



Ongelmalähtöisen oppimisen soveltuminen lukion matematiikan
opetukseen

Anton Lehtonen

Pro gradu -tutkielma
lokakuu 2021

MATEMATIIKAN JA TILASTOTIETEEN LAITOS

Turun yliopiston laatuja järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck-järjestelmällä

TURUN YLIOPISTO
Matematiikan ja tilastotieteen laitos

Anton Lehtonen: Ongelmalähtöisen oppimisen soveltuminen lukion matematiikan opetukseen

Pro gradu -tutkielma, 32 s., 0 liites.

Matematiikka

Lokakuu 2021

Tämän tutkielman tavoitteena on selvittää soveltuuko ongelmalähtöinen oppiminen matematiikan opetukseen lukiotasolla ja vastaako se lukion opetussuunnitelmassa 2019 asetettuja tavoitteita matematiikan opetuksen osalta. Ongelmalähtöinen oppiminen määritellään koskettamaan oppimista, jonka lähtökohtana ovat reaalimaailman ongelmat ja vuorovaikutuksellisuus ongelmien ratkaisussa. Tutkielmassa tarkastellaan ongelmalähtöisen oppimisen alkuperää, epistemologista pohjaa ja sen taustalla vallitsevia oppimiskäsityksiä, jotta voidaan pohtia sen valideettia matematiikan opetuksen soveltamiseen liittyen. Tämän lisäksi tarkastellaan minkälaisia pedagogisia malleja ongelmalähtöisestä oppimisesta ollaan johdettu ja miten nämä mallit näkyvät matematiikan ongelmalähtöisen opetuksen tutkimuksessa ja siihen liittyvässä kirjallisuudessa. Tutkielmassa havaittiin, että ongelmalähtöinen oppiminen vastaa hyvin lukion opetussuunnitelman 2019 tavoitteita, mutta tutkimusta ja kirjallisuutta aiheesta on tehty toistaiseksi vähän, eivätkä käytetyt pedagogiset mallit täysin toteuta ongelmalähtöisestä oppimisesta alunperin johdettuja malleja.

Asiasanat: Lukio, LOPS 2019, Matematiikka, Ongelmalähtöinen oppiminen

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Ongelmalähtöinen oppiminen	2
2.1 Ongelmalähtöisen oppimisen alkuperä	3
2.2 Ongelmalähtöisen oppimisen pedagoginen tausta	3
2.2.1 Tietoteoreettinen pohja	4
2.2.2 Oppimiskäsitykset ongelmalähtöisen oppimisen taustalla .	8
2.2.3 Ongelmalähtöisen oppimisen mallit	17
3 Ongelmalähtöinen oppiminen matematiikassa	21
4 Tulokset	29
5 Pohdinta	31

1 Johdanto

Ongelmalähtöinen oppiminen (Problem-based learning) on oppilaskeskeinen pedagoginen malli, jossa oppimisen pohjana toimii jokin ongelma tai avoin kysymys. Lähtökohtana on, että oppijat laajentavat itse omaa tietoverkkoaan konstruktivistisesti kognitiivisten ja kokemuksellisten oppimisikäsitusten mukaisesti. Oppimista tapahtuu, kun oppija tekee loogisia päätelmiä tiedon avulla, joka hänellä jo on tai kun opiskelija etsii ja jakaa tietoa ongelman ratkaisemiseksi.

Ongelmien käyttö oppimisen tukena on hyvin tavallinen ilmiö erityisesti matematiikan opetuksessa, mutta tyypillistä on myös, että ongelmia aletaan ratkaista vasta sen jälkeen, kun on ensin opeteltu teoreettista tietoa tai näytetty esimerkkejä vastaavien ongelmien ratkaisemiseksi. Ongelmalähtöisessä oppimisessä ongelmia ei käytetä opitun teorian tai ratkaisumallien harjoittamiseen, vaan teorian muodostamiseen. Esimerkkinä voidaan ajatella vaikka Pythagoraan lauseen opettamista. Pythagoraan lause sanoo, että suorakulmaisen kolmion sivujen pituuksia sitoo yhtälö $a^2 + b^2 = c^2$. Jos tarkastellaan miten matematiikan opikirjoissa Pythagoraan lause esitellään, niin tyypillisesti asiaa lähestytään opettamalla ensin teoria eli tässä tapauksessa em. yhtälö ja sen jälkeen opetetaan esimerkkien avulla miten tätä teoriaa voidaan käyttää vaikkapa tuntemattoman sivun pituuden ratkaisemiseen. Ongelmalähtöisessä oppimisessä tarvitaan ensin jokin mahdollisimman todenmukainen ongelma, joka tässä tapauksessa voisi olla vaikka hyllylevyjen asentaminen suoraankulmaan ilman kulmamitan käyttöä. Ongelma esitellään oppijoille ennen kuin he ovat oppineet Pythagoraan lausetta ja ongelman ajatellaan synnyttävän tarpeen uudelle tiedolle.

Koulutuksen piirissä yhä kasvanana ja nykyään ainakin Suomessa konsensuksen saavuttaneena ajatuksena on, että oppiminen on tehokkainta silloin, kun opiskelijat ottavat aktiivisen roolin oppimisessa ja oppivat siinä asiayhteydessä, jossa tietoa tullaan myöhemmin käyttämään. Erityisen hedelmällistä oppimisen kannalta ovat sellaiset oppimisympäristöt, joissa hyödynnetään oppijoiden omia mielenkiinnon kohteita ja näkemyksiä koulumaailman ulkopuolelta. Tällöin oppijat kokevat, että oppimisprosessi koskettaa heitä enemmän ja että he hyötyvät siitä suuremmissa mittakaavassa.

Lukion uusi opetussuunnitelma (LOPS 2019) otettiin käyttöön syksyllä 2021. Uuden opetussuunnitelman mukaiset yleiset tavoitteet vaativat monipuolista oppilasta aktivoivia opetusmenetelmiä, joissa korostuvat opiskelijoiden vuorovaikutustaidot, tiedon hakeminen, erityyppisten tietolähteiden tulkinta ja analysointi, tietoisuus koskien omaa oppimisprosessia, luovat ongelmanratkaisutaidot, tutkimista ja kokeilimista vaativat tehtävät, sekä opiskelijoiden omat mielenkiinnon kohteet. Näiden tavoitteiden toteutumiseksi tarvitaan uusia lähestymistapoja oppimiseen. Ongelmalähtöinen oppiminen vaikuttaa erittäin lupaavalta pedagogiselta mallilta kaikkien yllä mainittujen tavoitteiden toteutumiseksi.

Tässä tutkielmassa pyritään tarkastelemaan kriittisesti, miten ongelmalähtöinen oppiminen soveltuu tutkimusten perusteella matematiikan opettamiseen erityi-

sesti lukion matematiikan näkökulmasta opetussuunnitelman (LOPS 2019) mukaisesti. Ongelmalähtöinen oppiminen on laajasti määritelty käsite ja sen soveltamisesta on tehty useita erilaisia johtopäätöksiä riippuen tilanteesta, jossa sitä käytetään. Aiheesta on tehty matematiikan opetuksen lähtökohdasta jonkun verran tutkimusta, mutta selkeitä vakiintuneita malleja ei ole muotoutunut ongelmalähtöisen oppimisen soveltamiseen. Luonnontieteiden opettamisen näkökulmasta ongelmalähtöistä oppimista on tutkittu kaikilla asteilla peruskoulusta yliopistoon, mutta matematiikan opettamisen osalta tutkimus on selkeästi painottunut yliopisto tasolle (Merrit, ym., 2017). Näistä syistä päädyttiin tarkastelemaan erityisen tarkasti ongelmalähtöisen opettamisen teoreettista taustaa. Tavoitteena on selvittää minkälaisia erilaisia ongelmalähtöisen oppimisen malleja on sovellettu matematiikan opetuksen tutkimuksessa, onko ongelmalähtöinen oppiminen ylipäätään soveltuva malli matematiikan opettamiseen lukion kaltaisessa yleissivistävässä oppimisympäristössä ja onko aiheen tutkiminen laajemmassa mittakaavassa aiheellista tähän asti tehtyjen tutkimusten perusteella.

2 Ongelmalähtöinen oppiminen

Ongelmalähtöiselle oppimiselle luontaisia piirteitä opetusemenetelmänä ovat:

- Ongelmien ratkaisu, jotka jäljittelevät todellisia tilanteita mahdollisimman tarkasti.
- Ryhmätyöskentely ongelmien parissa ohjaavan opettajan tukemana.
- Ratkaistaviin ongelmiin on olemassa eri lähestymistapoja ja ratkaisuja.
- Oppilaat arvioivat jälkeensä paitsi omaa, mutta myös muiden ryhmäläisten työskentelyä.

Ongelmalähtöinen oppiminen on käytännönläheisempi vaihtoehto perinteiselle opettajajohtoiselle lähestymistavalle. Perinteisellä lähestymistavalla tarkoitetaan luennointi tyypistä opetusta, joissa oppija omaksuu passiivisen roolin opettajan ollessa aktiivinen tiedon välittäjä ja tuottaja. Ongelmalähtöisessä oppimisessä uutta tietoa lähestytään faktojen ja yleisten periaatteiden sijasta mahdollisimman todenmukaisten ongelmien kautta. Ajatuksena on, että oppijat asetetaan sellaiseen oppimisympäristöön, jossa he voivat itse muodostaa teoreettisen pohjan opittavalle asialle ongelmanratkaisun kautta. Teoreettisen pohjan luomisessa eli ongelmanratkaisuprosessissa auttavat myös eri tietolähteet, joista opettaja on asiantuntijan roolissa aina yksi keskeisimmistä. Opettaja omaksuu roolin opiskelijoiden työskentelyn ohjaajana tarjoamatta valmiita ratkaisumalleja. Ongelmalähtöinen oppiminen kehittääkin erityisesti oppijaa hallitsemaan omaa tietämystään ja laajentamaan sitä itsenäisesti. Asiantuntijuuden lisäksi opettaja toimii ongelmanratkaisutehtävien ohjaajan roolissa. (Boud, 1985)

Ongelmalähtöisen oppimisen voidaan ajatella olevan ihmiselle luontaisempi tapa oppia. Historiallisesti ihmisen olemassaolon edellytyksenä on ollut kyky oppia

eteemme tulevista ongelmista, joten on väitetty, että todenmukaisten ongelmien avulla oppiminen on kaikkein tehokkain tapa oppia. Ongelmalähtöisen oppimisen etuna voidaan pitää positiivista vaikutusta opiskelijoiden itseohjautuvuuteen, kriittisen ja analyyttisen ajattelun kehittymiseen sekä akateemiseen itseluottamukseen ja kyvykkyyden tunteeseen. (Poikela, S, 2004), (Boud & Feletti, 1991). Näiden lisäksi ongelmalähtöisen oppimisen etuna voidaan pitää myös sen tuomaa poikkitieteellistä näkökulmaa, koska realistiset ongelmat harvoin rajoittuvat vain yhteen tieteenalaan.

2.1 Ongelmalähtöisen oppimisen alkuperä

Ongelmalähtöisen oppimisen teoreettisen taustan ymmärtämisessä on oleellista tunnistaa mallin alkuperä. Ajatus ongelmalähtöisestä oppimisesta muotoutui Pohjois-Amerikassa 1950-1970 luvulla vastaamaan lääketieteiden opetuksen uudistustarpeisiin. Suureksi kasvaneen tietomäärän ja alan nopean kehityksen takia perinteinen luento-opetus koettiin uuvuttavaksi ja tehottomaksi tavaksi valmistaa tulevaisuuden hoitotyön ammattilaisia. (Boud, 1985). Kanadan McMasterin lääketieteellisessä yliopistossa ongelmalähtöinen oppiminen otettiin erityisen voimakkaasti vastaan ja se kasvatti asemaansa paitsi opetusmenetelmänä, mutta myös koko yliopiston keskeisenä opetusfilosofiana. Yliopiston pyrkimisenä oli luoda opiskelijakeskeinen opetusohjelma ongelmalähtöisen oppimisen ympärille, joka antaisi opiskelijoille perustan koko elämän kestäväälle ammatinharjoittamisen oppimiselle (Neufeld ja Barrows, 1974). Ongelmalähtöinen oppiminen levisi McMasterin yliopiston näyttämän esimerkin mukaisesti myös muille ammattialoille. Eri aloilla ongelmalähtöinen opetus sai hieman erilaisia muotoja ja yhteisesti hyväksytyyn mallin löytäminen on ollut hankalaa, sillä jokaiseen ammattiin liittyy omat erityiset piirteensä. Ongelmalähtöinen oppiminen onkin koko historiansa ajan ollut erityisen laajasti määritelty käsite.

Hajanaisen kehitys tarinansa ja ongelma sanaan liittyvien negatiivisten konnotaatioiden takia ongelmalähtöinen oppiminen on terminä saanut useita erilaisia muotoja. Käytössä olleita nimityksiä ovat olleet "integrated learning", "case based learning", "context based learning" ja "solution focused approaches". Suomeksi on ehdotettu mm. ongelmalähtöistä, ongelmaperustaista ja ongelmakeksistä oppimista. Termistön jatkuva eläminen on aiheuttanut enemmän hämmennystä, kuin selvennystä ongelmalähtöistä pedagogiikkaa ympäröivälle keskustelulle (Poikela, S, 2003). Tähän tutkielmaan termiksi valikoitui ongelmalähtöinen oppiminen sen takia, että se oli yksi varhaisimmista suomennoksista (Boud, 1985), eikä sen jälkeen ehdotetut suomennookset ole vakiintuneet.

