän omassa luokassaan, ei erillisessä observointitilassa tms. Etnografinen menetelmä, osallistuva observointi, on ollut oleellinen tapa kartoittaa opettajan ja erityisesti oppilaiden autenttista työskentelyä. Tämän lisäksi puolistrukturoidun haastattelun avulla on saanut yksityiskohtaisempaa tietoa opettajan käsityksistä, ajatuksista ja kokemuksista oppimateriaalin tiimoilta. Autenttista arviointia pitää tutkia autenttisesti, jotta nähdään, mitä luokassa opetustilanteissa tapahtuu.

Osallistuva observointi on oppilaiden matematiikan ymmärtämisestä ja työskentelystä ollut ehdoton tapa kerätä tietoa. Graue & Walsh (1998) muistuttaa, että mitä nuoremmista lapsista on kyse, sitä vaikeampaa heidän on istua paikallaan ja vastata aikuisen esittämiin kysymyksiin. Paitsi, että lapset usein olettavat, että aikuisella on vastaus esittämäänsä kysymykseen, on heillä varsin vähän ja hyvin usein tuskin ollenkaan kokemuksia virallisesta aikuinen-lapsi -haastatteluasetelmasta. Epätodennäköistä on, että lapsi kokee virallisen istumisen ja vastaamisen haastattelussa virikkeiseksi ja miellyttäväksi toiminnaksi. Mikäli lasta haastatellaan, erilaiset esineet ja kuvat, jotka liittyvät keskusteluun, auttavat lasta hahmottamaan asiasisältöä. Konkreettiset objektit virittävät lapsen mieltä ja avaavat uusia näkökulmia. (Graue & Walsh 1998, 113-115.) Näistä seikoista johtuen tutkijan on kiinnitettävä huomioita haastateltavien ikään ja kypsyystasoon kerätessään aineistoa tutkimukseensa.

8.3 Aineiston käsittely

Tutkimuksen litterointiaineisto haastattelusta ja osallistuvasta observoinnista sekä kenttämuistiinpanoista analysoidaan teemoittamalla. Teemoittelussa aineisto ensin 1) luokitellaan sisältöjensä perusteella karkeisiin luokkiin. Tämän jälkeen 2) luokat edelleen analysoidaan ja jaotellaan vielä yksityiskohtaisempiin osakategorioihin, jonka jälkeen 3) tehdään lopullisia johtopäätöksiä ja tulkintoja, kuten aiemmin luvussa 8.1.1 on esitetty. Luokituksissa kategorioita voidaan verrata asiayhteyksien perusteella ja mahdollisten ristiriitaisuuksien perusteella toisiinsa, joissa on luokituksia puoltavia ja kumoavia ilmiöitä. Näin kyseenalaistetaan luokkia ja varmennetaan omia päätelmiä ja luokituksia. Laadullisessa aineistossa luokkien vahvuus ei perustu aineistosta nousevien havaintojen määrään, sillä poikkeuksetkin voivat etnografisessa aineistossa muodostaa oman analyysiluokan, edellyttäen, että laadullinen vahvuus on riittävä. (Syrjälä 1994, 89-90.) Luokittelujen kautta annetaan oppilaiden ja opettajan oma ääni tulla esiin, kiinnitetään huomiota siihen, mitä juuri he ovat sanoneet. Heidän lausuntojaan tarkastellaan ja lopuksi analysoidaan saatuja tulkintoja tutkimuksen teoreettisen näkemyksen avulla.

Laadullisen aineiston käsittelyssä korostuvat systemaattisen analyysin piirteet, joita on edellisessä luvussa 8.1.1 kuvailtu. Tyypillisesti laadullisen aineiston käsittelyssä ensin luokitellaan ja lopuksi muodostetaan systemaattisen analyysin tavoin synteesi, johtopäätöksiä aineistosta. Etnografisen tutkimuksen erityispiirteenä on, että aineiston analyysi alkaa usein, kun tutkija on kenttätyövaiheessa. Hirsjärvi ja Hurme (2000) kiteyttävät, että tulkinta ei huipennu vain analysointivaiheen lopussa, vaan tulkintaa tehdään koko tutkimuksen ajan. Etnografinen tutkija tekee tulkintoja jo kentällä liikkuessaan eri haastattelujen ja havainnointien lomassa, joista on hyvä jatkaa tutkimusta ja tulkintoja. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 152.)

9 MATEMATIIKAN SAAVUTUSTEN SALKUN TYÖSKENTELYMENETELMÄN ANALYYSI JA TULKINTA

Matematiikan saavutusten salkku –tutkimus koostuu autenttisesti, aidossa tilanteessa, neljän oppilaan työskentelyä havainnoimalla ja haastattelemalla käytettäessä kyseistä oppimateriaalia sekä luokanopettajaa haastattelemalla. Näin muodostettiin kokonaiskuvaa matematiikan oppimiseen vaikuttavista tekijöistä materiaalin puitteissa. Luokanopettaja oli pätevä luokanopettaja, valmistunut luokanopettajankoulutusohjelmasta ja on toiminut päätoimisena luokanopettajana yli kymmenen vuotta, alkuopetuksessa seitsemän vuotta. Opetusryhmässä oli 1-2-6-luokan oppilaita, mutta kyseiseen matematiikan opetukseen osallistuivat kahden rinnakkaisen opetusryhmän 2-luokkalaiset oppilaat, joista neljä osallistui varsinaiseen havainnointi- ja haastattelututkimukseen. Oppilaat valittiin tutkimukseen suostuvien vastausten perusteella, tasoltaan he olivat erilaisia. Ajattelun taidoiltaan oppilaat ovat ylimmästä alimpaan opettajan arvion mukaan seuraavasti: oppilas 3, oppilas 2 ja 1 samoissa ja oppilas 4 heikoimpana. Suoritustaidoiltaan oppilas 1 on ensimmäinen, jonka jälkeen oppilaat 2, 3 ja 4. Aineistoa analysoidaan opettajan ja oppilaan roolin näkökulmasta. Ensin selvitetään mitä kuuluu opettajan toimenkuvaan hänen ohjatessaan oppilaitaan matematiikkatyöskentelyssä ja toisaalta myös sitä, mikä on oppilaan rooli. Toiseksi tarkastellaan tehtäviä ja niiden arviointia annettujen kriteerien valossa. Kolmanneksi tarkastellaan työskentelymenetelmää, miten se tukee oppilaan oppimista matematiikassa. Lopuksi tehdään yhteenveto Matematiikan saavutusten salkku -työskentelystä, mitä uusia tuulia ja sovelluksia löytyy matematiikan työskentelyyn tutkimuksen perusteella. Näin ollen tutkimus noudattaa tässä yhteydessä systemaattisen analyysin rakennetta. Toiseen vaiheen, analyysivaiheen, käsitteet ja väitteet ovat tunnistettavissa, joita tässä esitetään haastattelujen ja havainnointien perusteella, samalla selitetään kolmannen vaiheen esitetyt väitteet ja argumentaatiot, joiden perusteella tehdään johtopäätöksiä. Näiden kaikkien osioiden perusteella tehdään vielä lopullinen analyysi ja yhteenveto koko materiaalin käytöstä ja sen vaikutuksesta oppilaan matematiikan oppimiseen. Tutkimuksen havainnointeja kuvataan oppituntien tarkkailun ja haastattelujen perusteella nousevien kuvausten mukaan.

Alkuasetelmat haastattelun perusteella nousevan kuvauksen mukaan

Tutkimuksessa olevien oppilaiden koulu oli saanut Helsingin kaupungin opetusvirastolta Matematiikan saavutusten salkku -oppimateriaalipaketin, joka sisältää opettajaopaslehtisen ja siihen liittyvät tehtävät sekä luokille 1 – 6 että luokille 7 – 9. Näin luokanopettaja käytti luokassaan ala-asteelle tarkoitettuja tehtäviä, joita tutkimuksessa kuvataan ja analysoidaan. Luokanopettajalta kysyttiin lähtökohtia työskentelylle, pystyikö matematiikan työskentelyä toteuttamaan annettujen ohjeiden perusteella. Erityisesti kysyttiin, antoiko opettajan materiaali riittävästi kuvaa siitä, millaista matematiikan opiskelu tulee olemaan materiaalin puitteissa. Opettaja vastasi seuraavasti:

> On, siellä on hirveen yksittäisesti ja selkeät ohjeet miten käyttää. Et itse asiass pitäis joskus kokeilla, että tekee niiden ohjeiden mukaisesti eikä vaan et mä otan täst tän jutun ja tän jutun ja tota ei sit varmaan tarvii että tota pitäisi varmaan yhen kerran kokeilla että tekis tismalleen niitten ohjeiden mukaan, että valokopiois ne ensin yhessä käytävät ohjeet ja tällee. Mutta hirveestihän siin on materiaalii kyl mun mielestä kaikille löytyy ohjeet et oikee selkeää sanaa, et se analysointijakso on nyt enemmän sitä mikä vaatii nii ku keskittymistä.

Opettajan mielestä oppimateriaali on selkeä ja sen perusteella pystyy toteuttamaan ongelmalähtöistä matematiikan opiskelua. Hän kokee, että materiaalia olisi jopa paljon, joten valinnanvaraa ja tietoa saa, kuinka toimia oppimateriaalin puitteissa. Haastattelussa tulee ilmi opettajalle tyypillinen työskentelyn tarkka toteuttaminen hänen todetessaan, että ei ole täydellisesti toteuttanut ohjeiden mukaan, kuten hän ilmaisee "tismalleen", mutta kiteyttää, että materiaalin perusteella pystyy toteuttamaan työskentelymenetelmää selkeiden ohjeiden avulla. Toisaalta hän myös korostaa sitä, että oppilaiden työskentelyn analysointi vaatii enemmän ajattelua. Oppilaiden töiden analysointia ja arviointia varten tarkoitetut kriteerit esitettiin aiemmin luvussa kuusi ja joita myös tarkastellaan tutkimuksen tehtäviä analysoidessa.

Annettujen ohjeiden perusteella lähtökohdat ovat hyvät matematiikan työskentelyn toteuttamiselle. Tämän lisäksi tutkimuksen kannalta on oleellista, että oppilaat ovat työskennelleet ennen varsinaisia tutkimuspäiviä kyseisellä ongelman ratkaisumenetelmällä. Luokassa näyttää olevan ilmapiiri, jossa on pyritty ratkaisemaan tehtäviä ongelmalähtöisesti aiemmin.

> On tehty matikan tunnilla aikaisemmin just että tota, laitumella näkyy joku kahdeksan jalkaa, mitä siellä voi olla... tämmöstä. Tällasii et on ollut aika saman tapasii ku mitä tuolla on ollut jotkut. Ollaan tehty jo aikaisemmin matikan tunnilla.
>
> Eka tehtiin tän kevätlukukauden ihan alussa. Tehtiin pari ja sit se ei toiminut, kun oli niin isot ne ryhmät. Ja sit vähän muutettiin sitä.

Oppilaat olivat tehneet ongelmanratkaisutehtäviä ennen varsinaisia tutkimuspäiviä useaan otteeseen lukukauden aikana, mikä vaikuttaa selkeästi tutkimuksen onnistumiseen. Kokemus oli myös osoittanut opettajalle, minkälaisissa ryhmissä oppilaiden on hyvä työskennellä, jotta kaikki toimisi hyvin. Näin useiden aikaisempien kertojen perusteella työskentelymenetelmä oli oppilaille tuttu ja oppilaat pystyivät työskentelemään ikään kuin "kuten ennenkin" tutkimuspäivinä.

9.1 Opettajan ja oppilaan roolit työskentelyssä

A) Oppitunnin tarkkailun perusteella nouseva kuvaus

Matematiikan oppitunti alkoi opettajan ja oppilaiden välisellä keskustelulla:

> Opettaja: "Pekan kukkaron sisältö. Jutellaas minkälaisia euron seteleitä on olemassa. Mikä on pienin seteli? Mä en edes tiedä niit suurempii, ku mä en oo koskaan nähny niit."
> Oppilas 1: "Mä tiedän."
> Opettaja: "No nii, alotetaan pienimmästä, mikä on kaikista pienin euron seteli, setelinä?"
> Oppilas: "Viiden euron seteli."
> Opettaja: "Viiden euron seteli, seuraava? Se on toi seittemän ja puolen euron seteli..."
> Oppilas: "Kymmene euron seteli."
> Opettaja: "Kymmenen euron seteli, joo toi oli vitsi. Eli viiden euron seteli, kymmene euron seteli, mikä on seuraava? Hei, mul sattuu olee just sellane taskussa!"
> Oppilas: "Kakskyt euroo."
> Opettaja: "Seuraava? Tän mä viel oon nähny."
> (jne.keskustelu etenee kohti suurempia seteleitä)
> Opettaja: "Mikä on kahden sadan jälkeen?"
> Oppilas: "Kolme sataa."
> Opettaja: "Ei taida olla kolmee sataa, kahden sadan jälkeen ois..."
> Oppilas 2: "Viis sataa, violetti!"
> Opettaja: "Ja siihen se sit vissiin loppuu, kyl se varmaa on siinä. Viis sataa euroo ois vanhois markois..."
> Oppilas: "Kolme tuhatta!"

Oppitunti alkaa muodostamalla käsityksiä oppilaiden aikaisemmista eurojen kokemuksista ja tiedoista, joka valistaa ja aktivoi oppilaiden mieliä uuteen euroihin liittyvään pyöräkauppaongelmatehtävään. Tässä tulee hyvin esiin tutkimuksen alussa esitetty konstruktivistinen oppimistapa, jossa opettajan tehtävänä on nostaa esiin oppilaiden aikaisempia kokemuksia liittyen tehtävään, tässä tapauksessa rahatehtävään, ja näin ohjata oppilaiden työskentelyä. Samalla oppija toimii aktiivisesti muodostamalla käsityksiään opetettavasta asiasta aivan kuten Matematiikan saavutusten salkku – opettajan materiaalissa (2001, 5) sanotaan: "Oppiminen on aktiivista toimintaa, jossa oppija rakentaa merkityksellisiä kokonaisuuksia opittavasta asiasta." Näin ollen opettajalla on merkittävä tehtävä kyseisen ilmapiirin luomiseksi. Opettajan luokassa salliva ja keskusteleva ilmapiiri tulee esiin hänen antaessaan ohjeita varsinaista tehtävän tekoa varten ja erityisesti sen jälkeisessä työskentelyssä:

> Selvitä piirtämällä, kirjoittamalla ja laskemalla eli piirroksia, numeroita, laskutoimituksia ja kirjoitusta siihen sekaan, mitä seteleitä Pekan kukkarossa oli? Ja vastausvaihtoehtoja oli taas monia. Piirtäkää, kirjoittakaa, laskekaa ne kaikki. Kirjoittakaa!

Tämän jälkeen oppilaat kyselivät toisiltaan minkä värisiä setelit ovat ja värittivät sen mukaisesti. Luokassa vallitsi avoin ilmapiiri, jossa oppilaat uskalsivat kysellä toisiltaan ja edetä tehtävän teossa. Kyseisessä tehtävän annossa ilmenee opettajan toinen merkittävä tehtävä, avoimen keskustelevan ilmapiirin lisäksi, oppilaille kerrotaan, mitä heiltä edellytetään ratkoessaan tehtävää: piirtämistä, kirjoittamista ja laskutoimituksia. Tätä kautta oppilaat tietävät, mitä sisällyttää tehtävän ratkaisuun. Luonnollisesti oppilaat keskustelivat ratkaisustaan parinsa kanssa. Opettaja kierteli ja auttoi tarvittaessa, kuten tulee ilmi seuraavassa kuvauksessa, jossa oppilas oli mielestään valmis ratkoessaan pyöräkauppaongelmaa (liite 3):

> Opettaja: (katsoo paperia)..."Onko muita vastauksia, miettikääs vielä."
> Oppilas 1: "Ääa, ei me jakseta."
> Opettaja: "Lähtekää miettimää nii ku seteleiden kautta, mitä kaikkii seteleitä on. Pystyiskö olemaan sellane, et olis viiskymppinen?"