2.2 Ongelmalähtöisen oppimisen pedagoginen tausta

Tässä kappaleessa käsitellään ongelmalähtöisen pedagogiikan teoreettinen pohja. Teoreettinen pohja perustelee ongelmalähtöisen oppimisen valideettia oppimismetodinä, sekä ohjaa sitä soveltavaa opettajaa työssään. Kappale jakautuu

kahteen osaan, jossa ensimmäisessä käydään läpi ongelmalähtöisen oppimisen epistemologinen pohja. Ottaen huomioon ongelmalähtöisen oppimisen alkuperä puhtaasti ammattinharjoittamiseen tarkoitettuna pedagogisena mallina, on tärkeää tarkastella miten tieto itsessään on alunperin määritelty ongelmalähtöisen oppimisen taustalla. Toisessa osassa tarkastellaan ongelmalähtöisen oppimisen taustalla olevia oppimiskäsityksiä, sekä käsitellään lyhyesti sen soveltamiseen vaikuttavia oppimiskäsityksiä. Soveltamiseen vaikuttavat koulumaailmaan osin pitkällekin juurtunut behavioristinen oppimiskäsitys sekä humanistinen oppimiskäsitys. Kahta viimeisenä mainittua ei voida siis suoraan yhdistää ongelmalähtöiseen oppimiseen, mutta niiden olemassaolo oppimiskäsitysten kentällä voi heijastua ongelmalähtöisen oppimisen soveltamiseen ja niiden tiedostaminen on tärkeää (Poikela. S, 2003).

2.2.1 Tietoteoreettinen pohja

Konstruktivismi esiintyy usein käsitteenä ongelmalähtöisen oppimisen yhteydessä, mutta termin yhteydestä oppimiskäsityksiin liittyy kuitenkin hämmennystä. Konstruktivismi on nykyään laaja käsite, jonka voidaan katsoa ulottuvan paljon pidemmälle, kuin pelkästään oppimisen teoriaan. Konstruktivismista voidaan puhua tietoteorian, opetus ja kasvatusteorian tai jopa maailmankatsomuksena. (Puolimatka, 2002). Usein kun puhutaan konstruktivismista opettamisen yhteydessä tarkoitetaan kognitiivista oppimiskäsitystä, joka koskettaa todellisuudessa vain yhdenlaisista konstruktivistista ajattelutapaa oppimisen teoriasta eli siitä miten oppimista tapahtuu (Haapasalo, 2004). Termit konstruktivismi ja kognitiivinen oppimiskäsitys eivät siis ole synonyymeja, eikä vertailtavissa. Tässä tutkielmassa konstruktivismilla tarkoitetaan nimenomaan konstruktivistista tietoteoriaa ja puhuttaessa oppimiskäsityksestä käytetään termiä konstruktivistinen oppimiskäsitys.

Konstruktivistinen tietoteoria on ongelmalähtöisen opetuksen epistemologisena taustana. Konstruktivistisen tietoteorian pohjalla on oletus yksilöiden kokemusten subjektiivisuudesta. Tällä tarkoitetaan, että kaksi ihmistä ei koskaan koe maailmaa täysin samalla tavalla. Yksilön kokemukseen vaikuttavat erityisesti aikaisemmat kokemukset ja se mitä tietoa yksilöllä ennestään on. Tämän lisäksi voidaan tunnistaa myös erilaisten tunnetilojen vaikutusta kokemukseen, kuten vaikka väsymyksen tai nälän tunteen vaikutusta. Edes yksilön kokemus tietystä tapahtumasta ei siis ole välttämättä samanlainen eri tunnetilojen vallitessa. Jokainen ihminen tekee aina omanlaisiaan tulkintoja maailmasta ja siten kaikki yksilön kartuttama tieto muokkautuu eräänlaisen linssin lävitse. Yksilön aiemmat kokemukset ja tietopohja vaikuttavat myös niihin asioihin mihin yksilö kiinnittää huomiota. Tiedon omaksuminen on siis valikoivaa eli se minkälaista tietoa kukin yksilö omaksuu ollessaan osana samaa kokemusta vaihtelee. (Haapasalo, 2004). Tieto ei näissä rajoitteissa ole koskaan sellaisenaan välitettävissä yksilöltä toiselle ja pohjimmiltaan oppiminen määritellään konstruktivismissa yksilön oman kokemusmaailman uudelleen muokkaamiseksi.

Oletuksena konstruktivismissa on yksilön kokemuksen subjektiivisuus, mutta se

miten suhtaudutaan objektiivisen tiedon olemassaoloon vaihtelee. Radikaalissa konstruktivismissa ei hyväksytä objektiivisen tiedon olemassaoloa, joten tieto muodostuu yksilöllisistä ajatusrakenteista, jotka vaikuttavat sopivan kokemuksemme todellisuudesta. Ajatus objektiivisen tiedon mahdottomuudesta on saanut kuitenkin runsaasti kritiikkiä erityisesti luonnontieteiden osalta. (Shuell, 1987). Totuuden korrespondensiteorialla tarkoitetaan objektiivisen totuuden vastaavuutta todellisuuden kanssa. Mikäli radikaali konstruktivismi hyväksytään niin totuuden korrespondensiteoria pitää hylätä. Korrespondensiteorian hyväksymistä voidaan kuitenkin pitää melko välttämättömänä ongelmalähtöisen oppimisen soveltamiselle niihin tarkoituksiin, jota tässä tutkielmassa käsitellään. Perinteisessä matematiikan opetuksessa siirrytään loogisesti konstruoiduista tietorakenteista sovelluksiin ja tällöin matematiikan soveltamisella on ainakin pragmaattinen luonne. Pragmaattisella luonteella tarkoitetaan tässä sitä, että koska matematiikan soveltamisesta reaali maailman ongelmiin on hyötyä, niin meidän ei tarvitse murehtia sen vastaavuudesta objektiivisen totuuden kanssa. Ongelmälähtöisessä oppimisessä lähtökohtana taas on reaali maailman ongelma, josta pyritään siirtymään loogisiin abstrakteihin ja objektiivisiin tietorakenteisiin muodostamalla totuusarvoisia väitteitä ongelman ratkaisemiseksi. Jos näiden väitteiden vastaavuutta todellisuuden kanssa ei voida pitää objektiivisena tietona, niin siirtymistä reaali maailman ongelmista objektiivisiin ja abstrakteihin matemaattisiin tietorakenteisiin on hankalaa perustella. Vahva konstruktivismi olisi tietysti mahdollista hyväksyä ongelmalähtöisen matematiikan opetuksen puitteissa, jos ajatellaan, että matematiikka itsessään on vain induktiivinen kuvaus maailmasta.

Heikossa konstruktivismissa ulkopuolinen maailma taas on objektiivisesti havaittavissa ja siis objektiivisen tiedon olemassaolo hyväksytään. Yksilöiden kokemusmaailma on edelleen subjektiivinen, mutta riittävän monen yksilön päätyessä samaan lopputulokseen katsotaan, että objektiivinen havainto maailmasta on saavutettu. Tietoa konstruoidaan siis subjektiivisten havaintojen kautta kohti jotakin saavutettavaa objektiivista totuutta. Heikon konstruktivismin mukaan yksilön konstruoimalle tiedolle jää lopulta vain vähän vaihtelua muiden yksilöiden konstruktioon verrattuna (Haapasalo, 2004). Tällainen ajattelu soveltuu paljon mielekkäämmiin ongelmalähtöisen oppimisen tietoteoreettiseksi lähtökohdaksi erityisesti matematiikan osalta. Objektiivinen ja abstrakti matemaattinen tieto on heikon konstruktivismin mukaan saavutettavissa reaali maailman ongelmia koskevien totuusarvoisten väitteiden kautta. Kysymys objektiivisen tiedon olemassaolosta ja tiedon korrespondensista on kuitenkin edelleen yksi suurimmista modernin filosofian kysymyksistä, eikä siihen ole tarkoitukseen ottaa tässä tutkielmassa sen enempää kantaa (Neale, 2001). Huomionarvoista konstruktivistisen tietoteorian hyväksymisessä on myös, että tällöin oppiminen ja opettaminen on välttämättä aina nähtävä tavoitteellisina prosesseina, joita ei koskaan voida tutkia tavoitteista irrallisina.

Tieto voidaan jakaa teoreettiseen ja käytännölliseen tietoon. Teoria on luonteeltaan propositionaalista mitä-tietoa ja käytäntö taas prosessitietoa, joka vastaa kysymykseen miten (Ryle, 1949). Propositionaalille tiedolle voidaan luokitella kolme olennaista piirrettä (Eraut, 1994). Olennaiset piirteet kuvailevat sitä minkä-

lainen tieto kuuluu propositionaaliseen tietoon ja miten ne suhteutetaan tiedon soveltamiseen eli prosessitietoon. Ensimmäinen piirre käsittää tieteenalajaottelulle perustuvat systemaattisesti johdetut teoriat ja käsitteet. Tällainen tieto on soveltamisen kannalta aina validia. Ongelmallisempaa on se minkälaiset edellytykset koulutuksen kautta onnistutaan luomaan teoreettisen tiedon soveltamiselle. Toiseen olennaiseen piirteeseen liittyvät yleiset periaatteet. Yleiset periaatteet ohjaavat toimintaa jollain sovelletulla alueella, mutta niiden valideetti soveltamisen kannalta on kyseenalaista tai ne eivät anna kokonaista kuvaa siitä mihin käsiteltyä asiaa voidaan soveltaa. Matematiikan koulutuksen aikana törmätään joihinkin yleisiin periaatteisiin joiden on tarkoitus yksinkertaistaa sillä hetkellä opittavaa asiaa. Myöhemmässä vaiheessa matematiikan opiskelua osoittautuu kuitenkin, että nämä yleiset periaatteet eivät sovellukseen kaikkiin tilanteisiin tai ne eivät vastaa täydellistä määritelmää opitusta asiasta. Esimerkkinä matematiikan yleisistä periaatteista voidaan ajatella trigonometriä funktioita, jotka määritellään suorakulmaisen kolmion avulla. Trigonometrinen funktioiden käsittely suorakulmaisen kolmion avulla muodostaa yleisen periaatteen joka ohjaa trigonometrinen funktioiden soveltamista vain ja ainoastaan suorakulmaisen kolmion tuntemattoman sivun ratkaisemiseen. Myös kolmanteen olennaiseen piirteeseen liittyy soveltamisen ongelma. Kolmas piirre kuvaa tiedon joukoksi väittämiä, jotka on muodostettu tiettyjen tapausten, päätösten tai toimintojen perusteella. Tietoa muodostetaan siis aikaisemmasta toiminnasta karttuneiden kokemusten perusteella. Näiden henkilökohtaisten kokemusten analyttinen erittely tai muuntaminen tiedoksi voi kuitenkin osoittautua hankalaksi. Erityisesti matematiikan suhteen kolmas piirre on ongelmallinen nimittäin kokemusten muuttaminen tiedoksi vaatii matemaattisen todistuksen ollakseen validi. Tällaiset kokemukseen pohjautuvat väittämät ovat kuitenkin tärkeä osa matemaattisen ajattelun kehittymistä, eikä niitä pidä missään nimessä ohjata välttämään. Ongelmalähtöinen oppiminen ammentaa juuri kolmannen olennaisen piirteen omaavasta propositionaalisesta tiedosta, sillä reaali maailman ongelmat tarjoavat oppijoille kokemuksia matemaattisen tiedon soveltamisesta.

Ongelmalähtöisen opetuksen historiasta johtuen useissa teoreettista taustaa käsittelevissä lähdeaineistoissa on peilattu aihetta ammattillisen koulutuksen näkökulmasta. Myös Eraut (1994) määrittelee prosessitiedon koskevan kaikkia niitä prosesseja, jotka sisältyvät nimenomaan ammatilliseen toimintaan. Kysymys, joka nousee on "Mikä vastaa ammatillista tietoa matematiikan opiskelun osalta?". Matematiikka tarjoaa harvoille varsinaisen ammatin, mutta matematiikkaa on mahdollista soveltaa läpi elämän, niin ammatillisissa kuin muissakin elämää koskevat yhteyksissä. Tästä matematiikan ulottuvuudesta johtuen en näe suurta ongelmaa tulkita prosessitietoa samalla tavalla kuin Eraut (1994).

Olennaisena osana prosessitietoon liittyy sellainen tieto, joka auttaa hyödyntämään propositionaalista tietoa parhaalla mahdollisella tavalla. Prosessitieto voidaan jakaa viiteen osa-alueeseen, jotka pyrkivät selittämään miten ja missä vaiheessa prosessitietoa voidaan oppia parhaiten (Eraut, 1994). Ensimmäinen osa-alue koskettaa niiden tapojen tunnistamista, jolla tietoa hankitaan vuorovaikutuksessa toisten kanssa. Perinteisessä matematiikan opetuksessa tiedon hankkimis-

nen on yleensä rajoittunut opettajan luennointiin ja ennalta määrätyn oppikirjan sisältöön, eikä näiden taitojen kehittämiseen näin ollen kiinnitetä huomiota. Ongelmalähtöisessä opetuksessa tiedon hankkimisen taidot nousevat kuitenkin välttämättömiksi. Propositionaalisella tiedolla on myös tärkeä merkitys uuden tiedon hankkimisessa, mutta se ei yksin riitä kehittämäänsä tiedonhankinnan ja tulkinnan taitoja. Toinen prosessitiedon osa-alue on taitava toiminta. Tällä tarkoitetaan osaamiseen yhdistynyttä käytännöllistä toimintaa, joka on hioutunut kokemuksen kautta lähes automaattiseksi. Taitavaan toimintaa liittyvät prosessit ovat melkein tiedostomattomia. Matematiikan osalta taitavaa toimintaa voisi esimerkiksi olla pitkälle kehittyneet päässä-laskutaidot. Laskutoimituksen suorittaminen ilman tietoisuutta siitä prosessista, jolla laskutoimitus suoritetaan luokiteltaisiin taitavaksi toiminnaksi. Taitava toiminta on siis sellaista, joka kehittyy lukuisten toistojen kautta. Taitava toiminta ei kehity kovin hyvin sovellettaessa ongelmalähtöistä opettamista, sillä on mahdotonta päästä samoissa aikaresursseissa ongelmalähtöisesti suorittamaan yhtä paljon tehtäviä, kuin perinteisemmässä opetusmallissa. On kuitenkin näyttöä siitä, että konseptuaalinen ymmärtäminen on matematiikan osaamisen kannalta tärkeämpää kuin useat toistot (Boaler, 2002). Taitavan toiminnan tason saavuttaminen ei ole matematiikan opetuksen kannalta näin ollen tärkeä tavoite. Kolmas osa-alue koskettaa erilaisia mielensisäisiä päättelyprosesseja. Näihin kuuluvat suunnittelu, ongelmanratkaisu, analysointi, arviointi ja päätöksenteko. Näille prosesseille on yhteistä tilanteeseen liittyvä spesifi informaatio, sekä teorian pohjalta saatavien ohjeiden riittämättömyys tilanteen ratkaisemiseksi. Näissä tilanteissa propositionaalinen teoretieto ei riitä antamaan suoraa yksikäsitteistä vastausta siihen miten pitäisi toimia. Prosessitiedon neljäs osa-alue liittyy tiedon vuorovaikutukseen eli siihen, miten informaatiota pystytään suullisesti tai kirjallisesti muodostamaan ja tarjoamaan toisten käytettäväksi. Erityisesti matematiikassa ongelman ratkaiseminen ei yleensä ole ainoa toivottu lopputulos, koska tällöin ei voida varmistua käytettyjen tapojen validiteetista. Tavoitteena on, että oman ratkaisun kykenee esittämään sellaisessa muodossa, että muut ymmärtävät ratkaisuprosessin ja voisivat käyttää sitä samanlaisissa olosuhteissa. Viides osa-alue liittyy metaprosesseihin, joiden avulla omaa toimintaa ohjataan, kontrolloidaan ja arvioidaan. Metaprosessit ovat tärkeässä asemassa propositionaalisen tiedon soveltamisessa käytäntöön ja voidaankin ajatella, että ne sitovat prosessitiedon ja propositionaalisen tiedon välistä kuilua.