Oppilaat itse ratkoivat tehtäviään, mutta kuten kuvaus kertoo, opettaja oli läsnä ja ohjasi tarvittaessa oppilaita tehtävän teossa. Tämä on autenttista arviointia parhaimmillaan, opettajan yksi tärkeimmistä tehtävistä prosessiarvioinnissa. Oppilas saa palautetta työskentelyn kuluessa niin, että hänellä on vielä mahdollisuus parantaa suoritustaan (Matematiikan saavutusten salkku 2001, 10). Oppilaat siirtyivät työskente-

lemään omalle paikalle ja ryhtyivät keksimään kaikkia mahdollisia vaihtoehtoja, miten maksaa 320 euron ostokset. Pian oppilaat veivät tehtävän takaisin opettajalle.

> Oppilas 1: "liikaa niit vaihtoehtoja toisella puolella."
> Opettaja: "liikaa niit vaihtoehtoja."

Oppilaat jättivät kuitenkin työnsä opettajalle, vaikka huomaavat, että nyt taisivat tehdä vähän eri tavalla kuin tehtävässä kysyttiin. He kirjoittivat erilaisia maksutapoja enemmän kuin, mitä tehtävässä vaadittiin, mutta huomasivat sen antaessaan tehtävää opettajalle. Kyseisessä tehtävässä oppilas ja opettaja olisivat voineet keskustella tehtävästä yksityiskohtaisemmin, esimerkiksi käydä läpi oppilaan ratkaisuvaihtoehtoja ja antaa edelleen oppilaalle lisäohjeita tai opastusta yleensä tehtävän puitteissa. Yleensä ongelmanratkaisutehtävissä on ratkaisuvaihtoehtoja enemmän kuin yksi, siinä mielessä tehtävä oli poikkeuksellinen, toisaalta työskentelymenetelmät olivat tehtävänannolle tyypilliset. Kaiken kaikkiaan opettaja oli tehtävän ja tilanteen ohjaajana, apuna tarvittaessa, ja oppilas aktiivisena tehtävän ratkaisijana.

B) Opettajan haastattelun perusteella nouseva kuvaus

Edellisten kuvausten mukaisesti haastattelussa tuli myös esiin, että opettajan tulisi sanoa oppilaille tehtävään liittyvät odotukset ja menetelmät, joita käytetään tehtävää ratkaistaessa:

> Mun mielestä pitäisi sit myöskin lapsi ehkä ohjeistaa mikä on sellai idealistinen vastausmalli, et mihkä pyritään."
>
> Et myöskin lapset tietäis kuinka niit vastauksia analysoitais sillee lapsenkielisesti selitettäis. Et nii ku tässä pyritään tästä tähän. Et mikä se idea on.

Opettajan mukaan oppilaan tulee tietää minkälaisia vastauksia odotetaan ja kuinka tehtäviä arvioidaan, näin oppilaat tietäisivät tehtävien lopullisen päämäärän. Tämä auttaa oppilasta jäsentämään itselleen tehtävän kokonaiskuvaa, mitä häneltä edellytetään, ettei se ole pelkästään tehtävän tekoa. Matematiikan opettajanmateriaali kiteyttää, että yhtenä arvioinnin peruspilarina on sen läpinäkyvyys. Oppilaan tulee tietää ennen tehtävän suorittamista, millaisin kriteerein häntä arvioidaan. Se auttaa erityisesti oppilaita, jotka työskentelevät hitaammin kuin muut. (Matematiikan saavu-

tusten salkku 2001, 10.) Tämän lisäksi opettajan rooliin kuuluu oppilaiden työskentelyn tukeminen:

> Niin, että tota mun mielestä luovia ratkaisuja sais olla, kun ne pystyy sen perustelee. Mä pitäisin hienona, et vaik ei olis oikeaa vastausta, et on joku ratkaisu, jonka he osaa selittää. Ja okei, siinä saattaa käydä joku pieni kömmähdys ihan vaikka lopussa, et sen takia se ei ole oikein, muttet mitä luovempi ratkaisumalli, mun mielest siit pitäis palkita. Mun käsityksen mukaan luovuutta pitäis harrastaakin.

Opettajan käsityksen mukaan oppilaiden luovia ratkaisumalleja tulisi tukea. Näin ollen opettajan ei tulisi moittia oppilaiden varsin mielikuvituksellisiakaan ratkaisumalleja, kun he osaavat niitä selittää, vaan johdattaa oppilaita omalla tavallaan ratkaisuun. Aivan kuten oppitunnin tarkkailun perusteellakin tuli esiin, opettaja siis ohjaa, muttei ole ensimmäisenä määräämässä tai korjailemassa oppilaiden ratkaisumalleja. Sama ilmiö tulee esiin seuraavassa opettajan lausunnossa:

> Siin ei oikeestaan mitää muuta kun seurata niit lapsii, et mä haluaisin ainakin omalta kohaltani välttää mahollisimman pitkälle puuttumasta siinä niitten ajatteluu. Mun mielestä on aika väärin et jos opettajana huomaa, et ne on nyt menny allikon puolelle, nyt ne lähti väärään suuntaan menemään ajattelussaan, ei mun mielestä oo kauheen hyvä et joku opettajana menis sanomaan, että hei muuten. Mut jos nyt nii ku alkaa oppilasryhmä tuskastua, et hei me ei ymmärretä tätä, niin siinä vaiheessa menee nii ku motivoimaan niit, et pistää sitä ajattelua alulle.
>
> Muttet kyl niitten oppilaiden tehtävä on sitte palata takaisin, ku ne itte huomaa et nyt ollaan metsässä. Että osais ja palais itse takaisin tai aloittais alusta, mikä se nyt heillä sit onkaan se ajatus ja tapa.
>
> Mut ei mun mielestä opettajan pitäisi olla sellanen et se menis niitä ohjailee kauheesti.

Opettaja tuo esiin, että on tärkeä ohjata oppilaita, muttei liikaa tai liian määräilevästi, vaan antaa oppilaiden löytää ratkaisut tehtäviinsä. Toisaalta hän korostaa myös sitä, että siinä vaiheessa, kun oppilas on täysin "hukassa" opettajan on tärkeä huomata se ja auttaa oppilasta ajattelemaan niin, että hän pystyy jatkamaan työskentelyä. Tästä syystä opettajan tulee olla arvioimassa ja seuraamassa oppilaiden työskentelyä koko ajan, autenttisesti, olla ajan tasalla.

Näiden kuvausten perusteella Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalin konstruktivistinen näkemys opettajan ja oppilaan rooleista tulee esiin käytännössä, erityisesti sosiaalinen konstruktivismi, jossa ollaan vuorovaikutuksessa toisten ihmisten kanssa ja rakennetaan ymmärrystä opittavasta asiasta.

9.2 Oppilaan työskentelyn arviointia

A) Oppitunnin tarkkailun perusteella nouseva kuvaus

Oppilaat ratkaisivat rahaan liittyviä tehtäviä, muffinssiongelman (liite 2) ja pyöräkauppaongelman. Tarkastelemme tarkemmin muffinssiongelmaa. Siinä oppilaiden tuli ratkaista ongelma, jossa muffinssilaatikko maksaa 10 euroa. Heidän piti ratkaista piirtämällä, laskemalla ja kirjoittamalla, miten eri tavoin he voivat maksaa ostoksensa tasarahalla. Mikäli oppilaat olisivat työskennelleet yksin he olisivat voineet selittää vastauksensa kirjoittamalla, mutta tässä tapauksessa, kun he työskentelivät pareittain, selittäminen tapahtui verbaalisesti, jonka perusteella heitä arvioitiin. Tehtävät ja työskentely eli koko oppimisprosessi arvioidaan Kallickin ja Brewerin (1997) aikaisemmin luvussa 6 esitetyllä tutkimuksen autenttiseen arviointiin sopivalla arviointiasteikolla. Tämän perusteella tehtävät arvioidaan ymmärtämisen, menetelmien ja selittämisen osa-alueilla, tasoilla 1 - 4, neljän ollessa korkein taso, sen mukaan, kuinka oppilas on toiminut.

Oppilaat 3 ja 4 käyttivät koko paperin ja vielä toisenkin paperin ratkaisun selvittämiseksi. He piirsivät ja kirjoittivat vuoronperään euroja paperille. Oppilaille 1 ja 2 riitti tehtävänä ollut paperi, johon he myös yhdessä piirsivät euroja.

Eri osa-alueiden arviointi:

Ymmärtäminen: Oppilaat 3 ja 4 erottivat hyvin kolikot ja setelit toisistaan, kymmenen euroa oli piirretty suurempana setelinä kuin viisi euroa, yhden ja kahden euron kolikot oli piirretty kolikkoina. Yhden ja kahden euron kolikot olivat saman suuruisia, todellisuudessa yhden euron kolikot ovat pienempiä kuin kahden euron kolikot. Oleellista oli, että oppilas oli piirtänyt kolikot ja setelit erikseen. Näin oppilas osoitti hallitsevansa matemaattiset käsitteet rahoissa piirtämällä kolikot ja setelit erikseen, hänellä on tarvittavat tiedot ongelman ratkaisuun. Oppilaiden taso: 4.

Saman tyyppistä työskentelyä oli oppilailla 1 ja 2. Oppilaat olivat erottaneet kolikot ja setelit toisistaan, toisaalta he eivät olleet myöskään piirtäneet yhden euron koli-

koita pienimmiksi kuin kahden euron kolikot. Mutta oleellista oli, että heillä oli tarpeelliset tiedot tehtävän ratkaisua varten. Oppilaiden taso: 4.

Menetelmien osa-alueella oppilaat 3 ja 4 ovat löytäneet ongelmaan ratkaisun ja käyttävät tehokkaasti matemaattista päättelyä sekä eri menetelmiä. He ovat piirtäneet eri rahayhdistelmiä, kuten pelkkiä kolikoita ja seteleitä sekä kolikoiden ja seteleiden yhdistelmiä saadakseen kokonaissummaksi kymmenen euroa. Oppilaat olisivat voineet ratkaista tehtävän vielä monipuolisemmin käyttämällä myös senttejä kokonaisten eurojen lisäksi, mutta kaiken kaikkiaan oppilaat kykenivät ratkaisemaan ongelman käyttämillänsä menetelmillä. Oppilaiden taso: 3.

Oppilaiden 1 ja 2 kohdalla voidaan sanoa, että he ovat löytäneet ratkaisun ongelmaansa käyttäen tehokkaasti matemaattista päättelyä sekä eri menetelmiä, piirtämällä ja laskemalla, käyttäen samalla matemaattisia merkintöjä, + (plus) ja = (yhtä suuri kuin) merkkejä piirrosten välillä. He ovat käyttäneet runsaasti erilaisia kolikoiden ja seteleiden yhdistelmiä sekä pelkkien kolikoiden yhdistelmiä saadakseen summaksi 10 euroa. Oppilaat eivät ole ajatelleet aivan loppuun asti, sillä he ovat 10 euron kanssa piirtäneet 0 euron kolikon, jota ei ole olemassa. Oppilaat ovat selkeästi ajatelleet, että mikäli maksaa 10 eurolla ei tarvitse muuta rahaa. Matemaattisesti ajatus on oikein, mutta merkintätapa väärä. Oppilaiden taso: 3.

Selittämisen osa-alueella oppilailta kysyttiin kuinka he olivat ratkaisseet ongelman tehtävässä.

> Oppilaat osoittivat samalla piirroksiaan, kun selittivät ratkaisujaan.
> Oppilas 4: "Viis euroa plus viis euroa."
> Oppilas 3: "Sit mä oon tehnyt viis euroa, kaks ja kaks ja yks."
> Haastattelija: "Joo-o. Mitä sitten?"
> Oppilas 3: "Viis euroo, yks euro, yks euro, yks euro ja yks euro ja yks euro.
> Haastattelija: "Sitten?"
> Oppilas 4: "Kaks, kaks, kaks, kaks ja yks ja yks."
> Haastattelija: "Eli mitä ne on?"
> Oppilas 4: "Euroja. Kaks euroo, kaks euroo, kaks euroo, kaks euroo, yks euroo ja yks euroo."

Kuvauksen perusteella voidaan todeta, että oppilaat ovat selittäneet tehtävässä esitetyn ongelman selkeästi ja matemaattisesti tarkasti perustuen omiin piirroksiin ja kuviin tehtävässä. Oppilaat käyttävät yhteenlaskuun soveltuvia matemaattisia termejä, kuten plus-merkintöjä. Oppilaat olisivat voineet selvittää tehtäväänsä yksityiskohtai-

semmin kuten aiemmin tuli ilmi, käyttämällä jopa sentin kolikoita ja käyttämällä matemaattisia termejä enemmän. Oppilaiden taso: 3.

Oppilas 1 osoittaa myös piirroksiaan ja laskutoimituksiaan samalla, kun hän selittää omaa ratkaisuaan:

> Haastattelija: "Miten te ratkaisitte sen?" (Oppilas 1 ja 2 istuvat vierekkäin)
> Oppilas 1: "Laskemalla ja piirtämällä."
> Haastattelija: "Nii-in, elikkä mitä te ootte tehnyt tässä?"
> Oppilas 1: "...Viisi euroa plus nii ku kaks euronen, yks euronen ja sit toi kaks euronen ja sitte nii se on yhtä kuin kymmenen euroa.--Yks euro plus kaks euroa plus viis euroa plus kaks euroa on kymmenen euroa."

Oppilas selostaa yksityiskohtaisesti ja vaiheittain, mitä euroja on käytetty ja kuinka ongelma on ratkaistu. Hän selittää tarkasti käyttäen tehtävään liittyviä matemaattisia termejä, plus ja yhtä suuri kuin, samalla osoittaen piirrosesimerkkejään. Oppilaan taso: 4.

Oppilaat 3 ja 4 menestyivät tehtävissään seuraavanlaisesti:

Y (ymmärtäminen): 4/4

M (menetelmät): 3/4

S (selittäminen): 3/4

Oppilas 1 seuraavanlaisesti:

Y: 4/4

M: 3/4

S: 4/4

Oppilaat menestyivät suhteellisen hyvin, mutta kuten yksityiskohtaisemmasta tarkastelusta käy ilmi, oppilaiden tulee olla vielä huolellisempia työskennellessään tehtävien parissa. Se, kuinka oppilas tehtävän ratkaisee, saattaa olla usein oikea tapa, mutta oppilaiden tulee olla tarkkana, kuinka sen voi ilmaista matemaattisesti oikein. Mitä yleensä tehtävien arviointituloksista voi päätellä oppilaan osaamisesta, tarkastelemme tarkemmin opettajan haastattelun perusteella nousevassa kuvauksessa.

B) Opettajan haastattelun perusteella nouseva kuvaus

Opettajan kanssa tarkastellessa, miten hyvin oppilaat osasivat ratkaista tehtäviä, tuli esiin oppilaiden suhteellisen hyvä osaaminen. Oppilas 1 suoriutui omaa tasoaan vastaavasti:

> Joo ihan ok. Kyllähän se ton tyyppisen selvittää, jos tässä ottais tasokseen et kuin monta niit itse asiassa voi olla niit erilaisia tapoja, nii sä joudut miettimään ihan oikeesti ne sentin kolikot.
>
> Sithän nii ku vastauksia tulee, et tuskin niit kaikkii tarvii piirtää, jos ottaa sentit mukaan, jos pitäis saada et kuinka monta mahdollisuutta, niin tässähän tää haitari on paljon suurempi.