Koulutuksen osalta tiedon kaksijakoisuus on ilmennyt väittelynä siitä kumpaa tulisi ensisijaisesti opettaa, teoriaa vai käytäntöä. Filosofisesti kysymystä voidaan lähestyä tiedon pysyvyyden kautta ja tällöin vastakkainasettelu on kartesiolaisen pysyvän tiedon ja heideggeriläisen muuttuvan tiedon välillä. Tyypillistä ongelmalähtöisen opetuksen tarkastelulle on, että ajatus pysyvästä tiedosta hylätään (Boud, 1985). Erityisesti ammattiin kehittymisessä, mutta myös perinteisten tietenalojen opetuksessa on helppoa mieltää tieto alati muuttuvaksi. Matematiikka on tässä mielessä erityinen tieteenala, koska se on itsessään muuttumatonta. Kysymys, joka nousee onkin, että miksi ongelmalähtöisen opetuksen tulisi korostaa juuri käsitystä muuttuvasta tiedosta. Uskoisin, että tämän ajatuksen takana on alunperin ollut se, että koska tiedon luonne on muuttuvaa, niin on hedel-

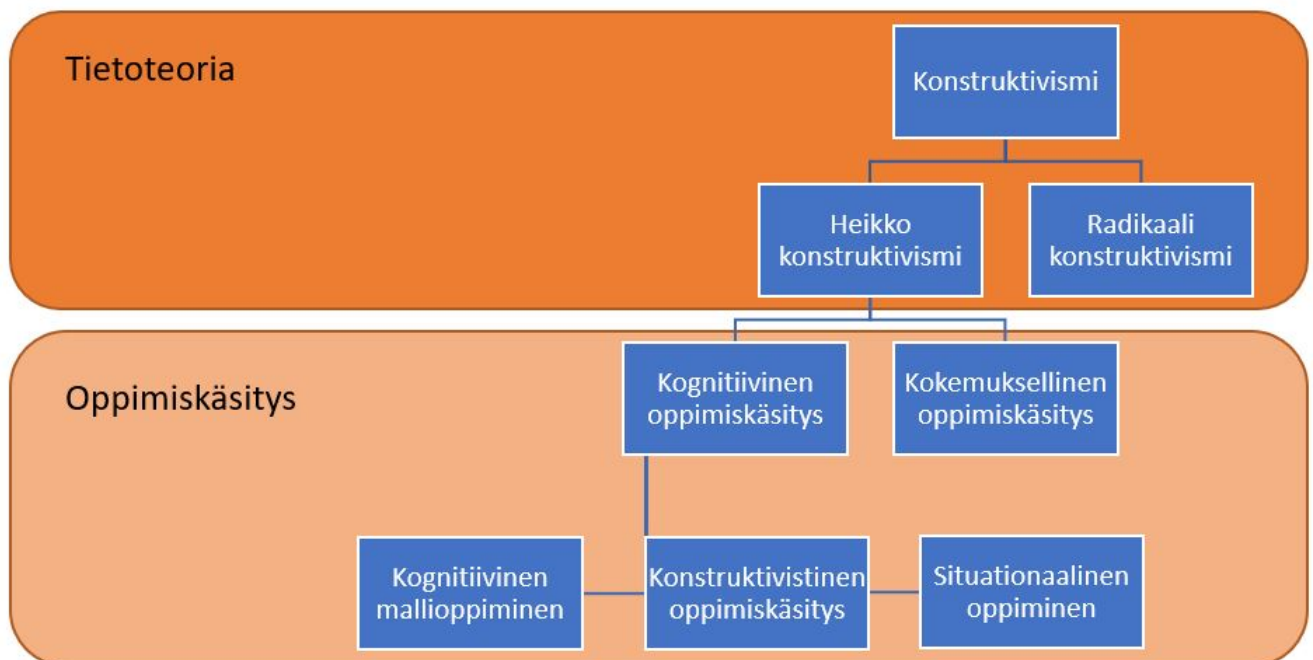
mällisempää kouluttaa sellaisia osaajia, jotka pystyvät käsittelemään käytännön ongelmia itsenäisesti. Vastakohtana tälle olisi kouluttaa osaajia tuntemaan alan teoreettinen puoli, jotta he pystyisivät sen perusteella ratkaisemaan käytännön ongelmia. Vaikka matematiikka itsessään olisikin muuttumatonta, niin on mahdollona määrittää perustellusti tarkat rajat sille mitä siitä tulisi opettaa. Se mihin matematiikkaa tarvitaan muuttuu jatkuvasti, joten samankaltainen perustelu voidaan esittää myös matematiikan opettamiselle. Matematiikan koulutuksessa on ollut myös yleisenä huolenaiheena se, että koulusta opittuja matemaattisia taitoja ei osata soveltaa koulumaailman ulkopuolella (Boaler, 2002). Tähän huoleen ongelmalähtöisen mallin harjoittaminen vaikuttaisi olevan potentiaalinen ratkaisu.

2.2.2 Oppimiskäsitykset ongelmalähtöisen oppimisen taustalla

Kognitiivinen oppimiskäsitys

Kognitiivinen oppimiskäsitys ei muodosta yhtenäistä teoriaa vaan se sisältää erilaisia suuntauksia ja näkökulmia. Yhteisenä tekijänä on kuitenkin tapa hahmottaa ympäröivää maailmaa heikon konstruktivistisen tietoteorian mukaisesti. Kuva 1 selkeyttää käytettyjen käsitteiden hierarkkista luonnetta.

Kuva 1: Konstruktivismista kognitiivisiin oppimiskäsityksiin



Kognitiivisessa oppimiskäsityksessä oppiminen on aktiivista ja tavoitteellista toimintaa, jossa oppija toimii itsenäisenä ajattelijana ja tiedon hakijana. Uutta tietoa liitetään aikaisempiin tietorakenteisiin refleктоimalla prosessia, jossa uutta

tietoa on hankittu. Kognitiivinen oppimiskäsitys kritisoi tiedon määrittelyä objektiivisten faktojen kokoelmana ja tietoa on tämän näkemyksen mukaan mahdotonta säilöä oppikirjoihin (Poikela. S, 2003). Toisaalta erityisesti matemaattinen tieto voidaan käsittää objektiivisten faktojen kokoelmana sen puhtaasti loogisen luonteensa vuoksi. Matematiikan opetuksessa, eikä opiskelussa ole kuitenkaan kyse kaiken tämän tiedon saavuttamisesta, sillä se olisi täysin mahdotonta. Kognitiivisessa oppimiskäsityksessä opetuksen tärkeimpänä tavoitteena ei ole tiedon siirtäminen, vaan kasvavat valmiudet opiskelijan itsensä kehittämiseen ja tiedon lisäämiseen. Koska puhtaan tiedon välittäminen yksilöltä toiselle on mahdotonta konstruktivistisen tietoteorian perusteella, opettajan pääasiallisena tehtävänä on auttaa ja ohjata opiskelijaa rakentamaan omat ajattelumallinsa ja strategiansa. Seuraavaksi siirrytään käsittelemään kognitiivisen oppimiskäsityksen eri näkökulmia konstruktivistinen oppimiskäsitys, situationaalinen oppiminen ja kognitiivisen oppimisen malli.

Konstruktivistinen oppimiskäsitys

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen ytimessä on ajatus siitä, että yksilö pyrkii aina antamaan merkityksiä niille tapahtumille ja ideoille, jotka nousevat esiin oppimistilanteessa (Poikela. S, 2003). Oppiminen tapahtuu myös aina aiemmin opitun kontekstissa. Uuden asian oppiminen on aktiivinen konstruktivistinen prosessi, jossa oppija sovittaa uusia käsitteitä aiemmin konstruoimaansa tietoverkoston (von Glasersfeld, 1995). Yksilön tieto ja osaaminen rakentuvat monimutkaisista mentaaleista yhteyksistä ja verkostoista, eivätkä yksittäisistä tiedon palasista. Itsekonstruktivisuus eli omien ajattelumallien ja strategioiden kehittämisen katsotaan olevan ihmiselle ominaista, mutta konstruktivistinen opetustilanne vaatii kuitenkin oppijalta tietoisuutta omasta oppimisprosessistaan. Aktiivinen oppimisprosessi vaatii sellaisia tehtäviä, jossa oppija voi tavoitteiden sisällä vaikuttaa opittavaan asiaan ja itse oppimisprosessiin. Tällaisia tehtäviä ovat esimerkiksi avoimet ongelmanratkaisutehtävät, tutkimukselliset tehtävät ja ryhmätyöt (Anthony, 1996). Sitä miten opiskelija reagoi oppimistilanteeseen ja minkälainen oppimistulos lopulta on määrittyy siis sekä opiskelijan aiempien tietojen pohjalta, että siitä kuinka tiedostava itse oppimisprosessi on. Tietoisuutta omasta oppimisprosessista kehitetään oppijan itsereflektion avulla. Yksilö pyrkii kognition tasolla aina käsitteelliseen tasapainoon (von Glasersfeld, 1995). Tällä tarkoitetaan sitä, että ristiriita uuden ja vanhan tiedon välillä johtaa tiedon sopeuttamiseen siten, että saavutetaan uusi tiedollinen tasapaino. Oppimisen kriteerinä on siis tiedon johdonmukainen soveltuminen aiemmin muodostettuun käsitteiden verkkoon, joka vaatii tasapainon löytymistä uuden ja vanhan tiedon välillä.

Situationaalinen oppiminen

Situationaalisisessa oppimisessa konteksti nostetaan erityiseen asemaan oppimisessa. Tämä liittyy myös kognitiiviseen mallioppimiseen, mutta situationaalista oppimista voidaan käsitellä myös erillisenä oppimiskäsityksenä. (Poikela. S, 2003). Tässä situationaalinen oppiminen käsitellään erillisenä ajatuksena, koska sen nostama kontekstin välttämättömyys on ongelmalähtöisen oppimisen yksi kulmakivistä. Situationaalisen oppimisen puolesta puhujat näkevät nykyisten opetuskäytäntöjen ongelmana sen, että oppimista ei tapahdu luonnollisessa kontekstissaan. Situationaalisen oppimisen pääargumentti on, että kontekstia ei ole mahdollista erottaa tiedon muodostumisesta (Poikela. S, 2003). Konstruktivismin pohjalta kaikki oppiminen tapahtuu jokataapauksessa oppimistilanteen ja oppijan edellisten tietojen kontekstissa. Situationaalinen oppiminen korostaa kontekstin välttämättömyyttä myös opittavaan asiaan ja oppimistavoitteisiin liittyen. Toisin sanoen oppiminen pitäisi tapahtua mahdollisimman relevantissa ympäristössä oppimistavoitteiden kannalta (Billet, 1996). Situationaalista oppimista on käsitelty myös erikseen matematiikan ja luonnontieteiden oppimisessa. Käsitteily tiivistyy neljän kriittisen väitteen ympärille. Ensimmäinen kriittinen väite koskettaa toiminnan sidonnaisuutta tapahtumien kontekstiin. Koska kontekstia ei voida erottaa tiedon muodostumisesta, niin myöskään toiminnan erilaisia potentiaaleja ei voida kuvata erillään oppimistilanteesta ja -ympäristöstä. Toisaalta oppimistavoitteista riippuen kontekstisidonnaisuuden aste voi vaihdella ja siitä johtuen tämän väitteen kriittisyyttä voidaan kritisoida. Toinen väite on, että tieto jää ilman siirtovaikutusta eri oppimistilanteiden välille tai oppimistilanteiden ja käytännön välille. Näin voitaisiin ajatella käyvän, jos opittu tieto on täysin sidottua aina vain kontekstiinsa. Tiedon siirtovaikutusta määrittää kuitenkin oppimistilanteiden toimintatapa ja erilaisten harjoitusten määrä. Suurin siirtovaikutus ja käsitys yksittäisen tiedon yleistettävyydestä saadaan, kun opittavaa asiaa käsitellään mahdollisimman monipuolisesti ja tutkitaan erilaisia sovellusmahdollisuuksia. Ongelmalähtöisen oppimiseen liittyen ei siis riitä, että oppimistavoitteiden sisältämä tieto tulisi esille vain yhdessä harjoituksessa. Kolmas väite käsittelee abstraktion kautta tapahtuvaa oppimista. Tieto on helppo irroittaa luonnollisesta kontekstistaan jolloin sen situationaalinen luonne kärsii. Huolenaiheena on teorian ja käytännön kohtaamattomuus. Neljäs väite koskettaa sosiaalisen ympäristön merkitystä oppimisessa ja sen ohjaamisessa. Oppimisen liittäminen ainoastaan yksilölliseen toimintaan jättää kokonaan sosiaaliset vuorovaikutukset huomioimatta kognition kehityksessä. Toisaalta voidaan ajatella, että sosiaalinen ympäristö kiistatta vaikuttaa oppimiseen, mutta sitä ei voida pitää oppimisen perustana. Vuorovaikutuksellisuus ja yhteisöllisyys voivat olla tehokkaita apuvälineitä oppimisessa, mutta pohjimmiltaan oppiminen tapahtuu puhtaasti yksilötasolla.