Opettaja selvittää, että oppilas on suoriutunut hyvin, vaikka toisaalta oppilas olisi voinut ottaa myös sentit käyttöön tehtävän ratkaisussa. Samalla hän kiteyttää, että mikäli vastauksien määrä olisi noussut mielettömäksi, kaikkia ei olisi sitten välttämättä tarvinnut piirtää, kun tietää periaatteen, miten oppilas on tehtävän ratkaissut. Oppilaiden 3 ja 4 työtä tarkastellessa tulee esiin samoja piirteitä, ei ole otettu kaikkein pienempiä rahayksiköitä käyttöön:

> Näköjään heillä on sama, että ne on pitäytynyt euroissa ja senttien puolelle ei oo menty... kymmenen yhden euron kolikkoa ei oo näköjään piirretty.

Opettaja huomaa, että kaikkia vaihtoehtoja ei ole tuotu esiin. Hän tuo kuitenkin esiin oppilaiden inhimillisyyden ja rajat, erityisesti oppilaan 3 kohdalla seuraavasti:

> Se ei nii ku osaa etsii niit asioita, et hei mitäs jos mä lähtisinki tällä tavalla ajattelee ja tekee. Se on just aina nii ku lapsille ihan luonnollista.
>
> Ainakaan tämmösis tehtävis, koska niit on aina opetettu siihe, et tee laskut, suorita.
>
> Eikä siihen nii ku, että ...ahaa, et nyt mä keksin tämmösen ja mitäs jos tän tekisinkin näin.

Keskustelusta käy ilmi, että opetus on yleensä varsin suorituspainotteista koulussa, jossa oppilaan vapaus käyttää luovuutta ja mielikuvitusta tukahtuu. Tästä syystä, kun tulee tilanteita, joissa oppilaat voisivat vapaasti tuottaa erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja, heidän on vaikea toteuttaa niitä. Kuten aikaisemmasta kuvauksesta on käynyt ilmi, tässäkin luokassa on ratkaistu matematiikan tehtäviä ongelmalähtöisesti jo lukuvuoden verran ja kevätlukukaudesta alkaen käytetty Saavutusten salkku -oppimateriaalia, siitä huolimatta oppilaiden kyky ratkaista tehtäviä ongelmalähtöisesti vaati edelleen

harjoitusta. Jälleen todettakoon edellisen luvun mukaisesti, että opettajan rooli ja hänen asennoitumisensa tällaiseen työskentelyyn on merkittävä tekijä. Kyseisessä rahatehtävässä opettaja huomaa, kuinka hän voi vaikuttaa oppilaiden työskentelyyn:

> Jos sais innostettua tavallaan siihen, että hei nyt, että kymmenen euroa, miten sen voi, et onhan niit viel niit kolikoita, et kuka nopeimmin nyt laskee. Nii, senki viel siihen mukaan ja sanoo, et kui monta, miten voi nii ku tarjoo sen kymmenen euroa sillee.
>
> Montaks viis senttistä sä tarviit et saat kymmenen euroa kasaan?

Opettaja huomaa, kuinka hän voi vaikuttaa oppilaiden työskentelyyn ja tehtävien ratkaisuun, kun oppilaat eivät ole vielä ajatelleet tarpeeksi yksityiskohtaisesti. Esitetään lisäkysymyksiä oppilaille. Tässä tulee esiin jälleen kerran prosessityöskentelyn pääperiaate, voidaan arvioida oppilaiden töitä sekä tehtävän teon aikana että sen jälkeen, jotta voidaan asettaa uusia tavoitteita eri käsitteiden oppimiselle.

Tehtäviä tarkastellessa opettaja arvioi oppilaiden työskentelyä annettujen arviointikriteerien mukaan. Mitä käytännön hyötyä annetuista tehtävien arviointikriteereistä on opetuksessa ja arvioinnissa? Mitä se kertoo oppilaasta?

> Hankalinta oli se selittämisosasto, mutta kyl... se nii ku aikuinen selittää nää asiat noin nii ku mennää tasolta toiselle, mutta oikeestihan nää lapset ei. Ne ei etene noi, ja miks kaikki olis nii ku tasolla yksi ja sitte ku ne alkaa kehittyy nii kaikki on tasolla kaksi ja sit ne menee tasolle kolme ja sit ne menee tasolle neljä. Mut se ku ne lähtee joltai tietyltä tasolta ja sitte ne tekee floppeja jossai tehtävässä, et ne saattaa nii ku ponkasta tasolta neljä tasolle kaks tai...

Opettaja kokee, että oppilaan kehityksen ja oppimisen kannalta arviointikriteerejä tulee osata soveltaa käytännön työhön oikein. Hän ei näe, että oppilas kehittyisi systemaattisesti tasolta toiselle, vaan että oppilaan oppiminen etenee toisinaan varsin vaihtelevasti. Samoin kuten tutkimuksen alussa todettiin Piagetin teorian lapsen kognitiivisesta kehityksestä. Vaikka lapsen kehitys teorian mukaan tapahtuu tasolta toiselle, tasot eivät välttämättä esiinny lapsella tietyssä iässä, vaan ne esiintyvät riippuen lapsen ympäristötekijöistä ja kokonaisuudessaan lapsen kokemusmaailmasta (Piaget 1988, 98-99). Opettajalla on sama käsitys ympäristötekijöiden vaikutuksista lapsen oppimiseen:

> Tai jotai tällasta, et se ei oo nii ku tasasta se niitten suorittaminen, koska se on tietysti ympäristötekijöistä ja motivaatiosta ja tälläsestä kiinni. Sehän on nii ku mä veikkaisin, et se ei oo kovin samantasoista se.
>
> Nii, muttet onhan se siihen arviointiin ok pohja.

Opettaja vakuuttaa, että matematiikan työskentelyyn arviointipohja on hyvä, huolimatta siitä, että oppilaan oppiminen etenee vaihtelevasti, välillä tasaisesti, välillä "floppeja" tehden, kuten opettaja asian ilmaisi. Käytännössä pitkällä aika välillä oppilaiden oppiminen on ollut vaihtelevaa.

> Nii tai se seuraaminen on. Ei varmaan pystyis sanomaa jostai oppilaasta, vaikka sen vuoden tai puolen vuoden tuotoksista, että millä tasolla se oikeesti on. Mä voin ottaa keskiarvon.
>
> Tietysti, et mä luulen, et se vaihteluväli on sellai aika suurta.
>
> Nii, että se olis helppoo, ku ne lähtis tosiaan kehittyy, et ahaa nyt se on nelos tasolla, ja nyt se jää siihen. Mut käytännöss ihan varmaa, mitä näit on ainakin tehty, nii se on hirvee vaihtelevaa se tulosten saaminen ja vastauksen saaminen.

Opettaja korostaa, ettei voi arvioida oppilasta jonkin jakson jälkeen, millä tasolla oppilas on matematiikan oppimisessa. Hän haluaa nähdä oppilaan oppimisen laajana kokonaisuutena ja käyttää kenties keskiarvoa oppilaan töistä. Oppilaan oppiminen koostuu kaikista hänen töistään, mitä hän on tehnyt ei vain jostain yksittäisestä. Tästä syystä on hyvä, että voidaan toteuttaa prosessiarviointia näiden töiden kautta, kuten opettaja asian ilmaisee:

> ...Mutta kyllä se prosessi sielt varmaa löytyy ja joku linja sille, miten se lähtee menemää, pysyyks samana tai nouseekse vai laskeekse, et tosiaan konkreettisesti se on kumminki aika aallokkoa se, et mennää tasolta toiselle, muttet voihan sitä sit kattoo, että mihinkä suuntaa se alkaa menee, mitä se keskiarvo siit on.

Arvioidessaan autenttisesti oppilasta opettaja voi nähdä, missä vaiheessa oppilas on ja ohjata oppilaan oppimista sen mukaisesti. Autenttisessa arvioinnissa näkee, onko oppilas menossa oppimisessaan taaksepäin vai eteenpäin vai kenties pysyy ennallaan, tämä vaikuttaa opettajan opettamiseen. Arviointipohja tukee opettajan opettamista ja sen jäsentämistä tavoitteiden suunnassa (Matematiikan saavutusten salkku 2001, 16).

9.3 Miten työskentelymenetelmä tukee matematiikan oppimisprosessissa?

A) Oppitunnin tarkkailun perusteella nouseva kuvaus

Oppilaat 1 ja 2 ratkaisivat pyöräkauppatehtävää. Tehtävässä Pekalla oli kolme erilaista seteliä, joilla hän maksoi 290 euroa maksavan pyörän ja 30 euroa maksavan repun. Pekka käytti kaiken rahansa, ja oppilaiden tuli selvittää mitä seteleitä kukkarossa oli.

> Oppilas 1: "Pekalla oli kukkarossa kolme euron seteliä.... se täytyis laskee allekkai. Laske toi.
> Oppilas 2: "Nolla... [ratkaisee allekkain laskun yhteissummaa]
> Oppilas 1: "Yheksä plus kolme... kato... kaksi siihe [alas ja yksi muistiin] kaksisataakaksikymmentä."
> Oppilas 2: "Kaksisataakaksikymmentä."

Tehtävässä oppilas 1 alkaa piirtää pyörää yksityiskohtaisesti, pyöränkelloineen ja satuloineen ja lopuksi pyörä väritetään sinisellä. Oppilas 2 piirtää reppua ja värittää sen mustaksi, koska se on Pekan, oppilaat täsmentävät. Tehtävän kuvauksesta käy ilmi, että oppilaat ovat ensin ratkaisseet tehtävän allekkain laskun, jotta voivat saada selville ostoksen yhteissumman, jonka perusteella he valitsevat sopivat setelit tehtävän ratkaisuun. Sen jälkeen oppilaat piirtävät yhdessä tehtävässä esitetyt ostokset. Keskustelemalla tehtävästä ja tämän lisäksi piirtämällä hyvinkin eritasoiset oppilaat pystyvät hahmottamaan, mitä tehtävässä tulee tehdä. Verbaalinen kielenkäyttö ja visualisointi syventävät oppilaan ymmärrystä opittavasta asiasta ja käsitteistöstä. Erityisesti parin kanssa työskennellessä voidaan keskustella ongelmasta ääneen ja sitä kautta saada uusia näkökulmia ja jopa korjauksia tehtävän ratkaisuun:

> Oppilas 2: "Kaksisataayheksäkyt makso tää." [pyörä]
> Oppilas 1: "Nii..."
> Oppilas 2: "Ni se on kolmesataakakskyt." [Allekkain laskun vastauksena oli 220]
> Oppilas 1: "Tä?"
> Oppilas 2: "Kolmesataakakskyt."
> Oppilas 1: "E-e."
> Oppilas 2: "On, toi on kolme, kaks plus yks."
> Oppilas 1: "Hei tehää tää uudestaan tämä. [Oppilas kirjoittaa ja ratkaisee 290 + 30 allekkain]. Kaksi... yhdeksän... nolla... kolmone. Oho... aika upee kolmone, kolkyt. Nolla plus nolla ja sä teet noi loput."

Oppilas 2 ryhtyy ratkaisemaan allekkain laskua loppuun ja saavat yhdessä tulokseksi 320. Työskentely tehtävän parissa osoittaa, että yhtenä olennaisena hyötynä työskentelymenetelmästä on, että oppilas paranee laskurutiinien soveltamisessa ongelma-

ratkaisutilanteissa (Matematiikan saavutusten salkku 2001, 16). Oppilas 2 huomaa tehtävän allekkain laskussa virheen ja sanoo siitä ääneen, jonka jälkeen sitä ryhdytään korjaamaan. Näin yhdessä ratkoessaan oppilaat tukevat toinen toistensa oppimista. Päästään taas tehtävän teossa oikeille raiteille ja voidaan jatkaa tehtävän tekoa loppuun. Galperin (1953) kiteyttää ääneen puhumisen tärkeyttä, sillä puhumisen kautta oppilas ilmaisee toiminnan vaatimat käsitteet (Galperin 1953, 219). Puhumisen kautta oppilas siis jäsentää ja syventää tehtävän vaatimaa matemaattista käsitteistöä ja tekee sen johdosta johtopäätöksiä tehtävän ratkaisun suhteen.

Oppilaiden keskinäisen työskentelyn kautta oppilaat saavat konkreettista apua toisiltaan tehtävän ratkaisemisessa. Paitsi, että oppilas pystyy puhumaan tehtävästä ääneen parin kanssa, tekemällä yhdessä voidaan jakaa työtehtäviä. Oppilailta kysyttiin, mitä opittiin ja miten se koettiin, kun tehtiin tehtävä kaverin kanssa:

> Oppilas 2: "Se olis tylsempää."
> Oppilas 1: "Ja muutenki ku sit on nii ku, ku on kaveri ni se ei oo sillee tylsää ja sit on apua ku on toinen."
>
> Oppilas 1: "Sillee nii ku, et jos kaveri keksii ja toinen tekee sen, ei nii ku itte tarvii tehä, siin saattaa väsyä käsi ja muutenki jos tekee ihan yksin."

Oppilas kokee, että voisi olla raskaampaa tehdä tehtävä yksin. Kaverin kanssa voi jakaa tehtävän tekoa, ei tarvitse yksin tehdä kaikkea, sillä käsi saattaa väsyä. Tässä tulee hyvin esiin 2-luokkalaiselle ominainen Piagetin määrittämä konkreettisten operaatioiden kehitysvaihe. Tilanteet ja teot koetaan varsin konkreettisesti. Sama ilmiö tuli esiin Muffinssi –ongelmatehtävän jälkeen oppilaalla 3, kun häneltä kysyttiin mitä tehtävässä piti tehdä rahoilla ja mitä tehtävässä opittiin rahasta ylipäänsä.

> Pieniks.
>
> Miten se maksetaan eri tavalla.

Oppilas kokee, että opittiin todella sitä, mitä tehtiin. Tehtävässä piti osoittaa, miten eri tavoin muffinssit voidaan maksaa kymmenellä eurolla. Oppilaan 3 konkreettista ajattelumaailmaa kuvaa edelleen, kun häneltä kysyttiin, miten opittua asia voi käyttää jossain muualla.

> Se auttaa, jos menee kauppaan töihin.
>
> On helppo laskea. Nii, tietää laskee.
>
> Jos joku ostaa vähäll rahal, sen on helppo heti siitä laskee.

Oppilas kertoo, mitä rahalla voi käytännössä tehdä. Hän tietää, että kaupassa käytetään rahaa ja näin ollen siellä tarvitaan taitoa käsitellä, laskea, rahaa. Näin oppilaan konkreettisten operaatioiden kausi näkyy hänen työskentelyssään ja ajatusmaailmassa. Työskentelymenetelmä tukee oppilaan oppimisprosessia, sillä hän pystyy ajattelemaan tehtäviä konkreettisesti, soveltamaan opittuja käsitteitä, samalla hauskojenkin tehtävien kautta hänen ajattelunsa kehittyy. Tehtävät virittävät oppilaan ajattelua, kuten tulee ilmi oppilaan 1 kuvauksesta:

> Ku se oli sillee kiva, ku siell oli sillee ongelma.
>
> Nii, sillee, ku se oli aika vaikee...
>
> Ku piti olla vaa kolme seteliä.
>
> Ku pitää keksii ne setelit ja sit ne kaikki meni, siin pitää olla nii ku tasa raha.

Oppilaalta kysyttiin edelleen, mikä auttoi tehtävän ratkaisussa, koska hän sanoi, että se oli haasteellinen. Oppilas vastasi seuraavasti:

> Ku niit seteleit on sillee enemmän... ku tota markoissaha oli vaa jotai satane ja tuhat ja siel ei ollu kakssatasta tai nii ku kymmene tai viissatasta, et ne oli nii ku sillee kolikoina, se oli helpompaa.

Oppilas ilmaisee selkeästi, että tehtävä oli tarpeeksi haasteellinen hänelle, ei liian helppo ja erityisesti, että sai ratkoa jonkin ongelman. Ratkaisu piti löytyä. Oppilas samalla pohtii ääneen tehtävässä käytettyjä rahoja ja niiden arvoa. Hän vertaa euroja markkoihin ja jäsentää, kuinka tehtävän pystyi ratkaisemaan. Tässä näkyy erittäin hyvin oppilaan rahakäsitteen ymmärtäminen ja sen käyttäminen tehtävän puitteissa. Työskentelymenetelmän avulla oppilaan matemaattinen ajattelu- ja ongelmanratkaisutaito kehittyy (Matematiikan saavutusten salkku 2001, 16).

Oppitunnin tarkkailun perusteella voidaan todeta, että materiaalin puitteissa voidaan edistää oppilaan matematiikan oppimista oppimateriaalissa edellyttämällä tavalla. Parin kanssa keskustelemalla syvennetään käytettyjen käsitteistöjen ymmärtämistä ja

tehtävien kautta yleensä parannetaan laskurutiinien soveltamista käytännön tilanteisiin. Aivan kuten oppimateriaali kiteyttää, Matematiikan saavutusten salkku (2001) työskentelymenetelmän kautta monipuolistetaan oppilaan oppimista matematiikassa, kuten lisätään matematiikan opetuksen ongelmakeskeisyyttä, elävöitetään sitä ja samalla motivoidaan oppilaita etsimään jokapäiväisiin matemaattisiin ongelmiin luovia ja jopa hauskoja ratkaisuja. Ratkoessaan tehtäviä parin kanssa oppilas saa palautetta opettajan lisäksi työpariltaan, jolloin hän saa entistä monipuolisempaa palautetta oppimisestaan. Kaikki osatekijät kokonaisuudessaan vaikuttavat siihen, että oppilaiden käsitteiden oppiminen vahvistuu. (Matematiikan saavutusten salkku 2001, 15-16.)

B) Opettajan haastattelun perusteella nouseva kuvaus

> Nii ku tutkimukset ovat osoittaneet, nii tällainen vertaiskielenkäyttö ja tämä lapset opettamassa lapsia on todettu olevan hyvän. Just tällasessa ryhmätyössä, just tän tyylisissä ongelmissa, mun mielest on nii ku hienoo, ku ne lapset... tänääki just kuuntelin ku x ja y keskusteli 'hm, no ei nyt, kamoon voiks olla yheksän euron seteliä!' Et ne toisaalta sallii toisiltaan enemmän ja toki tuntuu et onks toi vähän liian raa'sti sanottu, et eiks se ny voi sanoo nätisti silleen.

Tämä viittaa sosiokonstruktiviseen käsitykseen matematiikasta, joka nousi esiin oppitunnin tarkkailun perusteella luodussa kuvauksessa myös, puhutaan ja keskustellaan toisten kanssa ratkottaessa tehtävää. Opettaja erityisesti korostaa oppilaiden keskinäistä keskustelua, jossa oppilaat ovat luonnollisia keskenään ja sanovat varsin suoraan, mitä ajattelevat. Näin oppilaat saavat hyvin suoraa ja aika ajoin nopeaakin palautetta työskentelystään. Ääneen työskentely helpottaa oppilasta jäsentämään tehtävää ja sen ratkaisua, kuten seuraavasta käy ilmi, opettajan jatkaessa heti edellisen lausunnon jälkeen:

> Mieti nyt minkälaisia seteleitä on olemassa. Mutta onhan siel hirveesti lapsia, jotka varmasti hyötyy siitä ensinnäkin, et joutuu laittamaan sen oman ajattelun kielelliseen muotoon, mikä on aivan loistava yhteys näihin tavoitteisiin. Sitte taas nii ku se toinen saa nii ku vertaisryhmänsä kieltä kuulla ja ymmärtää ihan taatusti paremmin, ku aikuinen, jolleka on asiat vesiselviä, nii varmaan parempi sille, joka sitä neuvoa silt toiselta oppilaalta saa, kykenee vastaanottamaan sitä. -- Muttet kyllähän se on sillekin [joka selittää] et jos se osaa sen paremmin tehdä, niin mielettömän hyvä, et se joutuu hyvin yksinkertaisella nii ku käsitteillä selventämään, miks joku ei käy tai miks tää tulee näin. -- Et nii ku se ajatusmaailma on jo niin samalla tasolla lapsen kaverilla, ihan varmasti menee paremmin perille.

Opettaja näkee matematiikan oppimisen kannalta tärkeänä, että oppilas laittaa ajattelunsa kielelliseen muotoon. Se auttaa oppilasta itseään jäsentämään ymmärrystä opiskeltavasta asiasta ja kanssa oppilaitaan kuulemaan vertaiskieltä, jonka perusteella opitaan käsitteitä jopa paremmin kuin jos opettaja opettaisi. Kaveri on samalla ajatusmaailman tasolla, jolloin kieli on selkeää ja yksinkertaista.

Materiaali toimii hyvin eritasoisten oppilaiden kohdalla, myös heikompien kohdalla, mikä tuli esiin edellisessä puheenvuorossa. Opettaja tarkentaa, kuinka materiaalia voidaan käyttää esimerkiksi sellaisten heikkojen oppilaiden kohdalla, jolla on vaikeuksia lukea tehtävää tms. Hän kiteyttää seuraavasti:

> Tää nimen omaa toimii, koska tää ei oo sidottu siihen, koska mähän voin lukea sen ongelman tai mähän voin piirtää apukuvia, että se muistaa senkin jälkeen, kun mä olen lukenut. Et eihän tää mun mielestä siihen vaikuta, niin, no ne on niin moninaisia ne ongelmat. -- on keskittymishäiriöinen tai on lukiongelmainen, eihän se välttämättä näy tällasessa, se voi olla muutenkin se luova tyyppi, joka antaa mielikuvituksen lentää ja löytää sieltä niitä oikeita ratkaisuja.

Opettaja voi tarvittaessa visuaalisesti näyttää oppilaalle tehtävän ongelman, mikäli oppilaalla on sellaisia oppimisvaikeuksia, ettei hän pysty muuten normaalisti työskentelemään tehtävien puitteissa. Toisaalta heikko oppilas, joka ei ole normaali suoriutuja, saattaa mielikuvitusta ja luovia ideoita käyttäessään löytää oikeita ratkaisuja omalla tavallaan, päinvastoin kuin perinteiset normaalisuoriutujat. Opettaja jatkaa heikoista oppilaista, jotka eivät suoriudu normaalisti, vaan joilla on jonkin asteisia oppimisvaikeuksia:

> Että tota, se saattaa kumminki olla hyvinki luova tyyppi, siltä voi tulla ihan pilvi-ideoita, mistä alkaa löytyy sit nii ku oikeita ratkaisuja.
>
> Sellasii aika rohkeita, paljon rohkeimpia vetoja ne varmaa uskaltaa tehä ku sellaset, jotka on hirvee pedantteja ja tota semmosii perusoppilaita.
>
> Ja sitte tota se, että ne saa kuulla sitä vertaiskieltä.

Normaalisti suoriutuvat oppilaat pidättäytyvät tavanomaisissa ideoissa ja ratkaisuvaihtoehdoissa, mutta heikko oppilas, jolla on ongelmia jollakin osa-alueella, kielellisellä tai käyttäytymisen tms. saattaa muuten olla varsin luova ja idearikas. Toisaalta on hyvä muistaa, että on sellaisia oppilaita, joilla on erityisiä vaikeuksia ilmaista ajatuksiaan sanallisesti. Vaikka he olisivat ymmärtäneet tehtävän ja saaneet apua

esimerkiksi opettajan apukuvien kautta, oppilaalla voi siitä huolimatta olla vaikeuksia ilmaista ajatuksiaan sanallisesti. Sellaisilla oppilailla on todennäköisesti vaikea suoriutua tällaisista tehtävistä. Erilaiset oppilaat tulee ottaa huomioon yleensä kaikessa oppimisessa. Opettajan kuvauksen mukaan oppilaiden keskinäiset piirteet tasoittuvat työskennellessä ja täydentävät toisiaan tehtävää ratkoessa. Opettaja jatkaa edelleen:

> Joo, ja sithän voi tietysti tämmösin työskentelymuotoja, että tota, joka varmaan luulis et käytännössä, semmonen jollei nii kauheesti toi ajattelu ja luovuus oo ykkösasioita, nii se ehkä on elävämpi kirjoittaja. Se ehkä toimii kirjaajana siinä. Ja sitte taas ku se joutuu tekemään nii ku käytännössä sit juttuu, nii se saattaa ittekin oman tyylisellä ajattelullaan päästä... tai varmaan pääseekin.

Oppilaiden erilaiset tavat oppia ja niiden käyttö tehtävän parissa työskennellessä vaikuttavat heidän kykyyn ymmärtää tehtävässä annettua ongelmaa. Sama tulee esiin seuraavassa:

> Mutt jos esimerkiksi tämmösessä tapauksessa heikompi joutuu esimerkiksi piirtää niit kuvia, nii tota toisaalta se on taas hyvä. Luulisin, että hyvät puolet siin on se, että se joutuessaan piirtämään niitä kuvia, se alkaa hahmottamaan sitä ongelmaa ja näkee varmaa ihan toisell tavall, ku joka toinen vaa sanoo, että tee näin, 'laita ny siihen sininen, laita ny valkonen', niil varmaa itteki nii ku hoksottimet toimii paremmin.

Opettaja näkee erityisen hyvänä, että oppilas voi käyttää niitä työtapoja, joilla hän parhaiten oppii, esimerkiksi piirtämistä. Se auttaa oppilasta hahmottamaan ongelmaa ja ymmärtämään, mistä tehtävässä on kysymys. Näin ollen voidaan todeta, että Matematiikan saavutusten salkku -työskentelymenetelmällä voidaan tukea ja edistää oppilaan oppimista matematiikassa monin tavoin. Oppilas käyttää monia aisteja hyväkseen työskennellessään tehtävien parissa. Kuten edellä on tullut esiin, oppilas puhuu, kirjoittaa, piirtää ja ajattelee mielessään tehtävää, jotka kaikki osaltaan syventävät oppilaan matematiikan käsitteiden ymmärtämistä ja niiden oppimista. Näin työskentelymenetelmällä tuetaan oppilaan matematiikan oppimista olennaisesti.

9.4 Matematiikan saavutusten salkun virittämiä työskentelymuotoja

9.4.1 Uusia mahdollisuuksia

Opettajan haastattelussa selvitettiin opettajan kokemuksia oppimateriaalin käytön tuomista uusista ideoista matematiikan opetukseen. Luokassa on luonnollisesti käytetty materiaalin ohella matematiikan oppikirjaa, joten oli tarpeellista selvittää, millä tavalla oppimateriaalin käyttö erosi kirjasidonnaisesta matematiikan opiskelusta.

> Meil on toi Mieti ja laske –kirja ja siel on aika paljon samantyylisiä jo valmiita ongelmia siel kirjassa. Ne on niit semmosina lisätehtävä monisteina.
>
> Mun mielst ne on aika jotku aika samantyylisiä tehtäviä kun nää, et niihin ne on tottunu ja ne tekee, osa haluuki näit lisätehtävämonisteita, siinä mielessä aika Mieti ja laske –tyylistä juttua.

Opettaja kokee, että heillä on luokassa työskennelty samankaltaisten tehtävien parissa ennen Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalin käyttöön ottoa. Tästä johtuen sekä opettaja että oppilaat ovat tottuneet työskentelemään ongelmanratkaisutehtävien parissa. Koulussa on kiinnitetty huomiota matematiikan opettamiseen ja oppimiseen, joten on haluttu kehittää oppimista yleensä, kuten opettaja sanoo:

> Meidän koulussa on mietitty jo useamman vuoden, et mitä se on muuta kun sitä mekaanista osaamista matikkaa. -- Nii, en tiedä kuinka paljon se ihan oikeesti käytännössä on ollut, mutta ainakin se on ollut ajatuksena opettajien päässä. Mut ei tää mun mielestä mitenkään hirveen uutta tai outoo ole.

Oppilaiden tulisi osata muutakin kuin ainoastaan mekaanisia laskutoimituksia, joten koulussa on haluttu kiinnittää matematiikan opetukseen huomiota. Tämä osaltaan vaikuttaa opettajan työskentelyyn, saa ainakin ideoita omaan opetukseen, millä tavoin voi kehittää omaa opetustaan. Vaikka opettaja sanoo, että Matematiikan saavutusten salkun tiimoilta työskentely ei ole ollut vierasta tai uutta, koska he ovat työskennelleet samantyyppisten tehtävien parissa luokassa aiemmin ja koulussa on siitä puhuttu, siitä huolimatta opettaja erottaa muutamia käytäntöjä, jotka eroavat tavanomaisesta kirjasidonnaisesta matematiikan opiskelusta:

> Ehkä se on vieras tapa, että tässä tehdään ryhmänä, nii ku niitä. Matikkaa ei hirveesti ryhmänä tehä, ei edes parityönä kovin paljon. Pelejä on ollut, mut tehdään joku työ yhdessä.
>
> Se ei oo matikan osalta.

Matematiikkaa ei ole opiskeltu ryhmässä eikä kovin paljon edes parin kanssa, erityisesti matematiikan tehtäviä ei ole yleensä tehty yhdessä kenenkään kanssa. Oppimateriaali tuo selkeästi esiin interaktiivisen puolen oppimisesta, sosiaalisen konstruktivismin. Oppiminen voi olla luovaa, hauskaa ja sosiaalista, ei ole aina tarpeellista ratkoa tehtäviä hiljaisesti, vaikka toisinaan sekin on paikallaan. Oppimateriaalin kautta monipuolistetaan matematiikan oppimista:

> Lähtökohta on hyvä, koska opetetaan hirveen kirjasidonnaisesti, et vieläkin vaikka yrittää saada mahdollisimman paljon kaikkea muuta juttua mukaan, on hirveen vaikee luopua siitä, kyl tääki sivu täytyy täält kirjasta tehä.
>
> Että mitä enemmän sitä muuta materiaalia on, sitä helpommin uskaltais jättää jotai pois.

Opettaja kokee oppimateriaalin myötä tulevan työskentelyn hyväksi matematiikan kirjan lisäksi. Yleensä opetetaan liikaa ainoastaan kirjan mukaan, toisaalta samalla hän kokee, että on vaikea olla tekemättä kirjaa järjestelmällisesti sivu sivulta. Ikään kuin kirja määräisi tahdin tai tehtävät, jotka tulee tehdä. Opettaja huomauttaa, että kun muuta materiaalia on enemmän, niin uskaltaa olla tekemättä kirjan sivuja määrätietoisesti. Muiden oppimateriaalien käyttö tuo selkeästi vaihtoehtoja, kuinka voi opiskella samoja käsitteitä toisella tavalla, näin voidaan monipuolistaa oppimista. Kirja on hyvä oppimateriaali, mutta sen lisänä on hyvä olla muita materiaaleja, jotta voidaan opettaa monipuolisesti, eri aisteja hyväksi käyttäen ja samalla syventää oppimista.