Kognitiivinen mallioppiminen

Kognitiivinen mallioppiminen on opettamisen malli, jossa pääasiallisina teemoina ovat oppimisen ja tiedon toiminnallinen, aktiivinen ja situationaalinen luonne. (Poikela, S, 2003) Englanniksi käsite kognitiivinen mallioppiminen kääntyy cognitive apprenticeshipiksi, joka viittaa mestarin ja oppipojan koulutussuhteeseen perinteisissä käsityöläisammateissa. Englannin kielistä termiä pohtimalla päästään käsiksi kognitiivisen mallioppimisen perusideaan, mutta kyse ei kuitenkaan ole työssäoppimisesta tai oppipoikakoulutuksesta. Kognitiivisen mallioppimisen ytimessä on mahdollisimman autenttinen oppiminen, jota harjoitetaan jatkuvan aktiivisen toiminnan kautta. Opiskelijalle luodaan tilanteita, joissa hän kehittää tietoaan ja taitojaan realistisissa tilanteissa tai jopa oikeissa työtilanteissa. Tämän lisäksi opiskelijan katsotaan alusta asti olevan osa sitä yhteisöä, jossa tietoa käytetään hyödyksi. Ammatillisen koulutuksen tapauksessa opiskelija on jo osa ammattiyhteisöä, mutta voidaanko lukiokoulutuksessa vielä ajatella opiskelijan olevan osa tiedeyhteisöä? Tarkoituksena sille, että opiskelija olisi osa yhteisöä on, että opiskelija omaksuu sitä käytännön kulttuuria, mikä kullekin tieteenalalle tai ammatilliselle yhteisölle on olennaista. Vaikka lukiokoulutuksen aikana opiskelijaa on hankala mieltää osaksi tiedeyhteisöä, niin siihen kuuluvaa käytännön kulttuuria voidaan hyvin välittää jo lukiossa. Kun tarkastellaan seuraavaksi kognitiiviseen mallioppimiseen kehiteltyä ongelmanratkaisua mallia huomataan, että matematiikan osalta tätä toteutetaan jo tämänkin hetkisissä vallitsevissa opetusstrategioissa.

Ongelmaperustainen oppimisen soveltaminen on eniten kytköksissä juuri kognitiiviseen mallioppimiseen (Barrows, 1991). Collins, Brown ja Newman (1989) ovat kehittäneet seuraavanlaisen kognitiivisen mallioppimista edustavan mallin juuri ongelmanratkaisutaitoja vaativiin tehtäviin. Ensimmäisessä vaiheessa (modelling) opettaja käy läpi esimerkki tehtävän vaiheet ja voi myös ratkaista sen. Tärkeää ratkaisun esittämisessä on, että opettaja tuo selvästi omat ajatusprosessinsa esille. Näin opiskelijat pääsevät seuraamaan opettajan asiantuntevaa ja spontaania tapaa käsitellä ongelmaa. Havainnoimalla opettajan tekemistä opiskelijat muodostavat käsitteellisen mallin tehtävään liittyvistä vaiheista ja vaadittavista taidoista. Tämä on tuttu työskentelytapa matematiikan opetuksessa (Poikela, S, 2003). Toisessa vaiheessa (coaching) opiskelijat laitetaan tekemään tehtävää itsenäisesti. Opettaja avustaa opiskelijoita tarvittaessa esimerkiksi yksinkertaistamalla tehtävää, antamalla vinkkejä tai palaamalla esimerkkitehtävään. Tavoitteena on, että opiskelijat etenevät askel askeleelta kohti asiantuntijan tapaa toimia. Kolmannessa vaiheessa (scaffolding) opettaja siirtyy enemmän taka-alalle, mutta auttaa vielä tarvittaessa hankalissa kohdissa. Opettaja ei enää yritä yksinkertaistaa tehtävää, vaan avun muotona on opiskelijan fokuksen suuntaaminen ratkaisun kannalta olennaisiin asioihin. Toisen ja kolmannen vaiheen tarkka erottelu on hankalaa, mutta tarkoituksena on, että ennen neljättä vaihetta opiskelija on sellaisella tasolla, että opettajan avun tarve on hyvin vähäistä tai olematonta. Tätä voidaan pitää tähän asti hyvinkin perinteisenä matematiikan opetuksen strategiana. Neljäs vaihe on suullisen ilmaisun (articulation) vaihe. Tavoitteena on, että opiskelija

osaa verbalisoida tietämystään ja ongelmanratkaisuprosessejaan. Opiskelijan pitäisi siis pystyä selostamaan perustellen oma ratkaisuprosessinsa. Neljännessä vaiheessa opiskelijoiden ajatusta pyritään suuntaamaan myös omiin oppimisprosesseihinsa eli pohtimaan kysymystä "Miten opit ratkaisemaan tehtävän?". Tämä on oleellista seuraavan vaiheen kannalta. Viidennessä vaiheessa nimittäin (reflection) vertaillaan omia ja muiden ongelmanratkaisuprosesseja. Vertailu lisää oman oppimisprosessin tiedostamista. Oppimisprosessia havainnomalla oppija kehittää oppimistaan ja pystyy kontrolloimaan sitä paremmin. Kuudennessa vaiheessa keskitytään oman toiminnan tutkimiseen ja havainnointiin (exploration). Opiskelijoita kannustetaan kehittämään oppimistrategioitaan eteenpäin ja analysoimaan omaa oppimistyyliään. Kun tätä kuusivaiheista sykliä toistetaan opiskelijan kontrolli omasta oppimisestaan paranee ja tehtäviä voidaan asteittain vaikeuttaa. Tehtävien vaikeuttamisen tavoitteena on irrottaa oppiminen alkuperäisen ongelman kontekstista ja käyttää siitä opittua abstraktia tietoa sen sovellusmahdollisuuksiin. Opiskelijoiden taitojen ja oppimisstrategioiden lisääntyessä opiskelijat pystyvät myös itse tunnistamaan uusia sovellusalueita. Kognitiivisessa mallioppimisessa korostuu myös yhteisöllinen oppiminen. Opettajan ei katsota suinkaan olevan ainoa oppimisen tuki prosessin aikana, vaan opiskelijat saavat tukea myös toisilta opiskelijoilta. Ryhmässä tapahtuvassa ongelmanratkaisussa mahdollistuu kollektiivinen ongelmanratkaisu, joka tuottaa yksinäistä työskentelyä tehokkaammin uusia näkökulmia ja lähestymistapoja. Myös väärinymmärrykset ja tehottomat ratkaisustrategiat on helpompi huomata ja korjata ryhmätyöskentelyssä. (Collins, Brown & Newman, 1989)

Huomattavaa tässä kohtaa on, että kognitiivinen mallioppiminen ei sinänsä ole sama kuin ongelmaperustaisen oppimisen malli, vaikka ne voidaankin mieltää olevan hyvin lähellä toisiaan. Kognitiivisen oppimisen malli toimii perustana ongelmaperustaisen oppimisen mallin kehitykselle. Kun kognitiivista mallioppimista sovelletaan ongelmaperustaisen oppimisen yhteydessä, ongelman käsittelyn vaiheet, eivät välttämättä esiinny juuri tässä järjestyksessä. Opettajan suorittama esimerkkiratkaisu eli mallintaminen ei välttämättä kuulu ensimmäiseen vaiheeseen, vaan se voidaan ottaa esille esimerkiksi vasta viidennessä vaiheessa, jossa vertaillaan erilaisia ongelmanratkaisuprosesseja (Ryan & Quinn, 1994).

Kokemuksellinen oppiminen

Kokemuksellinen oppimiskäsitys on kognitiivisen oppimiskäsityksen rinnalla toinen ongelmalähtöisen oppimisen taustalla oleva oppimiskäsitys. Kokemuksellisen oppimiskäsityksen mukaan oppiminen on kokemusten muuttumista ja laajentumista. Kokemuksellisen oppimiskäsityksen mukainen oppiminen on oppijaa aktiiviva toiminnallinen prosessi, joka käyttää hyväkseen eri aistikanavia, tunteita, elämyksiä ja mielikuvia. Tärkeään asemaan nostetaan oppijoiden itsetuntemus, tietoisuus omasta oppimisesta ja käsitykset oppimisen kohteista. (Kupias, 2000). Oppimisen organisointi nousee kriittiseen asemaan ja tärkeää onkin oppijoiden fokuksen suuntaaminen itsereflektioon. Aikaisempien kokemusten prosessointi

muodostaa uudenlaisen ja syvemmän näkökulman seuraavaan kokemukseen.

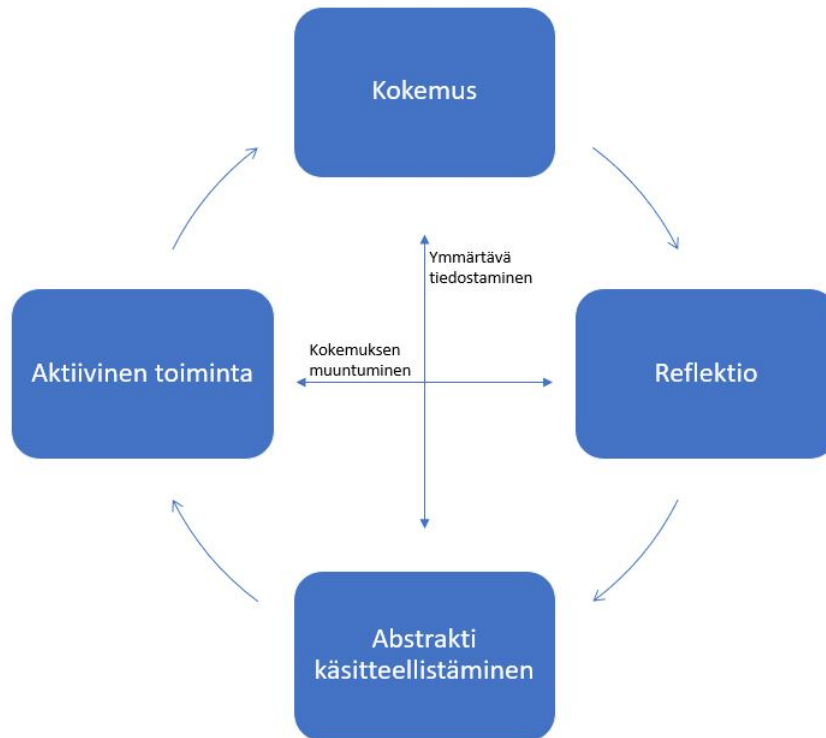
Kokemuksellinen oppimiskäsitys ei kognitiivisen oppimiskäsityksen tavoin ole yhtenäinen teoria vaan sisältää eri lähestymistapoja. Ongelmalähtöistä oppimista tarkastellessa tärkeimmiksi nousevat David Kolbin (1985) kehittämä Kolbin sykli, sekä Boudin ja Walkerin (1990) esittämä reflektiomalli. Molemmat näistä kokemuksellisen oppimisen malleista pohjaavat tunnetun amerikkalaisen filosofin ja psykologin John Deweyn ajatuksiin. Deweyn mukaan älykkyys ei ole synnynäistä, vaan vähitellen kokemusten kautta kehittyvä ominaisuus. Älykkyuden kehitys määräytyy sen mukaan miten kokemukseen reagoidaan. Uutta tietoa on mahdollista luoda, koska meillä on kyky irroittaa osa itsestämme tarkastelun kohteeksi eli kykenemme tarkastelemaan itseämme reflektiivisesti. (Poikela. S, 2003)

Kolbin sykli

Siteeratuimpia kokemuksellisen oppimisen malleja on David Kolbin muodostama kokemuksellisen oppimisen syklimalli ns. Kolbin sykli (Poikela. S, 2003). David Kolbin (1985) mukaan kokemuksellisen oppimiskäsityksen tavoitteena on muodostaa holistinen ja integroiva käsitys oppimisesta, jossa yhdistyvät kokemus, havainnointi, kognitio ja käyttäytyminen. Holistisella käsityksellä tarkoitetaan, että oppimista tarkastellaan enemmän kokonaisuuksina, kuin yksittäisten tietojen kautta. Oppimiskokonaisuuden katsotaan olevan enemmän kuin sen sisältämien yksittäisten tietojen summa. Integroiva käsitys viittaa siihen, että opittavan asian tulisi aina olla yhteydessä aiemmin opittuun. Kolbin syklissä on neljä vaihetta, jotka ovat kokemus, havainnointi eli reflektointi, abstrakti käsitteellistäminen ja toiminta eli soveltaminen.

Syklin (kuva 2) ensimmäisessä vaiheessa lähdetään liikkeelle oppimisen perustana toimivasta kokemuksesta. Tässä vaiheessa oppimisessa ei pyritä ilmiön käsitteellistämiseen, vaan keskitytään ihmisen kokemuksen tuomaan intuitioon. Vaihe on luonteeltaan avoin ja tunnepainotteinen. Syklin seuraavassa vaiheessa reflektoidaan kokemusta. Reflektion tarkoituksena on liittää kokemus erilaisiin yhteyksiin ja tarkastella myös erilaisia näkökulmia. Ensimmäisessä vaiheessa siis ainoastaan havainnoidaan ja annetaan kokemuksen synnyttää intuitiivinen reaktio, jonka jälkeen toisessa vaiheessa oppija asettuu ikään kuin oman kokemuksensa ulkopuolelle. Ensimmäisen vaiheen kokemuksen aiheuttamaa reaktiota aletaan purkamaan pohtimalla siihen liittyviä asiayhteyksiä ja tunnistamalla omaan kokemukseen johtaneita syitä. Tärkeää on myös tunnistaa, että oma intuitiivinen näkökulma ei ole ainoa mahdollinen näkökulma. Toista syklin vaihetta nimitetään myös pohdiskeluvaksi havainnoinniksi. Kolmannessa vaiheessa pyritään abstraktiin käsitteellistämiseen, eli säännönmukaisuuden löytämiseen tai teorian muodostamiseen loogisen ajattelun avulla. Tässä vaiheessa pohdinta ajautuu hetkelisestään loogiseen johtopäätökseensä. Seuraava eli neljäs vaihe antaa tälle pohdinnalle tarkoituksen, sekä johtaa uusiin kokemuksiin. Neljättä vaihetta kutsutaan

Kuva 2: Kolbin sykli



aktiivisen toiminnan vaiheeksi. Mikäli alkuperäiseen kokemukseen liittyy jokin ongelma, niin tässä vaiheessa on tarkoituksena etsiä siihen käytännöllisiä ratkaisuja ja jopa pyrkiä muuttamaan asioita. Mikäli kokemuksen taas on synnyttänyt uudenlainen käsite tai ilmiö, niin neljännessä vaiheessa tarkoituksena on etsiä sille sovellusmahdollisuuksia. Neljännen vaiheen synnyttämien kokemusten kautta sykli alkaa alusta. (Kolb, 1984). Kolbin mukaan oppiminen on siis prosessi, jossa reflektion avulla kokemuksista johdetaan käsitteitä, joita muokataan uusien kokemusten kautta laajemmiksi. Tai vaihtoehtoisesti voidaan ajatella, että kokemuksista johdetaan säännönmukaisuuksia, joita soveltamalla saadaan lisää kokemuksia, jotka taas johtavat edelleen uusiin säännönmukaisuuksiin.

Sykliä voidaan tarkastella myös sisäisten dimensioiden kautta, joita Kolb itse painottaa erityisesti. Ensimmäisen vaiheen kokemuksen ja kolmannen vaiheen abstraktin käsitteellistämisen välille asettuu ymmärtävän tiedostamisen dimensio. Tässä on kyse oppimisen tietoisuusasteesta. Ensimmäisessä vaiheessa keskitytään vain tiedostomattomaan oppimiseen, kun taas kolmannessa vaiheessa keskitytään tietoiseen pyrkimykseen ymmärtää kokemusta abstraktilla tasolla. Toisen vaiheen reflektion ja neljännen vaiheen aktiivisen toiminnan välille asettuu kokemuksen muuntumisen dimensio. Toisessa vaiheessa pyritään pohtimaan kokemusta kaikilta näkökannoilta, eikä sekoiteta siihen minkäänlaisia ulkopuolisia tekijöitä. Päädympme jonkunlaiseen tyydyttävään lopputulokseen ongelman ratkaisemiseksi tai käsitteen ymmärtämiseen sen kokemuksen puitteissa, jota meil-

lä on. Vaihetta voidaan täten kuvailla riskittömäksi, koska uusille kokemuksille ei vielä anneta mahdollisuutta sekoittaa ajatustyötä. Neljännessä vaiheessa taas päinvastoin asetetaan alttiiksi uusille kokemuksille ja niiden annetaan synnyttää ristiriitoja tai puuttellisuutta sen käsityksen tai ratkaisun kanssa, johon aiemmin tyydyttiin. (Kolb, 1984)

Kokemuksellisesta oppimiskäsityksestä löytyy myös erilaisia näkemyksiä. Edellä käsitelty David Kolbin ajatuksiin pohjautuva näkemys on kuitenkin selvästi hallitsevin kokemuksellisesta oppimiskäsityksestä kuvaileva suuntaus. Jopa niin hallitsevia, että Kolbin kanssa samoihin aikoihin aiheen piirissä työskennelleet Australialaiset tutkijat David Boudin johdolla halusivat käyttää toista nimitystä kokemuspirstainen oppiminen (Boud, Cohen & Walker, 1993). Tällä nimivalinnalla haluttiin korostaa kokemuksellisen lähestymistavan monipuolisuutta. Muodostetut teorit ovat kuitenkin todella yhtenäisiä, joten perusteet eri termien käyttämiselle eivät välttämättä ole riittävät. Tässä tutkielmassa ei käytetä ehdotettua nimitystä, vaan pysytään kokemuksellisessa oppimiskäsityksessä. Näkisin, että eroa löytyy ainoastaan tarkastellusta näkökulmasta. Siinä missä Kolbin sykli kuvailee kokemuksellisesta oppimiskäsityksestä oppimisstrategiana tai metodina, niin Boud, Cohen ja Walker pyrkivät esittämään sitä kuvaavia piirteitä (Poikela, S, 2003). Kuten Kolbin syklissä, kokemus toimii oppimisen lähtökohtana ja oppijat konstruoivat jatkuvasti lisää omia kokemuksiaan. Esille nostetaan konstruoinnin sosiaalinen ja kulttuurinen luonne, sekä oppimiseen vaikuttava sosioemotionaalinen konteksti. Sosioemotionaalinen viittaa oppijoiden tunneälykkyyteen ja taitoihin käsitellä tunteita (Poikkeus, 2011).

Kokemuksellisen oppimisen tarkastelua voidaan tehdä oppijan ja oppimisympäristön välisen vuorovaikutuksen kautta. Oppimisympäristö viittaa kaikkiin sosiaalisiin, psykologisiin ja fyysisiin oppimiseen vaikuttaviin tekijöihin. Useissa Oppijan kohtaamisissa kokemuksissa on oppimisen potentiaali, mutta yksilön reagointi vaikuttaa ratkaisevasti potentiaalın realisoitumiseen. Oppimiskokemus ja sen tulkinta on aina yksilöstä riippuvaisia, eikä kahden yksilön kokemus ole koskaan samanlainen. Tässä nähdään suora yhteys konstruktivistiseen tietoteoriaan, joka on kognitiivisen oppimiskäsityksen tavoin myös kokemuksellisen oppimisen epistemologisena lähtökohtana.

Oppijan ja oppimisympäristön välistä vuorovaikutusta tarkasteltaessa voidaan määrittää kokemukselliselle oppimiselle kolme pääkriteeriä, jotka määrittävät onnistunutta oppimiskokemusta. Ensimmäinen kriteeri liittyy siihen, kuinka syvästi oppija osallistuu oppimiseen koko persoonallaan. Koko persoonalla viitataan älyyn, tunteisiin ja aisteihin. Osallistumisen tasoon vaikuttaa tietysti yksilön sitoutuminen oppimistilanteeseen, mutta myös se millainen oppimistilanne on. Toinen kriteeri käsittelee oppijan relevanttien elämäkokemusten ja aikaisempien oppimiskokemusten tunnistamista, sekä aktiivista hyödyntämistä oppimisessa. Mikäli uuden asian oppiminen voidaan yhdistää aikaisempiin elämäkokemuksiin, se yhdistyy tehokkaammin myös osaksi ymmärtämistä. Kolmas kriteeri koskettaa jatkuvaa reflektiota. Jatkuvan reflektion avulla opittua, muokataan entistä syvemmäksi ymmärrykseksi. Kokemukselliseen oppimiskäsitykseen liittyy kiinteästi ajatus siitä,

että reflektiolla on oppimisen kannalta lopulta suurempi merkitys, kuin oppimiskokemuksen laadulla tai luonteella. (Boud & Pascoe, 1978).

Edellä mainitut kolme kriteeriä ovat aina mukana kokemuksellisessa oppimisessä. Koska tutkielma keskittyy opettamiseen, on relevanttia esitellä myös Andreasenin, Boudin ja Cohenin määrittämät kolme lisäkriteeriä oppimistilanteiden organisointia varten. Nejäns kriteeri määrittää oppimisen lähtökohtana toimivien kokemusten rakenteen. Opettamisen kontekstissa oppimistilanteet tuotetaan ja suunnitellaan tarkoituksellisesti. Erityisesti ensimmäiseen pääkriteeriin liittyen on merkitystä, sillä minkälainen oppimistilanne on. Esimerkiksi luentotilanteessa oppimiseen osallistuminen on hyvin rajoittunutta. Toista ääripäätä voisi edustaa roolipeliharjoitus, jossa itse roolipelin jälkeen käsitellään sen synnyttämiä tunteita ja ajatuksia. Viides kriteeri käsittelee oppimisen ohjaamista. Oppimistilanteesta riippuen ohjaajalla on erilaisia rooleja, kuten opettaja, tutor, johtaja tai terapeutti. Suhde ohjaajan ja ohjattavan välillä tulisi kuitenkin aina olla jossain määrin tasavertainen. Tällä tarkoitetaan sitä, että käytännöistä neuvotellaan ja oppijalta taas edellytetään vastuuta ja autonomiaa oppimisensa suhteen. Kuudes kriteeri tarkastelee arviointia. Koska itse oppimisprosessi määrittää kokemuksellisessa oppimisessä vähintään yhtä tärkeäksi kuin oppimisen lopputulos, niin arvioinnin tulisi myös peilata tätä. Arvioinnissa tulisi antaa paljon painoarvoa oppijan reflektiolle liittyen omaan oppimisprosessiinsa.

Behavioristinen oppimiskäsitys

Behavioristisen oppimiskäsityksen mukaan oppiminen tapahtuu ulkoisten ärsykkeiden avulla, johon opettavien oletetaan reagoivan ennakoitavalla tavalla. Oletuksena tälle oppimiskäsitykselle on selkeä syy-seuraus-suhde, joka ei ota huomioon oppijan sisällä tapahtuvaa oppimisprosessia, vaan oppijan oppima asia redusoidaan puhtaasti opettajan välittämään tietoon. Opettajan opetusta kuvataan ärsykeosana ja oppijan vastausta tai kuuntelua reaktio-osana. Näiden lisäksi opettaja vastaa myös välittömästä positiivisesta tai negatiivisesta palautteesta oppijan reaktioon ns. vahvistusosasta. Behavioristista oppimiskäsitystä kuvaa myös, että oppiminen on oppijalle yksinäinen tapahtuma, jossa tarkoituksena on oppia pieniä irrallisia tietoja tai taitoja. (Tynjälä, 2000)

Humanistinen oppimiskäsitys

Humanistinen oppimiskäsitys on siinä mielessä behavioristisen käsityksen ääripää, että tarkastelun kohteena on yksilön ärsyke-reaktio seuraussuhteen sijaan yksilöiden väliset monimuotoiset oppimisprosessit. Siinä missä behavioristinen oppimiskäsitys ottaa oppimisprosessin huomioon vain opettajan tarjoaman ärsykkeen, humanistinen käsitys tarkastelee oppimista vuorovaikutuksellisenä ja sosiaalisena tapahtumana. Usein humanistisen oppimiskäsityksen yksilön oppi-

misprosessit yhdistetään kokemukselliseen oppimiskäsitykseen, vaikka tämä ei ole missään nimessä välttämätöntä. Humanistisen oppimiskäsityksen käsitellessä oppimista sosiaalisena tapahtumana voi se periaatteessa täydentää oppimisteoriaansa yksilön sisäiset oppimisprosessit mistä tahansa muusta oppimiskäsityksestä. (Poikela. S, 2003)

2.2.3 Ongelmalähtöisen oppimisen mallit

Seuraavaksi tarkastellaan ongelmalähtöisen oppimisen malleja, jotka pohjautuvat suoraan edellä käsiteltyihin oppimiskäsityksiin ja osaltaan myös ongelmalähtöisen oppimisen epistemologiseen taustaan. Vasta seuraavassa kappaleessa suuntaamme mielenkiinnon matematiikan opetuksessa käytettyihin ongelmalähtöisen oppimisen malleihin.

Ongelmalähtöisen oppimisen mallit painottuvat ongelmanratkaisuprosessin kuvaamiseen tai laajemman työskentelystrategian kuvaamiseen. Erityisesti ongelmanratkaisuprosesseja kuvaavat mallit jäsentävät oppimisprosessia tarkasti ja ovat siinä mielessä hyvin käyttökelpoisia, kun aloitetaan soveltamaan ongelmalähtöistä oppimista. Tärkeää on kuitenkin pitää mielessä, että ongelmanlähtöistä oppimista ei voida yksinkertaistaa pelkästään ongelmanratkaisun tasolle (Woods, 1994). Polyuan (1957) kehittämä nelivaiheinen ongelmanratkaisumalli määrittelee, suunnittelee, toimi, katso takaisin on esimerkki puhtaasta ongelmanratkaisumallista. Tällaiset mallit yksinkertaistavat ongelmanratkaisun ja sitä myötä tässä kontekstissa myös oppimisen sarjaksi suoritettavia toimintoja. Poikela (2003) toteaa, että ongelmalähtöistä oppimista on käsitelty yleensäkkään kovin vähän teoreettisella tasolla, eikä tästä syystä ongelmalähtöisen oppimisen malleja olla eksplisiitisti sidottu minkäänlaiseen viitekehykseen. Malleissa voidaan kuitenkin nähdä selviä yhtäläisyyksiä kognitiivisiin ja kokemuksellisiin oppimiskäsityksiin.