Uutena on tullut, että oppilaat ratkaisevat ongelmaratkaisutehtäviä yhdessä. Tämän lisäksi tehtävissä käytettävä arviointi oppimisprosessin aikana on melkoinen harppaus arviointikäytänteissä yleensä. Arviointi ja oppiminen on entistä näkyvämpää:

> Sit ois aika makee nii ku et jos olis aikaa ja mahdollisuuksia nii ku et oppilaiden kanssa seurata ja keskustella. Joskus tunneilta lähtiessä kuuntelee, kuulee niitten keskustelua ja näkee niitten toimiessa, jotenkin tekee tost nii ku portfolion tyylistä, et välissä olis nii ku arvioita, mikä menee hyvin ja minkä takia.

Oppiminen tulisi hänen mielestään tehdä näkyväksi, kerätä töitä kansioon portfolioksi, jossa on mukana tehtyjen tehtävien arviointeja. Näin voisi hänen mielestään nähdä, miten oppilaan oppiminen sujuu. Opettaja kokee, että hänellä ei ole tarpeeksi aikaa tehdä kaikkea oppimateriaalin puitteissa. Hän haluaisi tehdä enemmän kuin on tehnyt, olisi hyvä keskustella oppilaiden kanssa enemmän ja saada näin yksityiskohtaisempaa tietoa heidän oppimisprosesseistaan. Matematiikan saavutusten salkun (2001) yhtenä peruslähtökohtana on, että tehtävistä tehdään matematiikan portfolio. Tehtävien ratkaisut kerätään kansioon, vihkoon, salkkuun tms. jolloin niiden avulla oppilas, opettaja ja myös vanhemmat voivat seurata oppilaan matemaattista kehittymistä. Jotta portfoliosta tulisi toimiva, edellyttää se, että tehtäviä tehdään säännöllisesti viikoittain tai kuukausittain. (Matematiikan saavutusten salkku 2001, 15.)

Näin ollen oppimateriaali tuo opettajille uusia mahdollisuuksia matematiikan opettamiseen. Opettaja toi esiin kaksi merkittävää uutta toimintatapaa tavanomaiseen matematiikan työskentelyyn, jotka ovat tulleet esiin käytettäessä materiaalia: 1) tehtävien tekeminen valmiiksi yhdessä jonkun toisen oppilaan kanssa; jossa puhutaan ääneen ja ratkaistaan tehtävä yhdessä ja 2) matematiikan portfolion kokoaminen tehtävistä arviointeineen.

9.4.2 Jatkotyöskentely materiaalin puitteissa

Tutkimuksen luokassa on useita luokka-asteita, joten oppilaat ovat tottuneet työskentelemään ikäsekoitteisissa ryhmissä. Opettajan mielestä oppimateriaali sopii erinomaisen hyvin työskennellessä eri-ikäisten oppilaiden kanssa samanaikaisesti.

> Siihen se on vaikuttanut, et on näitä ikäsekoitteisia ryhmiä, valmiita tehtäviä. Me ollaan aika pitkälle pidättäydytty siitä, että ykköset tekee ykkösen kirjasta tehtäviä ja kakkoset kakkosen kirjasta. Muttet ideahan on hiukan sotkea tämmösissä ongelmaratkaisutehtävissä, tai jotkut voi lähtee tutkimaan seuraavien vuosien juttuja, jos ne tarvii vähän haastetta."
>
> Joo siihen tullut, että on ikäsekoitteisten ryhmien oppimateriaalia.

Luokassa oppilaat ovat tehneet omaa luokkatasoaan vastaavia tehtäviä kirjasta tähän asti, mutta nyt tämän materiaalin puitteissa opettaja kokee, että eri luokka-asteen oppilaat voivat työskennellä keskenään tehtävien puitteissa. Alemman luokka-asteen oppilaat saavat luonnollisesti haasteita työskennellessään seuraavien vuosien tehtävien parissa. Aikaisempien kokemusten mukaan pienemmät ryhmät ovat toimineet paremmin kuin suuremmat:

> Meill on ollu sellasii viiden ryhmiä, viiden tai neljän hengen ryhmiä ja sit on ollu näit paritöitä. Ne parityöt on toiminut paremmin. Mä uskoisin, että ne isommatkin ryhmät vois ruveta toimimaan, esimerkiksi kolmen hengen ryhmä menis ihan hienosti. Nää on loistavii tehtävii, kun tokaluokkalainen ei välttämättä pärjää yhtään sen paremmin kuin ekaluokkalainen.

Luokassa on kokeiltu suuriakin ryhmiä, kuten neljän-viiden hengen ryhmiä, mutta parhaiten ovat toimineet pienemmät ryhmät, kuten parityöt. Paritöissä oppilaat pystyvät paremmin jakamaan työtehtäviä ja ratkaisemaan yhdessä tehtävää, isommissa ryhmissä oppilaiden roolit saattavat hämärtyä, kuka mitäkin tekee. Kuten opettaja selvittää, ryhmissä ekaluokkalaisen ja toisluokkalaisen yhteistyö onnistuu hyvin, koska toisluokkalaisen osaaminen ei välttämättä ole niin korkealla tasolla, että ekaluokkalainen ei ymmärtäisi, mitä tehtävässä tehdään. On muistettava, että ensimmäinen ja toinen luokka ovat molemmat alkuopetuksen puitteissa tapahtuvaa opetusta, joilla on matematiikassa yhteiset tavoitteet. Tästä syystä matematiikan opetusta voidaan toteuttaa suhteellisen yhtenäisesti, samalla tietenkin varmistetaan, että ennen ongelmanratkaisutehtävän tekoa oppilaalla on tarvittavat tiedot ja taidot tehtävän suorittamiseksi.

Opettaja toivoo, että tehtävissä olisi enemmän tasoerottelua, sillä kaikilla luokka-asteilla ei voida toteuttaa opetusta niin, että oppilas tekisi ylempien luokka-asteiden tehtäviä saadakseen haasteita matematiikan oppimiseen:

> Nää ei oo kauheen hankalia. Kaipas jotai semmosta eriyttämisjuttua, vähän helpommat ongelmat ja sit vähän vaativammat ongelmat, ehkä semmoset olis opettajalle kauheen paljon helpompi. -- Ehkä pientä tasoerottelua tai eriyttämistä, olis vähän hankalampaa ja vähän helpompaa, mieluummin ku tekee vanhempien tehtäviä, koska sit tulee helposti et pitää osaa joitakin taitoja.

Valmiisiin tehtäväpaketteihin kaivataan hieman vaativimpiakin tehtäviä, jotta voisi antaa eritasoisille oppilaille, erityisesti hyvin osaaville, omaa tasoaan vastaavia teh-

täviä. Aina ei voi antaa seuraavan luokka-asteen tehtäviä, niissä voidaan käsitellä jo uusia käsitteitä, jolloin tehtävän suorittaminen tulee mahdottomaksi. Oppimateriaalipaketissa on vain tietty määrä tehtäviä, jotka loppuvat aikanaan, jonka jälkeen opettaja ohjaa työskentelyä niin, että samantyyppisiä tehtäviä saadaan lisää opetukseen. Yksi tapa on antaa oppilaiden kehitellä tehtäviä toisilleen, jolloin voidaan samalla tukea heidän omaa luovuuttaan ja mielikuvitustaan. Opettaja itsekin huomaa, että materiaalipaketti loppuu aikanaan, ja hänen pitää itse ohjata työskentelyä niin, että samantyyppisiä tehtäviä tehdään edelleen luokassa.

> Nii loppuu, mut sithän nii ku oppilaat on mielettömii tekemään niitä itekin, kun ne vähän aikaa kouliintuu. Joskus nii ku kolmosesta ylöspäin nehän osaa tehä mielettömii tehtävii, ettei opettaja ole aina tekemässä. Ne voi tehä toisille.

Erityisesti kolmannelta luokalta ylöspäin oppilaat pystyvät tekemään matematiikan tehtäviä toisilleen. Opettaja tuo esiin, ettei itse tarvitse tehdä kaikkia tehtäviä, vaan oppilaat voivat olla niitä tekemässä myös. Luokassa voi toteuttaa tehtävien tekemisen tiimoilta jopa viikkoprojekteja, joissa tehdään tehtäviä, joita sitten yhdessä ratkaistaan. Opettajan mukaan tutkimuksen 2–luokka-asteella ei ole vielä keksitty itse tehtäviä, kun häneltä kysyttiin onko heidän luokassa keksitty tehtäviä:

> Ei oo tän tyylisii. Varmaan tulis sielt muutamilta. Ei ne oo vielä tehny. Aikaisempia ryhmiä kun muistelee kolmosesta eteenpäin ...kylhän nääki pyytelee et saaks mä tehä tehtävii, tekee jotai, etsi yhtäläisyyksiä ja eroavuuksia tai jotai tällaista. Näitäkin kun jatkossa tekee lisää, kyl ne varmaa alkaa tekee.

Tutkimuksen luokan oppilaat eivät ole vielä keksineet tehtäviä, mutta kuten opettaja vakuuttaa, kun ongelmanratkaisutehtävien tekoa jatketaan, alkavat oppilaatkin tehdä tehtäviä toisilleen. On selvää, että vielä työskentelymenetelmän alkuvaiheessa, vaikka he ovat tehneet jo kutakuinkin lukuvuoden verran, on varsin haasteellista ryhtyä heti tekemään uusia tehtäviä lisää. Ensin sekä oppilaat että opettaja harjoittelevat annettuja työmuotoja, ja kun he ovat omaksuneet työskentelymenetelmät, pystyvät he kehittelemään uusia ongelmanratkaisutehtäviä. Opettaja näyttää olevan hyvin myönteinen suhtautuminen kokeiltuun ja jo suhteellisen pitkään käytettyyn työmuotoon luokassa. Hän on kiinnostunut oppilaiden matemaattisen ajattelun kehittämisestä, kuten hän selvittää:

> Jos mä kykenen jatkossa näkemään ja analysoimaan niitten vastauksia, kehittyykö niiden ajattelu -- nii jos tällä materiaalipaketilla siihen pystytään, niin se olis ihan ihme -- et seurata niitä papreita ihan oikeesti sitä ajatteluu, et onks siinä tapahtunu jotain kehitystä.

Opettaja kokee, että on suuri saavutus, mikäli voidaan seurata oppilaiden ajattelunkehittymistä matematiikan portfolion kautta. Hän tähdensi aikaisemmassa lausunnossaan, että oppilaiden osaaminen on varsin vaihtelevaa, mutta että samalla näkee ainakin suunnan, mihin ajattelu on menossa. Tässä yhteydessä hän jälleen ajattelee, että oppilaiden tehtäviä tutkiessa voisi saada tietoa siitä, missä vaiheessa kunkin matemaattinen ajattelu on, josta voisi tehdä johtopäätöksiä. Kaikista näistä keskusteluista voidaan päätellä, että opettajalla ei ole varmuutta asiasta, että portfolio antaisi tiedon siitä, missä vaiheessa oppilaan matemaattinen osaaminen olisi. Hän ei ole käyttänyt materiaalia vielä niin paljon, että voisi kokemuksen perusteella sanoa, että portfolion kautta saadaan lopullisia päätelmiä oppilaan matemaattisesta osaamisesta. Opettaja tuo kuitenkin selkeästi esiin, että portfoliolla on monia mahdollisuuksia siihen, sillä kuten hän sanoi, oppilaan vaihtelevasta osaamisesta voidaan tarkastella ainakin mihin suuntaan osaaminen on menossa, joka ohjaa opettajan jatkotyöskentelyä asetettujen opetustavoitteiden saavuttamiseksi.

Opettaja on selkeästi innostunut oppilaiden matemaattisen ajattelun kehittämisestä. Hän näkee Matematiikan saavutusten salkun myötä jatkotyöskentelyn mahdollisuuksia seuraavasti:

> Nii justii jos ajattelee, nii ku kokonaisopetuksen kannalta tää on hirvee hyvä systeemi. Jatkaa vielä sit näitä, kehitellä näit ongelmia, myöskin kieltä käyttää, et eihän tarvii välttämättä olla matikkaa.
>
> Ylipäänsä loogista ajattelua. -- Tällee nii ku laajentais sitä, se olis niiku semmonen ihanteellinen!

Työskentelymenetelmää pystyy opettajan mukaan erinomaisesti käyttämään laajemminkin, kuin pelkästään matematiikan puitteissa. Eri oppiaineita yhdistämällä voidaan kehitellä ongelmanratkaisutehtäviä ja niiden ratkaisumahdollisuuksia ja näin kehittää oppilaan loogista ajattelua. Opettaja jatkaa edelleen:

> Aika hauska olis lähtee suunnittelemaan semmosta nii ku toimintapakettia, et jossa ei todellakaan laiteta mitään paperille, et ne kaikki pitää nii ku hoksata ilman paperia ja kynää, pystyy todistaa tai...

> Ja nii mä luulisin, et olis nii ku oppilaille semmone malli mihin koulussa ei yleensä toimita, et se lähtee nii ku ...ahaa nyt ei tehäkkää, nyt ei opiskellakkaa vaa nyt leikitää. -- Et sellane nii ku ihan erilainen tapa toteuttaa.
>
> Tää on nii ku mä sanoin, et mistä voi lähtee kehittelee niit juttuja, semmosena pakettina. -- Nii ku opettajalle.

Opettaja haluaa kehittää oppimateriaalia entisestään materiaalin puitteissa. Matematiikan ongelmanratkaisutehtäviä voidaan tehdä aivan eri tavalla kuin, miten koulussa yleensä tehdään tehtäviä: ilman kynää ja paperia oppilaan tulisi todistaa tehtävän ratkaisu. Keskustelusta yleensä voidaan päätellä, että sekä oppilaat että opettaja ovat oppineet uusia työskentelyvaihtoehtoja oppimateriaalin puitteissa, se on myös virittänyt opettajaa uusiin työskentelymahdollisuuksiin matematiikassa.

10 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN TARKASTELUA

Etnografisen tutkimuksen luotettavuutta tarkastellaan samoin kuin muissa tutkimuksissa, käytetään jopa samoja termejäkin, reliaabelius ja validius, tai yleisemmin puhuttaessa "uskottavuus" (Syrjäläinen 1994, 100). Reliaabeliudella tarkoitetaan sitä, että kahdella tutkimuskerralla saadaan samasta henkilöstä sama tulos. Toisaalta on muistettava, että mikäli kyseessä ovat ihmiselle ominaiset ajassa tapahtuvat muuttuvat ominaisuudet, määritelmästä on luovuttava. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 186.) Tämän määritelmän mukaan tutkimus pystytään yleistämään, mikäli kahdella tutkimuskerralla päästään samoihin tuloksiin. On kuitenkin muistettava, kun on kysymys laadullisesta tutkimuksesta, ei puhuta yleistettävyydestä vaan suhteuttamisesta, kuten Alasuutari (1999) täsmentää. Yleistämisestä puhutaan lomaketutkimuksessa. Laadullisessa tutkimuksessa kiinnitetään huomiota, kuinka analyysissa kerrotaan muusta kuin vain aineistosta siitä, miten asioita suhteutetaan. (Alasuutari 1999, 251.) Näin ollen löydetyille ilmiöille täytyy löytyä oma tarkoituksensa, tässä tutkimuksessa oppimisen muuttuvassa kentässä.

Tutkimuksessa haastateltavien lausunnot ja ajatukset, joita on tuotu julki vuorovaikutuksessa, ovat varsin voimakas tiedon väline. Haastattelu antaa yleensä arvokasta tietoa esimerkiksi mahdollisesta uudistushalukkuudesta ja mielipiteistä yhteiskunnassa. Tästä syystä tutkijan tulee olla tietoinen sen vaikutuksista ja antaa tutkittaville tilaa toimia haastateltavana luottamuksella. (Rudduck 1993, 19-20.)