Barrows ja Tamblyn (1980) kehittivät perustan erilaisille vaiheittaisille ongelmalähtöisen oppimisen malleille. Vaihemallit pohjautuvat kognitiivisiin oppimiskäsityksiin ja erityisesti konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen. Barrows ja Tamblyn (1980) esittävät kuusi periaatetta joille ongelmalähtöisen oppimisen tulisi pohjautua. Kaikki vaiheittaiset mallit ovat johdannaisia tai ainakin liitettävissä tiiviisti Barrowsin ja Tamblynin esittämiin periaatteisiin. Periaatteiden muotoilun taustalla on heidän oma kokemuksensa kanadalaisen McMasterin yliopiston lääkärien ja terveydenhuoltoalan koulutuksesta.

Kuusi pääperiaatetta ovat:

- 1. Ongelman kohtaaminen heti oppimisen alussa ilman etukäteen opiskelua tai muuta valmistelua.
- 2. Ongelman esittäminen samassa muodossa, kuin se esiintyisi todellisessa tilanteessa.
- 3. Ongelman käsittely sellaisella tavalla, joka vaatii päättelyä ja tiedon soveltamista.

- 4. Tarvittavien oppimisalueiden tunnistaminen ryhmässä, ennen itsenäistä työskentelyä.
- 5. Tiedonhankinnan avulla saavutetun tiedon liittäminen ongelmaa, jonka avulla arvioidaan oppimisen tehokkuutta ja vahvistetaan oppimista.
- 6. Yhteenvedon muodostaminen ongelman käsittelystä ja itsenäisen työskentelyn aikana tapahtuneesta oppimisesta.

Ongelmanratkaisu voidaan nähdä ihmisen olemassaolon edellytyksenä. Ihmisen luonnollisin tapa ja myös motivaatio hankkia tietoa on uusien ongelmien kohtaaminen. Ongelma kohdataan ensin ja vasta sen jälkeen sitä varten hankitaan tietoa. Ongelmalähtöisessä oppimisessä ongelman roolia pidetään luonnollisena. Ongelman tarkoitus ei ole soveltaa opittua tietoa, vaan toimia oppimisen stimulusena. Tästä syystä ongelma ei myöskään saa olla keinotekoinen, vaan sen tulee näyttäytyä oppijalle todellisena ongelmana, jonka ratkaiseminen on hyödyllistä. Ongelman ratkaiseminen ei kuitenkaan ole itsearvoista ongelmalähtöisen oppimisen näkökulmasta, vaan tärkeää on harjoituttaa oppijoiden kykyä soveltaa tietoa ja kehittää samalla päättelytaitoja. Näitä tulee harjoittaa jatkuvasti oppimistasoon sopivalla tavalla. Ongelmaperustainen oppiminen tarjoaa ympäristön ongelmanratkaisukykyjen kehittymiselle, mutta ei automaattisesti. Oppimistilanteet on luotava erikseen sellaisiksi, että ne tarjoavat jatkuvasti mahdollisuuksia loogisen päättelyn ja tiedon soveltamisen kehittämiseen (Barrows, 1996). Barrows ja Tamblyn (1980) liittävät myös ryhmätyöskentelyn välttämättömäksi osaksi onnistunutta ongelmalähtöistä oppimista. Ongelmaa käsitellään ensin vertaisryhmässä, jossa tunnistetaan niitä oppimisalueita, jotka ovat relevantteja ongelman ratkaisemiseksi. Ryhmätyöskentelyä seuraa itsenäisen työskentelyn vaihe, jossa oppijat keskittyvät tiedonhankintaan ryhmässä tunnistettujen oppimisalueiden lähtökohdista. Tiedonhankinnan aikana opitut asiat liitetään takaisin ongelmaan, jonka jälkeen pyritään ratkaisuun tai vaihtoehtoisesti keskitytään uudesta tiedosta nousseisiin uusiin oppimisalueisiin. Ongelmanratkaisua seuraa aina reflektiivinen vaihe liittyen siihen, mitä ongelman käsittelyn ja itsenäisen työskentelyn aikana opittiin. (Barrows & Tamblyn, 1980)

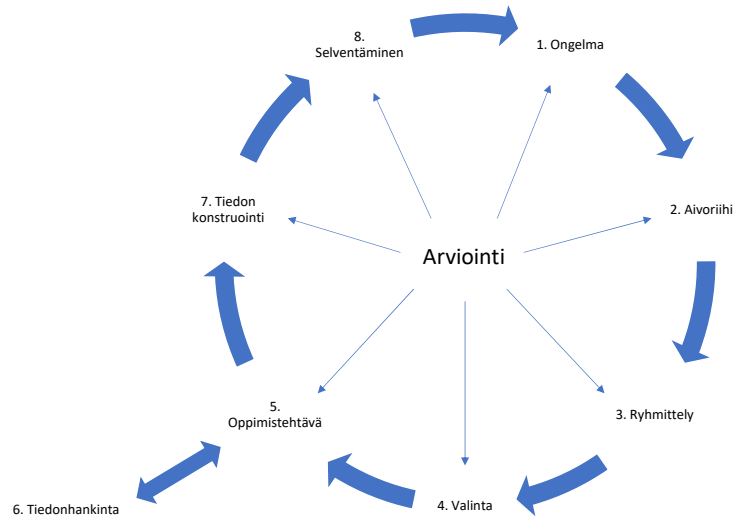
Schmidt (1983) esittää seitsemänvaiheisen mallin (Seven jump model) ongelmalähtöiselle oppimiselle. Malli mukailee Barrowsin ja Tamblynin esittämiä periaatteita, mutta jäsentää tarkemmin ongelman prosessointiin liittyviä vaiheita. Mallin vaiheet ovat ongelma, määrittely, analyysi, jäsentäminen, oppimistavoitteet, itseopiskelu ja integrointi. Oppiminen lähtee liikkeelle ongelman pintapuolisesta käsittelystä. Ryhmä opiskelijoita saa eteensä ongelman, jonka jälkeen ensimmäisenä määritetään yhteisesti siihen liittyvät termit ja käsitteet. Tällä varmistutaan siitä, että ryhmä on yhtä mieltä siitä, mitä käsitellään. Toinen askel on ongelman määrittely, jossa ryhmän tehtävänä on rajata ne ilmiöt, jotka ongelman ratkaisemiseksi on syytä selvittää. Kolmannessa vaiheessa pyritään muodostamaan mahdollisimman monta koko ratkaisuprosessia koskevaa ideaa. Ryhmässä on tarkoitus tuoda siis esille moninaisia ajatuksia ja erilaisia selitysvaihtoehtoja ongelmaan liittyen. Näitä tuotetaan aikaisempaan tietoon ja kokemuksiin perustuen. Tätä ana-

lysoinnin vaihetta voidaan nimetä myös aivoriihi vaiheeksi. Neljäs vaihe keskittyy näiden ideoiden systemaattiseen inventaarioon ja niiden yhdistämisen mahdollisuuksiin. Viidennessä vaiheessa edeltävän systemaattisen tarkastelun pohjalta määritellään ja muotoillaan oppimistavoitteet. Kuudennessa vaiheessa kerätään itsenäisesti lisätietoa ongelman ratkaisemiseksi. Viimeisessä ja seitsemännessä vaiheessa itsenäisesti kartutetuista tiedoista muodostetaan synteesi ryhmässä ja pyritään luomaan sellaisia kokonaisuuksia, joilla alkuperäinen ongelma voidaan ratkaista. Mikäli ratkaisu koetaan edelleen puutteelliseksi voidaan jonkun osa-alueen tietoja syventää edelleen itsenäisesti, jonka jälkeen ne tuodaan taas ryhmän käsiteltäväksi. (Schmidt, 1983). Schmidtin (1983) mallin puutteena nähdään erityisesti se, että arviointiin otetaan heikosti kantaa. Voidaan kuitenkin olettaa, että arvioinnin on tarkoitus sisältyä jokaiseen vaiheeseen.

Woods (1994) kuvaa ratkaistua ongelmaa yksilölliseksi sisäiseksi mentaaliseksi käsitteeksi ongelmasta. Tehokas ongelmanratkaisu vaatii taitoa valita olennaiset osat prosessoitavasta tiedosta. Woods (1994) määrittelee ongelmalähtöiselle oppimiselle kuusivaiheisen mallin, joista ensimmäinen vaihe liittyy oppijan sitoutumiseen ja motivaatioon. Toisessa vaiheessa aloitetaan vasta ongelmaan tutustumisen. Toiseen vaiheeseen sisältyy Woodsin mallissa myös ongelman analyysi ja aktiivisen johtolankojen etsiminen. Johtolangoilla tarkoitetaan vihjeitä siitä min-käläisiä taitoja ja tietoja ongelman ratkaisemiseen vaatii. Kolmannessa vaiheessa ongelmasta luodaan sisäinen malli, jota tietoisesti tutkitaan. Neljäs vaihe käsittää suunnitelman tuottamisen ongelman ratkaisemiseksi. Viidennessä vaiheessa tehty suunnitelma toteutetaan systemaattisella ongelman analyysillä, jota ohjataan omien ajatusprosessien havainnoinnin kautta. Kuudennessa vaiheessa suunnitelman toteutumista arvioidaan. Viimeisen vaiheen on tarkoitus olla katsaus taaksepäin, jossa punnitaan rehellisesti prosessin aikana tehtyjä omia ratkaisuja. Woods (1994) allekirjoittaa myös Barrowsin ja Tamblynin (1980) tuottaman seitsemän askeleen mallin, mutta lisää kahdennakiseksi vaiheeksi arvioinnin. Woodsin nimeämä arviointi kohdistuu nimenomaan yksilöllisen ongelmanratkaisun tehokkuuteen ja oppimistavoitteiden saavuttamiseen, eikä itse oppimisprosessiin tai sosiaalisiin aspekteihin. Barrows (1985) lisäsi myöhemmin myös Tamblynin kanssa kehittämänsä malliin arvioinnin viimeiseksi vaiheeksi. Barrowsin lisäämässä arviointi vaiheessa keskitytään yksilönarvioinnin lisäksi myös ryhmäarviointiin, mutta pääasiallisena kiinnostuksen kohteena on edelleen oppimistavoitteiden saavuttaminen vuorovaikutuksellisuuden sijaan.

Pohjois-Amerikassa vakiintuneita ovat Barrowsin ja Tamblynin (1980) kehittämät vaihemallit, kun taas Euroopassa on käytössä Schmidtin (1983) malli. Ruotsissa ja Australiassa vakiintuneina malleina ovat olleet erilaiset sykliset mallit. Näissä malleissa korostuvat erityisesti oppimisen kokemuksellinen luonne ja vuorovaikutuksellisuus. Kaikkien syklimallien taustateorianana voidaan pitää Kolbin (1984) kokemuksellisen oppimisen syklimallia. Syklimallien väliset erot ovat pieniä, vaikka vaiheiden yksityiskohdat saattavat hieman vaihdella. Tässä esitellään syklisistä malleista Suomalaisten tutkijoiden Sari ja Esa Poikelan näkemys syklisestä mallista. Heidän mallinsa pohjautuu Linköpingin yliopistossa käytettyyn malliin, jonka

Kuva 3: Syklimalli



vaiheiden nimeämistä on hiottu käytännön toiminnan kautta eri aloilla ja eri oppilaitoksissa. Ongelma nähdään laajimpana mahdollisena käsitteenä ja se voi olla luonteeltaan myös skenaario, jossa oppimisprosessi toistuu useamman kerran. Ongelmalähtöistä oppimista toteutetaan syklisessä mallissa myös ryhmässä. Ensimmäisessä vaiheessa oppijoiden tulee pyrkiä yhteisymmärrykseen siitä miten skenaariota lähdetään purkamaan ja minkälaisia siitä nousevia ongelmia nostetaan tarkastelun kohteeksi. Tässä kohtaa oppijat myös määrittävät ongelmaan liittyvät käsitteet. Toisessa vaiheessa, joka on nimetty aivoriiheksi on tarkoitus tuoda esiin aiheeseen liittyvä aikaisempi tietämys, sekä tuottaa ideoita ongelman käsittelyn erilaisista mahdollisuuksista. Ideoiden tuottaminen tapahtuu välittömän assosiaation ja tietoisien tarkastelun avulla. Kolmas vaihe on nimeltään ryhmittely ja siinä on tarkoituksena ryhmitellä aivoriihi vaiheessa todettu aiempi tietämys ja ideat. Tämä ryhmittely vaihe helpottaa seuraavaa valinta vaihetta, jossa on tarkoitus valita käsittelyn kannalta tärkeimmät tietämyksen alueet ja ideat. Viidennessä vaiheessa määritellään ryhmän oppimistehtävä. Tämä tapahtuu tarkastelemalla niitä alueita, joissa ryhmän tietämyksessä näyttää olevan epäselvyyttä. Kuudes vaihe liittyy tiedonhankintaan. Tiedonhankinta voi tapahtua moninaisilla

tavoilla, kuten eri lähteiden avulla, sekä eri työtapoja käyttäen. Tiedonhankinta voi olla ryhmän yhteistä työskentelyä tai se voidaan määrittää itsenäisen työskentelyn vaiheeksi. Tämän vaiheen sallitaan myös johtavan uusien oppimistarpeiden nousemiseen. Tällöin palataan takaisin oppimistehtävien määrittelyyn ja jatketaan kunnes ollaan valmiita siirtymään seuraavaan vaiheeseen. Seitsemännessä vaiheessa tieto konstruoidaan yhteisesti ryhmässä ja pyritään myös käsitteellistämään uudelleen, jotta koko ryhmä on samaa mieltä. Kahdeksannessa vaiheessa palataan takaisin alkuperäiseen ongelmaan. Uuden tiedon valossa alkuperäistä ongelmaa selvennetään ja luodaan uusi pohja prosessin jatkumiselle. Mikäli ongelma saadaan ratkaistua ja pohdinnan koetaan tulleen loogiseen lopputulokseensa, siirrytään kohti seuraavaa ongelmaa. Syklimallissa oppimisen ytimessä on arviointi ja se liittyy kuvan 3 mukaisesti jokaiseen vaiheeseen erikseen, mutta kohdistetaan myös prosessiin kokonaisuutena. Arvioinnin tavoitteena ei ole kehittää pelkästään oppimisen ja ongelmanratkaisun taitoja, vaan luoda tuntumaa myös ryhmädynamiikkaan ja oppimisen yhteistoiminnallisuuteen. (Poikela. E & Poikela. S, 1997)

3 Ongelmalähtöinen oppiminen matematiikassa

Seuraavaksi käsittelemme ongelmalähtöisen opetuksen tutkimusta ja mallien muotoutumista matematiikan opettamisen lähtökohdasta. Tarkoituksena on selvittää minkälaisia ongelmalähtöisen oppimisen malleja tutkimuksissa on sovellettu ja tuoda esille minkälaisia viitteitä tutkimustulokset antavat ongelmalähtöisen oppimisen väiteystä eduista kriittisen ajattelun kehittymiseen, akateemiseen itseluottamukseen, sekä oppimistavoitteiden saavuttamiseen. Akateeminen itseluottamus käännetään tässä kohtaa tarkoittamaan yleisemmin matemaattista minäpystyvyyttä. Ongelmalähtöistä oppimista matematiikassa on tutkittu verrattain vähän lukioikäisillä ja sitä nuoremmilla, kun rajaus tehdään koskemaan ongelmalähtöistä oppimista sen alkuperäisiä lähtökohtia noudattaen. Ongelmalähtöisen oppimisen katsotaan vaativan ainakin reaali maailman kontekstissa olevien ongelmien käsittelyä ja vuorovaikutuksellista ryhmätyöskentelyä. Tutkija J. Merrit tiimeinen suoritti selvityksen luonnontieteiden ja matematiikan ongelmalähtöisen opettamisen tutkimuksesta vuonna 2017. Tutkimuksessa suoritettiin systemaattinen katsaus ongelmalähtöisen opetuksen tutkimukseen luonnontieteissä ja matematiikassa, jossa tutkimuksen kohteena olivat 5-18 vuotiaat esikoulusta lukioon. Kiinnostuksen kohteena tutkimuksessa oli selvittää miten ongelmalähtöinen oppiminen on määritelty, mitkä komponentit siinä ovat merkityksellisiä oppimisen kannalta ja mikä on ongelmalähtöisen opettamisen tehokkuus muihin pedagogisiin malleihin verrattuna. Katsauksessa löydettiin lopulta 25 artikkelia, joissa käsiteltiin 5-18 vuotiaiden ongelmalähtöistä luonnontieteiden tai matematiikan opetusta kvantitatiivisin menetelmin. Tämän jälkeen tutkimuksesta jätettiin pois lukiotason tutkimusta koskeneet artikkelit. Näistä 25 artikkelista jäi tarkemman arvioinnin jälkeen lopulta vain yhdeksän artikkelia, joista yksikään ei koskettanut matematiikan opetusta. (Merrit, ym., 2017) Vaikka Merrit tiimeinen jättikin tarkastelusta pois lukiotasolla tehdyt tutkielmat, niin matematiikan ongelmalähtöisen opettami-

sen tutkimuksesta saa jonkunlaisen kuvan. Kvantitatiivista tutkimusta aiheesta on hyvin vähän ja tutkimusten tarkastelua ylipäätään hankaloittaa erilaiset lähestymistavat ja määritelmät siitä mitä ongelmalähtöinen opettaminen on. Kappale on jäsennelty teemoittain kriittistä ajattelua koskettaviin tutkimuksiin, minäpystyvyyttä koskeviin tutkimuksiin, sekä muuhun tutkimukseen ja kirjallisuuteen.

Kriittisen ajattelun taidot

Indonesialaisessa tutkimuksessa pyrittiin selvittämään onko ongelmalähtöisellä oppimisella vaikutusta yliopisto opiskelijoiden kriittisen ajattelun taitoihin (Darhim, ym., 2020). Tutkimuskohteena oli 124 matematiikan opiskelijaa Indonesian yliopistosta. Kriittisen ajattelun taitoihin määriteltiin kuuluvaksi tiedon analysointi, evaluaatio, päätelmien tekeminen ja ongelmanratkaisu strategioiden luominen. Analysointi taitoihin katsottiin kuuluvaksi tarjotun materiaalin ymmärtämisen lisäksi kyky selkeyttää tietoa eteenpäin muille tarjottavaksi. Evaluaatioon katsottiin kuuluvaksi tiedon merkityksen arviointi ja esimerkkien tarjoaminen. Tutkimus toteutettiin kolmessa ryhmässä, joista ensimmäisessä toteutettiin ongelmalähtöistä oppimista, toisessa toteutettiin perinteisiä opetusmenetelmiä ja kolmannessa ns. problem-posing mallia. Problem-posing mallissa opiskelijat, sekä opettaja esittävät matemaattisia kysymyksiä, joiden avulla opetusta viedään eteenpäin. Kysymykset ja ongelmat ovat kuitenkin rajoittuneempia kuin ongelmalähtöisessä mallissa. "Problem-posingissa" lähdetään etenemään opettajan esittämästä ongelmasta, joka ratkaistaan ja tämän jälkeen ongelmaa muutetaan opiskelijan tai opettajan toimesta. Ajatuksena on, että ongelmaa käsitellään joko erilaisilla lähtöarvoilla, tai sitten muutetaan alkuperäisen ongelman kontekstia. Kuten ongelmalähtöisessä oppimisessä opettaja ei tarjonnut opiskelijoille valmiita vastauksia, vaan ratkaisu ongelmaan on tarkoitus tehdä itsenäisesti opettajan ohjauksen avulla. "Problem-posing" tarjoaa mielenkiintoisen vertailukohtaan ongelmalähtöiselle oppimiselle, koska siinäkin ytimessä on ongelmien itsenäinen kohtaaminen ja opiskelijoiden rooli opetuksessa on aktiivinen. Tutkimuksen mukaan opiskelijoiden kriittisen ajattelun taidot kehittyivät ongelmalähtöisessä opetuksessa verrattuna perinteisiin opetusmenetelmiin, mutta "Problem-posing" mallin ja ongelmalähtöisen mallin välillä ei havaittu tilastollisesti merkittävää eroa. (Darhim, ym., 2020). Tässä on kuitenkin huomattava, että tutkimuskohteena oli matematiikan opiskelijat, joten heidän motivaationsa oppia matematiikkaa on oletettavasti valmiiksi jo korkealla tasolla ja he kokevat hyötyvänsä matematiikan oppimisesta tulevaisuutta ajatellen. Tästä syystä olisi mielenkiintoista nähdä miten "Problem-posing" malli ja ongelmalähtöinen opettaminen suhteutuvat keskenään lukiotasolla. Sitä millä tapaa ongelmalähtöinen opetus käytännössä on toteutettu ei oteta kantaa tutkimuksessa. Yleisesti ottaen tämän tutkimuksen tuloksista voidaan sanoa, että ongelmalähtöinen malli vaikuttaa kehittävästi kriittisen ajattelun taitoja perinteistä opetusta paremmin yliopisto tason opiskelijoilla.

Samankaltaisia havaintoja on tehty myös lukioikäisten ja yläkouluikäisten opiskelijoiden kriittisen ajattelun kehityksestä ongelmalähtöistä oppimista sovellettaessa

(Amalia, 2017), Widyatiningtyas, ym., 2015). Kahdesta indonesialaisesta lukiosta 140 hyvä- ja keskitasoista opiskelijaa osallistui kriittistä ajattelua ja ongelmalähtöistä oppimista koskevaan tutkimukseen. Kriittisen ajattelun määrittely oli yhteneväinen Indonesialaista yliopistoa koskevan tutkimuksen kanssa. Tutkimuksessa opiskelijat osallistuivat joko ongelmalähtöiseen opetukseen tai perinteisiä opetusmenetelmiä käyttävään opetukseen. Ongelmalähtöiset oppitunnit olivat rakenteeltaan seuraavanlaisia. Ensimmäinen viisi minuuttia käytettiin ohjeiden antamiseen ja ryhmien jakamiseen. Tämän jälkeen jokaiselle ryhmälle annettiin pohdittavaksi sama reaali maailman ongelma. Ryhmille annettiin 40 minuuttia aikaa keskustella ongelmasta. Tämän jälkeen ryhmänsisäiset keskustelut vedettiin yhteen koko luokan kesken opettajan johdolla. Jokaisella ryhmällä oli tämän jälkeen 30 minuuttia aikaa tehdä esitys ongelmaan liittyen, joka sisältää ongelman kontekstissa muotoillun kysymyksen ja vastauksen siihen. Tunnin lopuksi opettaja teki koko luokalle yhteenvedon tuntien aikana tuotetusta materiaalista. Tässä tutkielmassa käytetty malli on vaihteellinen ja korostaa erityisesti oppimisen yhteisöllistä aspektia. Oppijan oma jälkikäteen reflektointi vaikuttaa olevan korvattu opettajan tekemällä yhteenvedolla. Tutkimustulokset viittaavat myös lukiotasolla siihen, että ongelmalähtöinen malli parantaa kriittisen ajattelun taitoja enemmän, kuin perinteiset mallit. Tämän lisäksi ongelmalähtöisen oppimisen todettiin toimivan yhtä hyvin, sekä hyvä- että keskitasoisilla opiskelijoilla. Tätä varten tutkimuksessa teetettiin kriittistä ajattelua mittaavan testin lisäksi matemaattisia pohjataitoja mittaava testi. (Widyatiningtyas, ym., 2015)

Tutkijat Siriwat ja Katwibun tutkivat Thaimaalaisen koulun opiskelijoiden kriittisen ajattelun taitoja ongelmalähtöisessä opetuksessa. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tulevatko opiskelijoiden kriittisen ajattelun taidot esille ongelmalähtöisessä matematiikan opetuksessa ja olisiko ongelmalähtöinen opettaminen mahdollinen keino kehittää näitä taitoja. Kriittinen ajattelu määriteltiin tässä tutkimuksessa koskemaan viittä osa-aluetta, jotka olivat: 1 ongelmien sanallistaminen ymmärrettävässä muodossa, 2 käytettyjen tietojen ja menetelmien valinta ja uskottavuuden analysointi, 3 ongelman ratkaisun looginen perustelu, 4 omien, sekä muiden esittämien väitteiden uskottavuuden systemaattinen arviointi suhteessa ongelman kontekstiin ja 5 ymmärrys omien, sekä muiden esittämien väitteiden yksilöllisestä perspektiivistä. Tutkimuksessa oppitunnit seurasivat samaa rakennetta, kuin edellä esitettyssä tutkimuksessa eli vaiheet olivat ongelman esittely, itsenäinen opiskelu, ryhmätyöskentely, ratkaisun esitys ja keskustelu, sekä viimeisenä perinteisten matematiikan tehtävien tekeminen. Tutkimus toteutettiin 47 opiskelijan kokoiselle ryhmälle neljän viikon aikana. Tänä aikana opiskelijoita havainnointiin kahdeksalta oppitunnilta. Oppitunnit videoitiin havaintojen tekemistä varten. Havainnoinnin lisäksi opiskelijoiden kriittisen ajattelun taidot kategorisoitiin kyselyn avulla neljän viikon havainnoinnin jälkeen. Kategoriat olivat matala, keskitaso ja korkea. Esimerkkinä tutkimuksessa esitellään seuraava ongelma: "Olet osallistumassa vesiraketti kilpailuun. Kilpailussa jokainen joukkue laukaisee raketin kolme kertaa. Voittaja on joukkue, jonka laukaisujen korkeuden keskiarvo on suurin. Olette valmistaneet kaksi erilaista rakettia, kumpi raketeista kannattaa valita kilpailuun testilaukausten perusteella?". Tehtävän antoon kuului myös molempien

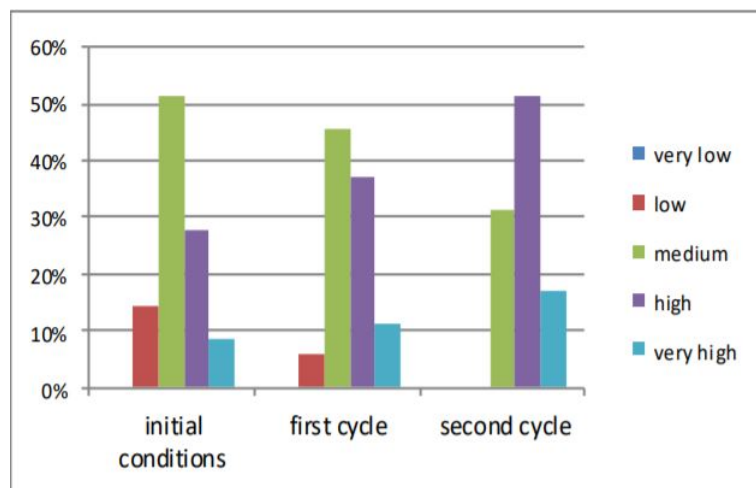
rakettien kymmenen testilaukauksen tulokset. Tutkimuksessa havaittiin, että kaikki viisi kriittisen ajattelun osa-aluetta tulivat esille oppilaiden tuntityöskentelyssä ja että opiskelijat pystyivät tulkitsemaan ongelmia matemaattiseen muotoon, keräämään tietoa itsenäisesti, tunnistamaan mahdollisia ratkaisuja, hyväksymään erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja ja esittämään perusteltuja johtopäätöksiä. Tutkimuksessa havaittiin myös että korkeaan kriittisen ajattelun taitoihin kategorisoituneet opiskelijat pystyivät parhaiten tuottamaan ratkaisuja ongelmiin, mutta myös keskitason ja heikon kategorian opiskelijat oppivat ongelmalähtöisessä opetuksessa. Keskitason ja heikon kategorian opiskelijat hyötyivät erityisesti erilaisten näkökulmien keskustelusta muiden opiskelijoiden kanssa ja useassa tapauksessa he tunnistivat syitä siihen miksi heidän oma ratkaisunsa oli puuttellinen. (Siriwat & Katwibun, 2017).