Validiteettia tarkastellessa tarkastellaan koskeeko tutkimus sitä, mitä oli tarkoituskin tutkia (Hirsjärvi & Hurme 2000, 187). Graue & Walsh (1998) mukaan tutkimuksen validiutta voidaan tarkastella kysymyksillä: Miten tämä tutkimus mahdollistaa uutta ymmärrystä lasten elämästä? Ja kenties vielä tarkemmin kysymyksenä: Millä toiminnoilla päästään siihen lopputulokseen? Loppujen lopuksi validiteettikriteeriä tarkastellaan pääkysymyksellä: Mitä hyötyä tutkimuksesta on ja kenelle? (Graue & Walsh 1998, 248.) Näiden kysymysten pohjalta voidaan pohtia, antoiko tutkimus laajempaa ja syvällisempää ymmärrystä alkuopetusikäisen oppilaan matematiikan oppimisesta.

Samalla voidaan pohtia jatkokysymystä: mitä hyötyä tutkimuksesta on ja kenelle? Tutkimuksessa on erityisesti tuotu esiin, kuinka Matematiikan saavutusten salkku -oppimateriaalia ja siihen liittyvää ongelmaratkaisumenetelmällistä työskentelyä voidaan hyödyntää matematiikan oppimisessa. Työskentelyyn liittyvät menetelmät: välineet, verbaalinen kommunikointi muiden oppilaiden kanssa ja keskeisesti vuorovaikutteinen ilmapiiri luokassa edistävät olennaisesti oppilasta ymmärtämään matematiikan käsitteitä. Tästä syystä tutkimuksesta on erityisesti hyötyä opettajille, jotka suunnittelevat virikkeisiä oppimisympäristöjään luokassa. Jokaisen kasvattajan päämääränä on kehittää oppilaissa uteliaisuutta ympäristössään ja yleensä kehittää jokaisen oppilaan oppimista niin, että he voivat jatkaa oppimistaan läpi elämän. Tutkimus auttaa aikuista näkemään oppilaan oppimiseen vaikuttavia keskeisiä tekijöitä, jotka tukevat oppilaan oppimista matematiikassa alkuopetusluokilla. Työskentelymenetelmien kautta oppilas tiedostaa omaa matematiikan osaamistaan ja ennen kaikkea sitä miten hän ymmärtää matematiikan käsitteistöä ymmärtääkseen ja suoriutuakseen matematiikan tehtävistä.

11 POHDINTA

Tutkimuksen edetessä kiinnostukseni matematiikan opetuksen menetelmiin kasvoi entisestään. Alusta alkaen olin kiinnostunut syventämään omaa ymmärrystäni oppilaan matematiikan oppimisprosessista siitä, miten oppilas oppii matematiikkaa monipuolisesti. Tutkimusprosessi on ollut mielenkiintoinen erityisesti tänä päivänä, jolloin puhutaan niin paljon konstruktivistisesta oppimisesta, miten voidaan opettaa oppilaita oppijalähtöisesti tukien heidän oppimisprosessejaan. Näin ollen, mikäli puhutaan paljon konstruktivistisesta oppimissuuntauksesta, pohdin jo pitkään, mitä se käytännön tasolla tarkoittaa matematiikan opiskelussa. Miten voidaan oppijan tasolla toteuttaa konstruktivistista oppimisnäkemystä, ja toisaalta pohdin myös, kuinka oppilasta voi arvioida määrällisen kokeen lisäksi. Onko perinteinen koe ainoa oppimisen mitta? Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalin tutkiminen antoi monipuolisen työskentelykentän oppijalähtöisen matematiikan oppimisen tutkimiselle.

Työskentelyprosessin aikana löysin portfolioon ja arviointiin liittyvää aineistoa, erityisesti Yhdysvalloista, jossa on tutkittu ja etsitty keinoja autenttisen arvioinnin tiimoilta. Käytössä oleva Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaali on peräisin Yhdysvalloista, jossa on kehitelty vaihtoehtoisia arviointeja kokeiden lisäksi, arvioinnin monipuolistamiseksi. Tärkeää on kuitenkin huomata, että meillä paikalliset asiantuntijat ovat kääntäneet aineiston, jotta materiaalia voi käyttää meillä peruskouluissa.

Matematiikan oppimisen tiimoilta tutkimus osoittaa, että oppijalla on jo omat lähtökohdat, kun hän ryhtyy opiskelemaan matematiikan sisältöjä. Oppijan aikaisemmat kokemukset ja tietorakenteet ohjaavat hänen oppimistaan entisestään. Aivan kuten Rauste von Wright & von Wright (1994) toteavat, että oppiminen ei koskaan ala alusta niin, että oppilas olisi kuin "tyhjä taulu". Päinvastoin, vertauksena voisi olla piirrostäyteinen taulu, jossa aikaisemmin piirretyt piirrokset ohjaavat uusien jälkien syntyä. (Rauste von Wright & von Wright 1994, 122.) Tästä syystä tässä yhteydessä matematiikkaa lähdetään rakentamaan niin, että vuorovaikutusprosessin kautta läh-

detään lisäämään oppilaan ymmärrystä matematiikasta ja siinä opetettavista sisällöistä. Tutkimuksessa osoitetaan, kuinka oppilaan matematiikan oppimista voidaan lisätä ymmärtämisen, menetelmien ja selittämisen osa-alueiden kautta. Ymmärtäminen tuli esiin, kun oppilas oli ratkaissut ongelman, jota matematiikan tehtävässä kysyttiin. Menetelmät tulivat hyvin esiin tarkasteltaessa oppilaiden piirroksia ja laskutoimituksia tehtävien ratkaisemiseksi. On selvää, että jos oppilas käyttää piirroksia ja laskutoimituksiaan apunaan, lisää se hänen ymmärrystään opetettavista sisällöistä. Näin oppilas pystyy laittamaan ajattelunsa visuaaliseen muotoon, jossa varmistuvat hänen käyttämänsä ratkaisumenetelmät. Kirjoitettuaan sen visuaaliseen muotoon oppilas pystyi näkemään, mikäli jossain meni pieleen, ja sen johdosta korjaamaan tehtäväänsä. Edellisten tehtävän ymmärtämisen ja menetelmien lisäksi kenties tärkeimmäksi nousi oppilaan taito selittää sanoin ratkaisemansa ongelma. Tutkimuksessa tuli esiin se, että selittäessään tehtäväänsä, oppilas syvensi ymmärrystään opittavasta sisällöstä entisestään. Laittaessaan ajattelun kielelliseen muotoon oppilaan tuli todella ajatella, mitä hän oli tehnyt ratkoessaan tehtäväänsä. Erityisesti keskustelemalla parin kanssa tehtävien puitteissa oppilas jäsenteli oppimaansa, kuinka hän oli ratkaissut ongelman. Tällä tavalla myös oppilaan osaaminen tuli näkyviin ja arviointi tuli läpinäkyväksi. Sosiaalisessa kontekstissa yksilön ajatteluprosessit tulevat myös "näkyviin" niin hänelle itselleen kuin muillekin (Rauste von Wright & von Wright 1994, 128). Näin oppilaan työskentely saadaan näkyväksi ja toisaalta kaikkien edellisten yhteistuotoksena arviointi saadaan yhä näkyvämmäksi. Opettaja tietää enemmän oppilaan osaamisesta ja pystyy ohjaamaan oppilasta uusiin oppimiskokemuksiin.

Tutkimuksessa salkun osa-alueiden, kuten ymmärtäminen, menetelmien ja selittämisen tutkiminen oppilaan matematiikan oppimisen kannalta on ollut varsin ajankohtaista. Näin on saatu tietoa, kuinka kaikki osa-alueet osaltaan edesauttavat ymmärtämään ratkaistavissa olevaa ongelmaa. Tuoreessa Päivi Perkkilän väitöskirjassa, jossa tutkittiin opettajien matematiikkauskomuksia ja matematiikan oppikirjan merkitystä alkuopetuksessa, vahvistettiin edellä mainittujen piirteiden merkitystä matematiikan oppimisessa. Alkuopettajat olivat yksimielisiä siitä, että matematiikan opetuksessa on tärkeää, että lapsi löytää erilaisia ongelmanratkaisustrategioita, oppisi keskustelemaan ja kaiken lisäksi, että lapsilla olisi käytettävinään oppimiseen soveltuvia oppimisvälineitä. (Perkkilä 2002, 168). Salkkutyöskentelyssä painotettiin, että oppilaat

löytäisivät itse ongelmaratkaisustrategiansa, kuten taulukoinnin ja piirtämisen tehtävän ratkaisemiseksi. Lopuksi oppilaat selittävät ratkaisunsa sanallisesti.

Perkkilän (2002, 169) väitöskirjassa selvitettiin edelleen, mitä uskomuksia opettajilla on matematiikan opetuskäytännöistä. Tutkimuksessa tuli esiin toiminnallisuus, lasten oivallusten painottaminen, konkretia, erilaisten ratkaisutapojen merkitys, tehtävien harjoitteleminen ja yhdessä tekeminen. Tässä tutkimuksessa on korostettu edellä mainittuja piirteitä ensin teoreettisesti ja sitten tuotu esiin varsinaisessa salkun analyysi ja tulkinta vaiheessa. Näin on havainnollistettu konstruktivistista oppimista käytännössä.

Vaikka väitöskirjassa alkuopettajat uskoivat ongelmaratkaisun merkitykseen ja siinä käytettäviin toimintatapoihin, mielenkiintoista oli huomata, että he eivät käyttäneet sitä opetuksessaan, vaan pitäytyivät perinteisesti oppikirjoissa. Lapsen edelle näyttivät menneen sosiaalisen ympäristön mukanaan tuomat rajoitukset, kuten vanhempien suhtautuminen uusiin opetusmenetelmiin, muiden luokkien eteneminen eri tahdissa, oman asiantuntemuksen riittämättömyys, muiden opettajien suhtautuminen ja suuret luokkakoot. (Perkkilä 2002, 173.)

Mitkä seikat sitten vaikuttivat opettajan käyttämiin salkun työskentelytapoihin tässä tutkimuksessa? Opettajan näkökulmasta katsottuna salkkututkimuksessa tulee esiin, kun opettajan ajattelua uusien opetusmenetelmien tiimoilta oli kehitelty jo aiemmin, uusien tapojen opettelu ei ollut ylivoimaisen vaikeaa. Tutkimuksen opettaja koki, että varsinainen tehtävien arviointi kaipaa hiomista ja tutkiskelua enemmän, mutta yleisesti oppimateriaalin puitteissa työskentely ei ollut hankalaa. Tämä vahvistaa Sahlbergin (1997, 197) tulkintaa opettajasta uudistusten keskellä: "Opettaja ei ole mekaaninen oppija". Sahlberg toteaa, että uusia opetustapoja ei opi pelkästään kirjoja lukemalla tai kursseja käymällä. Uusien opetustapojen käyttöönotto edellyttää uusien taitojen ja ajattelutapojen oppimista. Opettaja ei ole mekaaninen oppija, joka ottaa vastaan tietoja ja soveltaa niitä opettaessaan, vaan hänkin on ihminen, joka rakentaa aktiivisesti omaa minäänsä ja ammatillista persoonallisuuttaan. (Sahlberg 1997, 197, 203.) On tärkeää, että opettaja ajattelee ja tutkii ensin, mitä uusi teoreettinen viitekehys tuo tullessaan. Tutkimuksen opettaja sanoi, että heidän koulussaan oli ajateltu jo pitkään, mitä muuta matematiikka on kuin mekaanista suorittamista. Tutkimuksessa

tuli esiin, ettei opettaja kokenut materiaalia oudoksi tai vieraaksi, kun matematiikan työskentely- ja opetusmenetelmiä oli ajateltu jo aiemmin. Toisaalta on hyvä muistaa, että opettaminen on hyvin yksilöllistä, joten joku toinen opettaja voi kokea sen eri tavalla. Koska oppiminen on opettajallekin monimutkainen tapahtuma, lähtökohtana uusien opetuskäytäntöjen parissa työskenteleville opettajille on, että he saavat aikaa, tukea ja ulkopuolista kannustusta aivan kuten kuka tahansa oppija ymmärtääkseen ja hallitakseen asiansa (Sahlberg 1997, 203).

Tutkimuksessa tarkasteltiin autenttisen arvioinnin lähtökohtia, jossa tarkasteltiin myös portfoliotyöskentelyn tyypillisiä piirteitä. Tutkimus tuo esiin autenttisen arvioinnin olennaiset piirteet. Arviointi on läpinäkyvää, sekä oppilas että opettaja tietävät arviointikäytänteistä ennen varsinaista tehtäväntekoa ja toisaalta myös sen, että oppilasta arvioidaan koko oppimisprosessin ajan kirjallisin dokumentein ja sosiaalisen vuorovaikutuksen kautta. Oppilas sai kysyä tehtävän teon aikana tehtävästään ja saamansa ohjauksen tuella jatkoi tehtävän ratkaisuaan. Yhtenä oppimateriaalin soveltamistapana on kerätä portfolio oppilaan töistä. Aivan kuten aiemmin todettiin: "Portfolio on henkilön itsensä valitsema kokoelma hänen parhaista, tärkeimmistä ja tarkoitukseen sopivimmista töistään -- " (Pollari 1994, 54). Portfolion puitteissa oppilaan itsearviointitaidot kehittyvät hänen valikoidessaan parhaita töitään. Tässä tutkimuksessa painotettiin oppimateriaalin puitteissa tapahtuvien työskentelymenetelmien vaikutuksia oppimiseen, johon kuuluu myös oppilaan itsearviointitaitojen kehittyminen. Tässä ne eivät kuitenkaan sellaisenaan tulleet esiin, kuten Pollari sen määritteli. Oppilaan itsearviointitaitojen käyttäminen Pollarin määritelmän mukaisesti vaatisi tässä yhteydessä vielä jatkotutkimusta.

Tällä tutkimuksella oli tarkoitus saada tietoa Matematiikan saavutusten salkku –oppimateriaalin käytöstä ja siitä, miten se tukee oppilaan matematiikan oppimista. Teoreettinen viitekehys antoi tutkimuksen kuluessa vankan pohjan, jota tarkasteltiin tutkimuksen edetessä. Tutkimuksessa ei käsitelty täysin yksityiskohtaisesti oppimateriaalin antamia mahdollisuuksia, kuten portfolionkansion kokoamista ja itsearviointitaitojen tarkastelua portfoliotyössä. Toisaalta tutkimuksen tarkoituksena ei ollut kartoittaa kaikkea, vaan tarkastella oppilaiden käyttämien menetelmien käyttöä matematiikan tehtävissä oppimateriaalin antamien periaatteiden puitteissa ja näin saada tietoa, siitä, kuinka oppilasta voidaan tukea matematiikan oppimisessa. Tämän lisäksi

oli tarpeellista tutkia opettajan tuomia näkökulmia, minkälaisia kokemuksia hänellä on.

Tässä tutkimuksessa tutkittiin kutakuinkin normaalitasoisten oppilaiden matematiikan oppimiseen vaikuttavista tekijöistä. Tästä olisi hyvä jatkaa ja tutkia, miten hieman heikompitasoinen oppilas pärjäisi. Erityisesti sellainen, jolla on vaikeuksia jollakin työskentelymenetelmän osa-alueella, kuten selittämisen osa-alueella. Mielenkiintoista olisi tutkia, kuinka sellainen oppilas, jolla on vaikeuksia ilmaista ajatuksiaan sanallisesti, saa tukea oppimateriaalista. Tämän lisäksi lisätutkimusta on hyvä tehdä autenttisen arvioinnin ja portfolion osalta esimerkiksi kahdesta oppilasryhmästä, niistä jotka ovat luokassa käyttäneet kyseistä oppimateriaalia jo jonkin aikaa ja tutkia, kuinka mielekkäänä he pitävät ja kuinka innostuneita he ovat matematiikasta oppiaineena. Tutkimuksessa tutkittaisiin, kuinka oppilaat kokevat matematiikan opiskelun. Samalla voisi kerätä aineistoa luokasta, jossa ei käytetä esimerkiksi kyseistä lisämateriaalia Matematiikan saavutusten salkkua ja tutkia heidän mielipidettään matematiikan opiskelusta ja verrata näiden kahden luokkien tuloksia. Kolmantena mielenkiintoisena tutkimusaiheena olisi tutkia portfoliossa käytettyjen itsearviointiaitojen vaikutuksia oppilaaseen oppijana, miten se vaikuttaa oppilaaseen ja kuinka hän sen kokee. Näin voidaan saada portfolion käytöstä kokonaisuudessaan hyvinkin monipuolista tietoa ja rikastuttaa osaltaan opetustapoja luokassa.

LÄHTEET

Alasuutari, P. 1999. Laadullinen tutkimus. Tampere: Vastapaino.

Björkqvist, O. 1994. Social Constructivism and Assessment. Teoksessa M. Ahtee & E. Pehkonen (toim.) Constructivist Viewpoints for School Teaching and Learning in Mathematics and Science. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 131, 19-25.

Crowley, M. L. 1993. Student Mathematics Portfolio: More Than a Display Case. Mathematics Teacher, 86(7), 544-547.

Cunningham, G.K. 1998. Assessment in the Classroom. Constructing and Interpreting Tests. London: The Falmer Press.

Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 3. painos. Tampere: Vastapaino.

de Fina, A. 1992. Portfolio Assessment: getting started. New York: Scholastic Professional Books.

Forsten, C. 1992. Teaching thinking and problem solving in math. Strategies, problems, and activities. New York: Scholastic Professional Books.

Galperin, P. Y. 1957. An Experimental Study in the Formation of Mental Actions. Teoksessa B. Simon (toim.) Psychology in the Soviet Union. London: Routledge & Kegan Paul, 213-225.

Graue, M. E. & Walsh, D. J. 1998. Studying Children in Context. Theories, Methods, and Ethics. Thousand Oaks: Sage Publications.

Haapasalo, L. 1992. Murtolukukäsitteen konstruktivistinen oppiminen. Kasvatustieteiden tutkimuslaitoksen julkaisusarja A. Tutkimuksia 51.

Herbert, E. A. 1998. Lessons Learned about Student Portfolios. Phi Delta Kappan, 79(8), 583-586.

Herman, J. 1997. Assessing New Assessments: how do they measure up? Theory into Practice, 36(4), 197–204.

Herman, J. 1997. Large–Scale Assessment in Support of School Reform: Lessons in the search for alternative measures. In: Anderson, L.W. (toim.) International Journal of Educational Research, 27(5), 395–413.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2000. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kirjayhtymä.

Ikäheimo, H. 1998. Matematiikan esi- ja alkuopetuksen kysymyksiä. Teoksessa P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen, & P. Malinen (toim.) Matematiikka – näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen. 2. Painos. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti ja Koulutuksen Tutkimuslaitos, 239-250.

Jussila, J. Montonen, K. & Nurmi, K. E. 1993. Systemaattinen analyysi kasvatustieteiden tutkimusmenetelmänä. Teoksessa T. Gröhn & J. Jussila (toim.) Laadullisia lähestymistapoja koulutuksen tutkimuksessa. Helsinki: Yliopistopaino, 157-208.

Kallick, B. & Brewer, R. 1997. How to Assess Problem-Solving Skills in Math. New York: Scholastic. Professional Books.

Kallonen – Rönkkö, M. 1986. Lapsen ajattelu ja sen kehityksen edistäminen peruskoulun alkuvaiheessa. Kouluhallituksen tutkimuksia 6. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Kallonen – Rönkkö, M. 1998. Matematiikan oppiminen ala-asteen uusiutuvassa oppimisympäristössä. Teoksessa P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen & P. Malinen (toim.) Matematiikka – näkökulmia ottamiseen ja oppimiseen. 2. painos. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti ja Koulutuksen tutkimuslaitos, 251 – 268.

Kananoja, Sirkku. 1999. Arviointi lasten kehityksen seurannassa - Oppilasarviointi eriyttämisen tukena peruskoulussa. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 202.

Kansanen, P. 1997. Opetusprosessin arviointi. Teoksessa R. Jakku – Sihvonen, (toim.) Onnistuuko oppiminen –oppimistuloksien ja opetuksen laadun arviointiperusteita peruskoulussa ja lukiossa. Arviointi 3/1997. Opetushallitus, 429 – 436.

Karjalainen, A. & Kemppainen, T. 1994. Vaihtoehtoisia tenttikäytäntöjä. Ohjeita ja ideoita yliopistotenttien kehittämiseen. Oulun yliopisto. Korkeakoulupedagogiikan perusmateriaali 1.

Karp, K.S. & Huinker, D. 1997. Portfolios as Agents of Change. Teaching Children Mathematics, 3(5), 224-228.

Koponen, R. 1995. Matematiikan didaktiikkaa luokanopettajille. 2. painos. Jyväskylä: Atena Kustannus.

Koppinen, M-L., Korpinen, E. & Pollari, J. 1994. Arviointi oppimisen tukena. Juva: WSOY.

Kupari, P. 1998. Mitä matematiikasta opitaan koulussa? Valtakunnallisten arviointitutkimusten tuloksia. Teoksessa P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen & P. Malinen (toim.) Matematiikka – näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen. 2. painos. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti & Koulutuksen tutkimuslaitos, 216 – 237.

Kupari, P. & Saranen, E. 1996. Portfolio matematiikan opiskelussa ja arvioinnissa. Teoksessa P. Pollari, M. Kankaanranta & P. Linnakylä (toim.) Portfolio – monet mahdollisuudet. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino, 127 – 136.

Kvale, S. 1995. Evaluation as construction of knowledge. Teoksessa J. Jussila & R. Pajala (toim.) Rajanylityksiä: monipuolistuva kasvatustutkimus. XVI Kasvatustieteen päivät Rovaniemellä 24-26.11.1994. Lapin yliopiston kasvatustieteellisiä julkaisuja C 10, 15-39.

Lasonen, J. 1996. Itsearvioinnin lähtökohdat ja toteutuminen eräissä nuorisoasteen kokeiluyksiköissä. Teoksessa A. Räisänen & T. Frisk. Silta uuteen opiskelija-arviointiin. Arviointia opiskelija-arvioinnista. Opetushallitus. Arviointi 6/1996, 143-166.

Leino, J. 1994. Theoretical considerations on constructivism. Teoksessa M. Ahtee & E. Pehkonen (toim.) Constructivist Viewpoints for School Teaching and Learning in Mathematics and Science. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 131, 13 – 18.

Leino, J. 1998. Konstruktivismi matematiikan opetuksessa. Teoksessa P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen & P. Malinen (toim.) Matematiikka – näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen. 2. painos. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti & Koulutuksen tutkimuslaitos, 39 – 51.

Linn, R. L., Baker, E. L. & Dunbar, S. B. 1991. Complex, Performance-Based Assessment: Expectations and Validation Criteria. Educational Researcher, 20(8), 15-21.

Lindgren, S. 1990. Toimintamateriaalien käyttö matematiikan opiskelussa. Tampereen yliopisto, sarja A 307.

Linnakylä, P. 1994. Mikä ihmeen portfolio? Arvioinnin ja oppimisen liitto. Teoksessa P. Linnakylä, P. Pollari & S. Takala (toim.) Portfolio arvioinnin ja oppimisen tukena. Jyväskylän yliopisto. Kasvatustieteiden tutkimuslaitos, 9 –

31.

Linnakylä, P., Kankaanranta, M. & Pollari, P. 1996. Portfolioarvioinnin mahdollisuuksia etsimässä. Teoksessa P. Pollari, M. Kankaanranta & P. Linnakylä (toim.) Portfolion – monet mahdollisuudet. Jyväskylän yliopiston kasvatustieteiden tutkimuslaitos, 1-5.

Linnakylä, P. & Kupari, P. 1996. Autenttinen arviointi peruskoulun opiskelua ja arviointimenetelmiä uudistamassa. Teoksessa A. Räisänen & T. Frisk (toim.) Silta uuteen opiskelija-arviointiin. Arviointia opiskelija – arvioinnista. Opetushallitus. Arviointi 6/96. Helsinki: Yliopistopaino, 95-121.

Matematiikan saavutusten salkku. 2001. Oppimateriaali peruskoulujen matematiikan opetukseen. Opetuksen tueksi kouluille Ot 1:2001. Opetusvirasto yleissivistävä koulutuslinja. Helsinki: Helsingin kaupunki.

Messick, S. 1994. The Interplay of Evidence and Consequences in the Validation of Performance Assessments. Educational Researcher, 23(2), 13-23.

Mäensivu, K. 1999. Opettaja määrittelijänä – oppilas määriteltävänä. Sanallisen oppilaan arvioinnin sisällön analyysi. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 157.

Munter, H. 1993. Kvalitatiivisen lähestymistavan lähtökohtia kehityspsykologiassa. Psykologia, 28(4), 240-247.

Niikko, A. 2000. Portfolio oppimisen avartajana. Helsinki: Tammi.

Paulson, F. L., Paulson, P. R. & Meyer, L. A. 1991. What Makes a Portfolio a Portfolio? Educational Leadership, 48(5), 60-63.

Palincsar, A.S. 1998. Social Constructivist Perspectives on Teaching and Learning. Annual Review of Psychology, 49, 345-375.

Perkkilä, P. 2002. Opettajien matematiikkauskomukset ja matematiikan oppikirjan merkitys alkuopetuksessa. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 195.

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1994. Helsinki: Opetushallitus.

Peruskoulun oppilaan arvioinnin perusteet 1999. Helsinki: Opetushallitus.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2002. Vuosiluokat 1-2. Jyväskylä: Opetushallitus.

Piaget, J. 1988. Lapsi maailmansa rakentajana. Juva: WSOY.

Pollari, P. 1994. Portfolio koulussa. Salkullinen papereita vai pussillinen kultaa? Teoksessa P. Linnakylä, P. Pollari & S. Takala (toim.) Portfolio arvioinnin

ja oppimisen tukena. Jyväskylän yliopisto. Kasvatustieteiden tutkimuslaitos, 51 – 63.

Rauste von Wright, M. 1997. Opettaja tienhaarassa - konstruktivismia käytännössä. Juva: WSOY.

Rauste von Wright, M. & Rauste von Wright J. 1995. Oppiminen ja koulutus. Juva: WSOY.

Rudduck, J. 1993. The Theatre of Daylight: Qualitative Research and School Profile Studies. Teoksessa M. Schratz (toim.) Qualitative Voices in Educational Research. London: The Falmer Press, 8-22.

Sahlberg, P. 1997. Opettajana koulun muutoksessa. Opetus 2000. Porvoo: WSOY.

Sloan, M.J. 1996. Assessment at work. I love this piece because. Instructor 105(7), 30 – 31.

Syrjäläinen, E. 1994. Etnografinen opetuksen tutkimus: kouluetnografia. Teoksessa L. Syrjälä, S. Ahonen, E. Syrjäläinen & S. Saari. Laadullisen tutkimuksen työtapoja. Helsinki: Kirjayhtymä, 68-109.

Takala, S. 1994. Arviointi - ongelma ja mahdollisuus. Teoksessa P. Linnakylä, P. P. Pollari & S. Takala (toim.) Portfolio arvioinnin ja oppimisen tukena. Jyväskylän yliopisto. Kasvatustieteiden tutkimuslaitos, 1-8.

Tuomisto, T. 1996. Prosessiarviointi oppimisen ja opettamisen kehittämiskeinona – oppimisen poluilla kansanopistossa. Teoksessa A. Räisänen & T. Frisk (Toim.) Silta uuteen opiskelija-arviointiin. Arviointi 6/1996. Opetushallitus, 253 – 269.

Vaherva, T. 1983. Koulutuksen vaikuttavuus. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylän yliopiston kasvatustieteenlaitoksen julkaisuja A 1.

Wahlström, R. 1980. Varhaiset kouluvuodet. 3. painos. Teoksessa A. Hautamäki, J. Wahlström, R. Wahlström & P. Sinisalo. Kasvuvuosien psyykkinen kehitys: lapsuuden ja nuoruuden kehityspsykologiaa kasvattajia varten. Helsinki: Suomen kaupunkiliitto. Julkaisu D: 12, 76 – 98.

Weissglass, J., Mumme, J. & Cronin, B. 1990. Fostering Mathematical Communication: Helping Teachers Help Students. Teoksessa L. P. Steffe & T. Wood (toim.) Transforming Children's Mathematics education. International perspectives. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Wiggins, G. 1989. A True Test: Toward More Authentic and Equitable Assessment. Phi Delta Kappan, 70(9), 703 – 713.

Virta, A. 1999. Uudistuva oppimisen arviointi. Mahdollisuuksia ja varauksia. Turun Yliopiston opettajankoulutuslaitos. Kasvatustieteiden tiedekunnan julkaisusarja B: 65.

Åhlberg, M. 1990. Opetuksen ja oppimisen evaluaatio. Pieni käsikirja opettajille ja tutkijoille. Joensuun yliopisto. Kasvatustieteellinen tiedekunta. Opettajankoulutuslaitoksen opetusmonisteita 16.

LIITTEET

Liite 1: Opettajan haastattelulomake

Mukailtu Haapasalo (1992) Murtolukukäsitteen konstruktivistisesta oppimisen tutkimuksesta.

Opettajan mielipiteitä Matematikan saavutusten salkku –oppimateriaalista

Opettaja: 1 mies 2 nainen

Suoritettu tutkinto

1 Kansakoulunopettajan tutkinto
2 Peruskoulun luokanopettajan tutkinto
3 KK / KM luokanopettajan koulutusohjelmasta
4 Muu, mikä? _____

Työkokemus päätoimisena luokanopettajana ____ vuotta

Työkokemus alkuopettajana _____ vuotta

Opetusryhmä: _____ luokka

Opetusryhmän koko _____ oppilasta

1) Miten paljon Matematiikan saavutusten salkkua on käytetty luokassa? Kuinka usein?

2) Millaisia mielikuvia, ennakko-odotuksia yms. kokeilun/jakson aikana käytettävä opettajan materiaali herättivät?

(liite 1 jatkuu)

3) Antoiko opettajan materiaali riittävästi kuvaa siitä, millaista matematiikan opiskelu ja opettaminen tulisi olemaan materiaalia käytettäessä? Olisitko halunnut tarkennusta johonkin materiaalin seikkaan? Mihin ja miten?

4) Onko eroja kirjasidonnaisessa matematiikan opiskelussa ja matematiikan saavutusten salkku materiaali opetuksessa?

5) Onko tapahtunut muutoksia oppilaiden matematiikan työskentelyssä oppimateriaalin johdosta?

Entä oppilaiden oppimisessa? Onko tapahtunut muutoksia oppilaiden matematiikan oppimisessa ? Minkälaisia?
Esimerkkejä ymmärtämisestä eritasoisilla oppilailla?

6) Onko tapahtunut muutoksia omassa suhtautumisessasi
   a) matematiikkaan?
   b) matematiikan opetukseen?
   c) käsitykseen matematiikan oppimisesta ja opettajan työn luonteesta?
   d) matematiikan työtavoissa?

7) Onko toiminut eriyttävänä materiaalina ja miten?
Esimerkkejä oppilaista joiden kohdalla se on toiminut eriyttävänä?

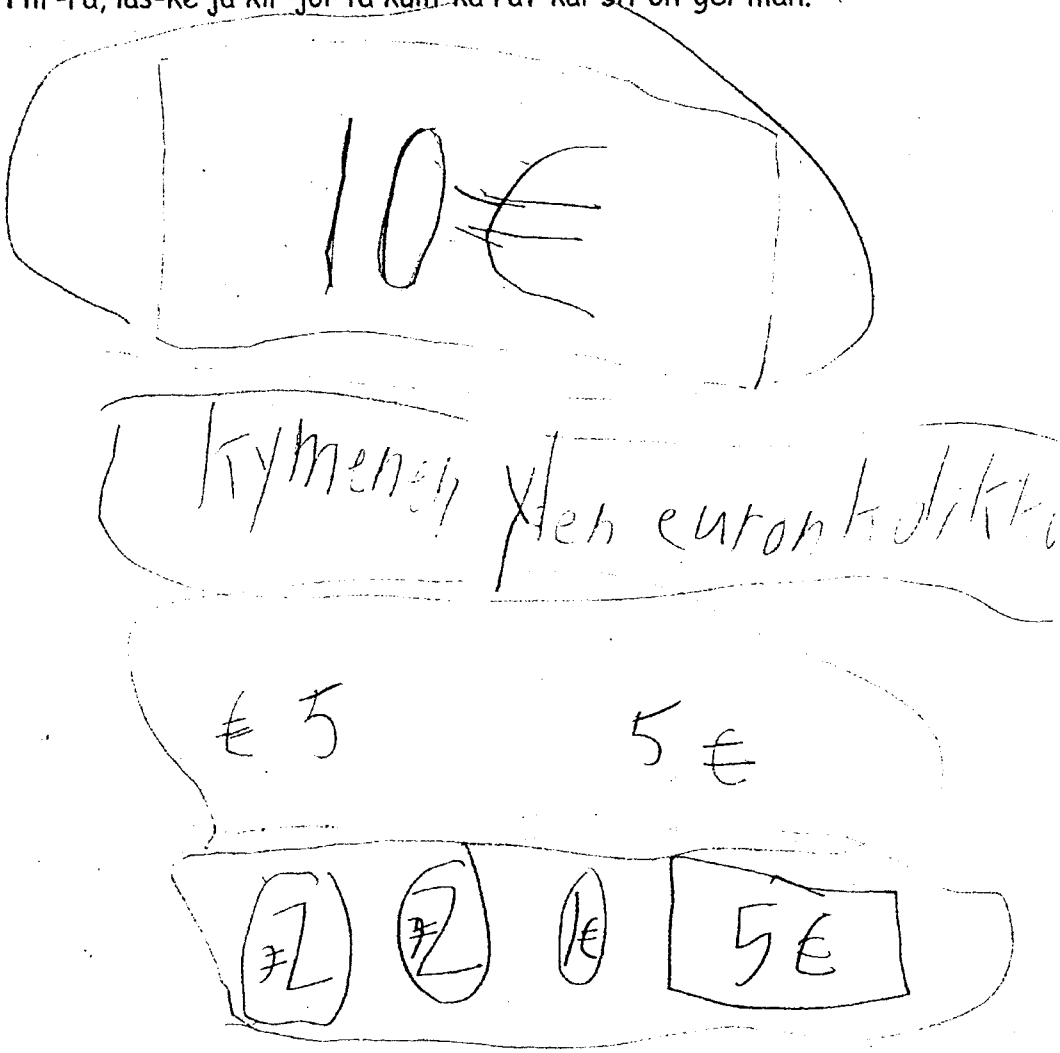
8) Millainen yleiskuva sinulle jäi tämän tyyppisestä matematiikan opiskelusta? Sekä opetuksenkannalta että oppilaiden opiskelun kannalta?

Liite 2: Muffinssiongelma

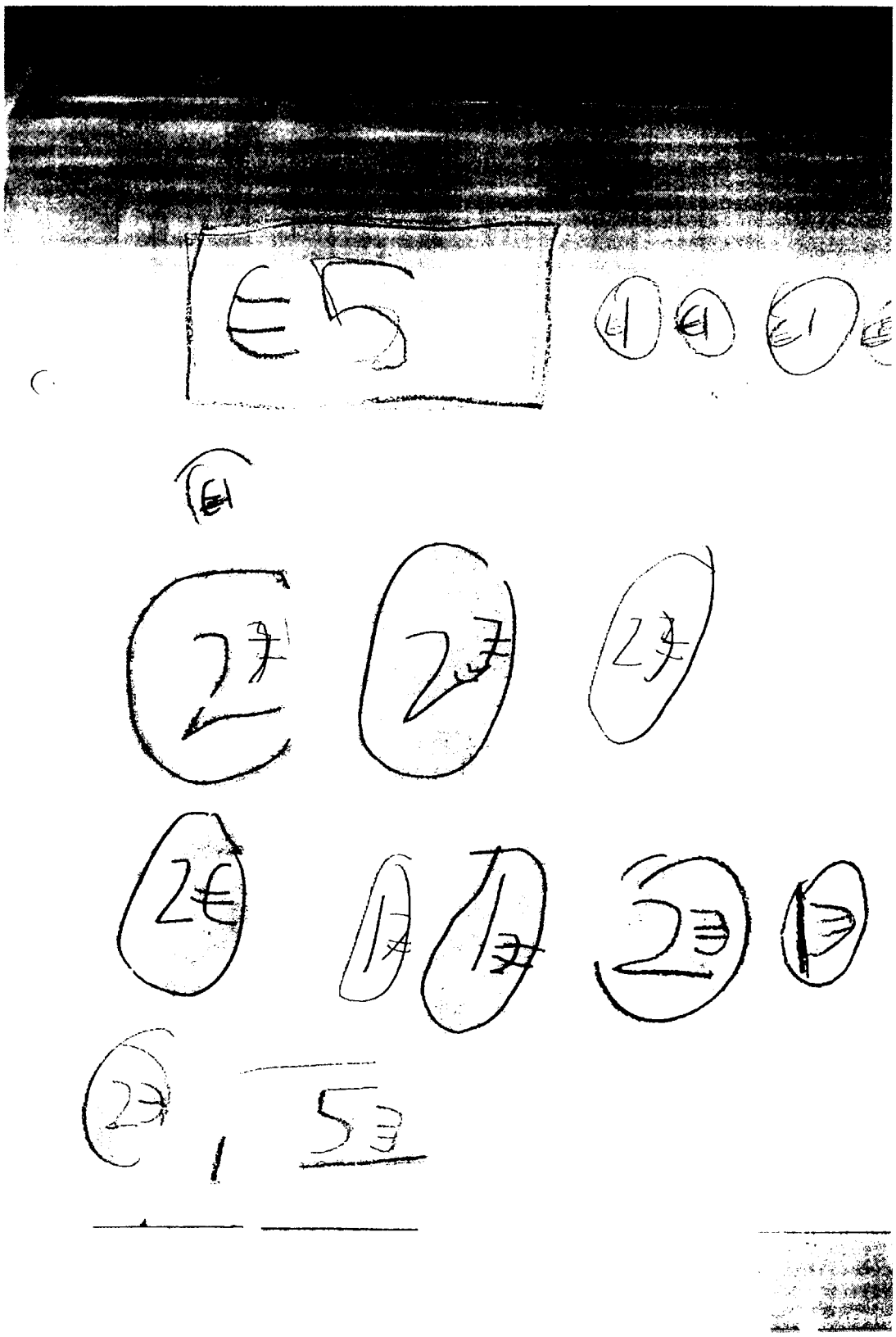
4.

MUF-FINS-SI-ON-GEL-MA

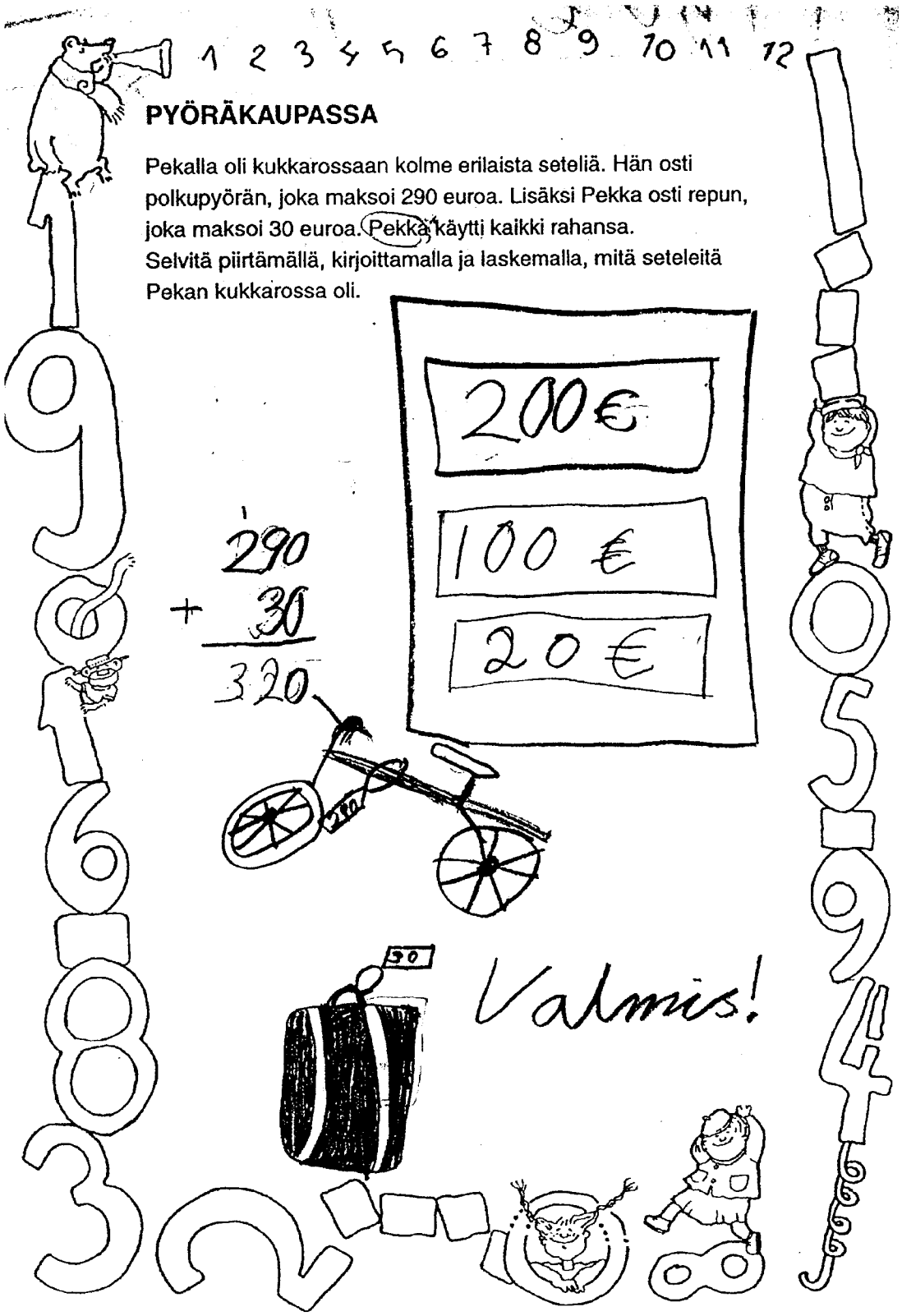
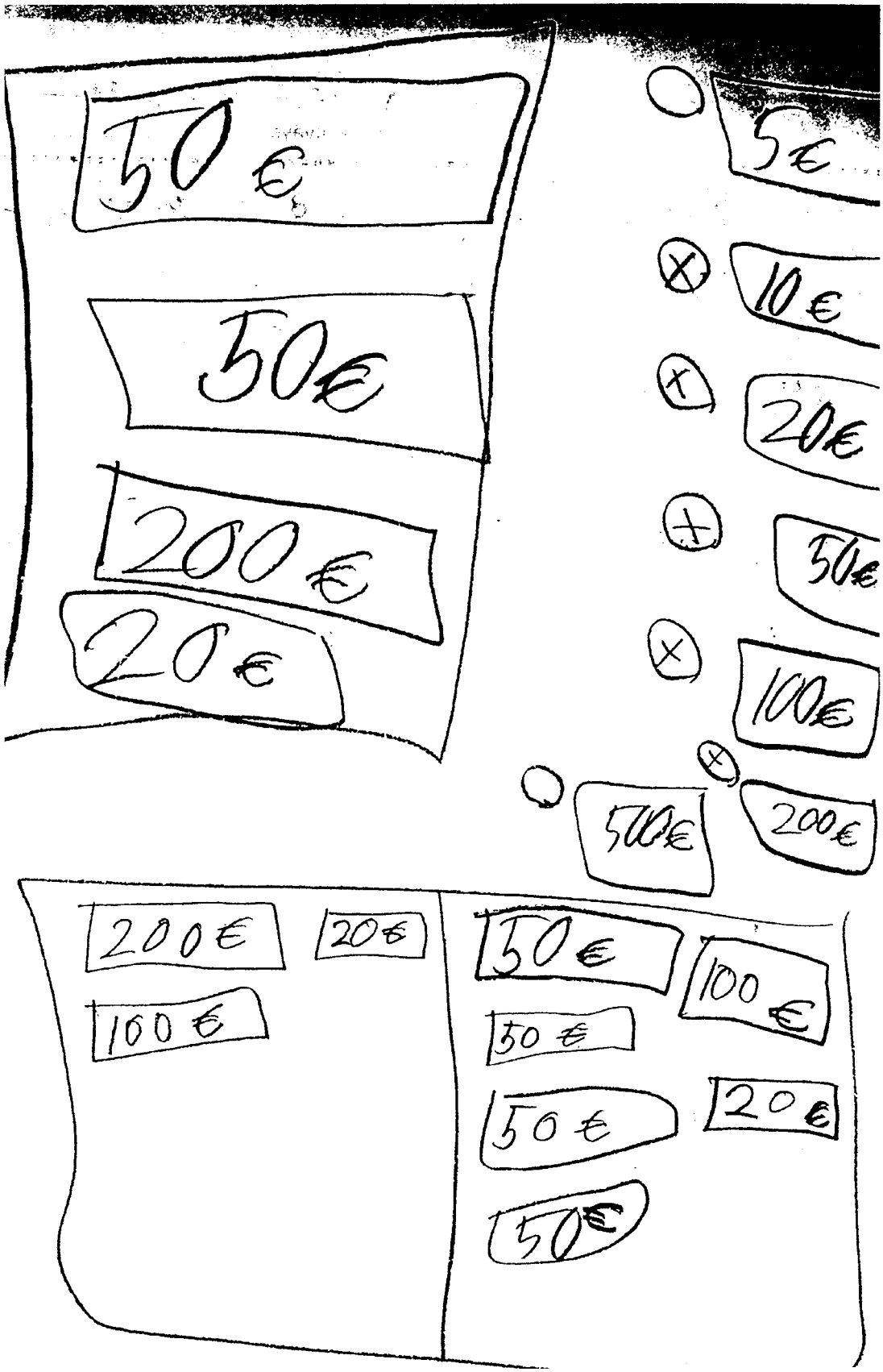
Muf-fins-si-laa-tik-ko mak-saa 10 eu-ro-a.
Mi-ten e-ri ta-voin voit mak-saa os-tok-se-si ta-sa-ra-hal-la?
Piir-rä, las-ke ja kir-joi-ta kuin-ka rat-kai-sit on-gel-man.



(liite 2 jatkuu)



Liite 3: Pyöräkauppaongelma



(liite 3 jatkuu)