Minäpystyvyys

Eräs tärkeistä vaikuttavista tekijöistä matematiikan oppimiseen on minäpystyvyyden tunne. Matemaattisella minäpystyvyyden tunteella tarkoitetaan sitä kuinka hyvin yksilö kokee pystyvänsä suorittamaan jonkin matematiikkaan liittyvän tavoitteen. Näitä tavoitteita voivat olla tehtävän ratkaiseminen tai matemaattisen konseptin ymmärtäminen. (May, 2009). Korkea minäpystyvyyden tunne tukee matemaattista oppimisprosessia ja johtaa parempiin oppimistuloksiin, sekä kasvaneeseen motivaatioon (Zimmermann, 2000). Indonesianlaiset tutkijat Lisda Masitoh ja Harina Fitriyani selvittivät ongelmalähtöisen opettamisen soveltamisen vaikutuksia matemaattiseen minäpystyvyyteen. Tutkimus toteutettiin 35 oppilaan kokoiselle luokalle, joiden oppilaat olivat 13-14 vuotiaita. Oppilaiden matemaattisen minäpystyvyyden tunteesta kerättiin tietoja kyselylomakkeen avulla, tämän lisäksi havainnoitiin miten ongelmalähtöistä oppimista sovellettiin oppitunneilla, sekä testattiin miten oppilaat olivat saavuttaneet asetettuja oppimistavoitteita opintojakson jälkeen. Minäpystyvyyden tunne kategorisoitiin viiteen luokkaan hyvin alhainen, alhainen, keskitaso, korkea ja hyvin korkea. Tutkimus suoritettiin kahdessa syklistä. Sykliin sisältyi kyselylomakkeen täyttö, matemaattisesta minäpystyvyydestä ennen oppimisjaksoa ja sen jälkeen. Haastatteluja ja havaintoja opetuksen järjestämisestä ja oppilaiden ryhmäkeskusteluista tehtiin jatkuvasti. Tutkimussykli päädyttiin toistamaan siitä syystä, että ensimmäisen syklin aikana huomattiin, että oppilaat eivät ymmärtäneet täysin mistä ongelmalähtöisessä oppimisessä on kysymys ja mitä heidän tulisi tehdä. Ensimmäisen syklin jälkeen oppilaiden minäpystyvyyden keskiarvo kasvoi hieman, mutta sijoittui edelleen keskitason kategoriaan. Toisen syklin jälkeen minäpystyvyyden keskiarvo kasvoi enemmän ja lopputuloksena yksikään oppilaista ei kuulunut enää alhaiseen luokkaan ja luokan keskiarvo asettui korkeaan kategoriaan. Tutkimustulokset näkyvät kuvassa 4. Ongelmalähtöisen oppimisen mallia oltiin onnistuttu havaintojen perusteella toteuttamaan molempien syklien aikana. Ensimmäisen syklin jälkeen oppimistavoitteisiin liittyvän testin läpäisi 60 % oppilaista ja toisen syklin jälkeen testin läpäisi 77,14 % oppilaista. Oppimistavoitteisiin liittyvästä testistä ei voida päätellä to-

teutuivatko oppimistavoitteet paremmin ongelmalähtöistä mallia käyttäen, koska tutkimuksessa ei ole minkäänlaista vertailukohtaa siihen miltä testin tulokset olisivat näyttäneet perinteisiä opetusmenetelmiä käyttäen. Tässä luokkahuone tutkimuksessa sovellettiin syklistä mallia. Esitelty malli sisältää vaiheet suunnittelu, toteutus, havainnointi ja reflektio. Tutkimuksessa ei tarkemmin eritelty liittyivätkö oppilaiden käsittelemät ongelmat toisiinsa ja vaikuttiko seuraavaan tutkittuun ongelmaan edellisen reflektio, mutta syklien määrän kerrotaan riippuvan siitä kuinka monisyistä ongelmaa käsitellään. Se mikä oppimistavoitteiden saavuttamisen kasvussa ensimmäisen ja toisen syklin aikana kuitenkin näkyy on, että ongelmalähtöinen oppiminen vaati oppilailta hieman totuttelua. Tutkijoiden tekemät vapaat havainnot tukevat myös tätä väitettä. (Masitoh & Fitriyani, 2018)

Kuva 4: Minäpystyvyyden kehittyminen tutkimuksen aikana (Masitoh & Fitriyani, 2018)



Tutkijat Supatchana ja Katwibun tutkivat matemaattisen minäpystyvyyden kehittymistä ongelmalähtöisen opettamisen näkökulmasta. Tutkimuskohteena oli 47 opiskelijaa Thaimaalaisesta lukiota vastaavasta koulusta. Opiskelijat olivat iältään 16-17 vuotiaita. Tutkimuksessa opiskelijat ottivat osaa kymmenen oppitunnin mittaiseen opintojaksoon, jonka kesto oli viisi viikkoa. Tutkimusmenetelminä käytettiin vapaita havaintoja oppitunneista, sekä kahta eri likert-asteikollista testiä, joista toinen mittasi minäpystyvyyttä ja toinen minänvahvuutta (self-construality). Minänvahvuus liittyy siihen miten ihminen suhteutuu ryhmään. Minänvahvuudella tarkoitetaan kykyä erottaa oma matemaattinen tietämys ja mielipiteet muusta ryhmästä. Opiskelijat täyttivät kyselylomakkeet ennen ja jälkeen 5 viikon opintojaksoa. Tutkimuksessa todetaan, että molempien kyselytutkimusten keskiarvo kasvoi verrattuna ennen ja jälkeen opintajakson. Kyselyn lisäksi kuusi opiskelijaa valittiin syvällisempään haastatteluun, siten että kahdelle heistä oli luokiteltu huonot matemaattiset taidot, kahdelle keskitason taidot ja kahdelle hyvät taidot. Tutkimuksessa oppitunnit toteutettiin viidessä vaiheessa. 1. vaiheessa opettaja esitteli opiskelijoille realimaailmaan liittyvän ongelman. Opiskelijat pitivät todenmukaisten ongelmien ratkaisemisesta mielenkiintoisena lähtökohtana. Ongelman esittelyn jälkeen opiskelijat saivat jakaa mielipiteitä ja ideoita toistensa kanssa. Noin

20 % opiskelijoista ilmaisivat ideoitansa koko luokan kuullen. Loput opiskelijoista vaikuttivat keskittyvän erityisen tarkkaavaisesti muiden esittämiin ideoihin. 2. vaiheessa opiskelijat aloittivat ratkomaan tehtävää itsenäisesti. Noin 20 % oppilaista teki työtä koko vaiheen ajan täysin itsenäisesti keskustelematta mitään muiden oppilaiden kanssa, kun taas noin 75 % oppilaista aloittivat ensin työskentelyn itsenäisesti, mutta jakoivat tämän jälkeen ajatuksiaan ja vertailivat ideoitaan muiden opiskelijoiden kanssa. 3. vaiheessa opiskelijat jaettiin 3-4 kokoisiin ryhmiin. Näissä ryhmissä oli tarkoitus työskennellä yhteisen ratkaisun löytämiseksi ja valmistautua esittämään ratkaisu muulle luokalle ryhmänä. Tässä vaiheessa noin 70 % opiskelijoista pystyi esittämään omat ideansa selkeästi muulle ryhmälle. Havainnoijat vaativat selitykseltä myös loogisia perusteluja. Noin 75 % opiskelijoista katsottiin onnistuneen toimimaan aktiivisena osana ryhmää ja vaikuttaneen ryhmän lopulliseen tuotokseen. 4. vaiheessa ryhmien tuotokset esiteltiin. Tästä havaittiin että noin 80 % opiskelijoista kiinnitti tarkkaa huomiota muiden ryhmien esitykseen ja kirjoitti ylös kommentteja esityksestä, joita he esittivät esityksen päätyttyä. Ryhmäesityksissä havaittiin myös tapauksia, joissa jälkepäin esitetyt kommentit tuottivat keskustelua, jonka lopputuloksena oli ryhmän esittämän ratkaisun parantaminen. 5. vaiheessa opiskelijat tekivät itsenäisesti kunkin oppitunnin aiheeseen liittyviä tehtäviä oppimistulosten parantamiseksi. Haastattelujen perusteella kaiken tasoiset opiskelijat kokivat hyötyneensä ongelmalähtöisestä opintojaksosta. (Supatchana & Katwibun, 2019). Tutkimustulokset vaikuttavat siltä, että lukioikäiset oppilaat pystyvät opiskelemaan ongelmalähtöisesti ja kokevat sen myös itse hyödyllisenä. Tutkimuksessa toteutettiin jonkunlaista hybridimallia perinteisen ja ongelmalähtöisten vaihemallien välillä, sillä viimeisessä vaiheessa opiskelijat työskentelivät aina perinteisten matematiikan tehtävien parissa. Kaikki ongelmalähtöisen oppimisen pääkriteerit kuitenkin toteutuivat. Humanistisen oppimiskäsityksen korostama yhteisöllinen oppiminen korostuu myös tässä tutkimuksessa. Reflektio puuttuu mallista, eikä opiskelijoiden oppimistavoitteiden saavuttamiseen oteta kantaa.

Muu tutkimus ja kirjallisuus

Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden osalta ongelmalähtöinen oppiminen sekoitetaan usein tutkimukselliseen oppimiseen. Tutkimuksellisella oppimisella onkin runsaasti yhteyksiä ongelmalähtöiseen oppimiseen, mutta ne poikkeavat opetusfilosofialtaan kuitenkin jonkun verran. Tutkimuksellinen oppiminen on rakenteeltaan hyvin samankaltaista, kuin ongelmalähtöinen oppiminen, mutta tutkimuskysymyksiä ei välttämättä sidota reaali maailman ongelmiin. Tämä jättää suuren aukon tutkimuksellisen ja ongelmalähtöisen oppimisen välille, kun pohditaan ongelmalähtöisen oppimisen taustalla olevia oppimiskäsityksiä. Monissa tutkimuksissa kuitenkin viitataan ongelmalähtöiseen oppimiseen ilman, että ollaan käsitelty todenmukaisia ongelmia. Eräs tärkein ongelmalähtöisen oppimisen taustalla vaikuttava ajatus on nimenomaan realististen ongelmien ratkaiseminen. Luonnontieteiden osalta tutkimuksellinen oppiminen usein sitoutuu automaattisesti to-

denmukaisesti reaalimaailman ongelmiin, koska tutkitut ilmiöt koskettavat reaalimaailmaa. Matematiikassa kuitenkin ilmiön määrittely on hankalaa ilman, että meillä on jotain ongelmaa, jonka ympäriltä matematiikkaa tutkitaan. Jos ongelmat asetetaan puhtaasti matemaattisiksi lausahduksiksi kuten esimerkiksi "Miten löydetään ratkaisu toisen asteen yhtälöön.", ei oppilas pysty asettamaan sitä reaalimaailman kontekstiin. Tämän takia kokemuksellisen oppimiskäsitykseen perustuen olisi parempi, jos ongelma sidottaisiin johonkin realistiseen ongelmaan. Tämä ulottuvuus puuttuu tutkimuksellisesta oppimisesta tai ainakaan se ei ole välttämättömänä osana sitä.

Calder. N on tutkinut matematiikan oppimista tutkimuksellisen oppimisen näkökulmasta. Oppimisen pohjana käytettiin kuitenkin realistisia ongelmia, joten tutkimusta voidaan jossain määrin peilata ongelmalähtöiseen opettamiseen. Tutkimuskohteena olivat 13,5 - 15 vuotiaat Uusi-Seelantilaiset oppilaat. Tutkimus toteutettiin kvalitatiivisena tutkimuksena, jossa hyödynnettiin kyselyitä, haastatteluja, sekä vapaiden havaintojen tekemistä oppilaiden työskentelystä ja työnjäljestä. Erityisenä tarkastelun kohteena tutkimuksessa oli asenteiden kehitys matematiikkaa kohtaan ja matematiikan hyötyjen ymmärtäminen. Oppilaille annettiin tehtäväksi muodostaa heitä itseään kiinnostavia kysymyksiä tutkimuksen hetkellä käynnissä olleisiin olympialaisiin liittyen. Kurssin aiheena oli tilastomatematiikka, joten oppijoiden lopulliset tutkimuskysymykset muodostettiin yhdessä opettajan kanssa, siten että niiden ratkaiseminen vaati tilastollisen matematiikan taitoja. Tutkimuksen aikana oppilaille tarjottiin opetusta niistä aiheista, joita tutkimuskysymysten ratkaiseminen vaati, mutta oppilaat joutuivat opettelemaan taitoja myös itsenäisesti internetistä löytyneiden resurssien avulla. Taidot joita oppimistehtävän aikana kehitettiin liittyivät taulukoiden tulkitsemiseen, graafeihin ja additiivisten, sekä multiplikatiivisten strategioiden hyödyntämistä pituuden, ajan ja painon mittaamiseen. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan sanoa, että opettajat hallitsevat perinteisesti liikaa sitä tietoa, jota opetetaan. Oppijat selvästi hyötyivät siitä, että he kokevat omistuksen tunnetta omasta oppimisestaan ja että heille annettiin vapautta suunnata omaa mielenkiintoansa. Oppijoiden asenteet matematiikkaa kohtaan olivat positiivisempia kuin ennen oppimistehtävää, sekä osa heistä itse mainitsi ymmärtävänsä huomattavasti paremmin matematiikan hyödyt omassa arjessaan, sekä tulevaisuudessa. (Calder, 2013). Tutkimus kosketti kuitenkin vain yhtä luokkaa, jonka kokoa ei olla mainittu. Tämän tutkimuksen yleistettävyydessä on siis ongelmia, mutta tulokset vaikuttavat siltä, että jos ongelmalähtöistä opettamista sovelletaan matematiikan opetukseen oppijoiden asenteissa ja matematiikan hyötyjen ymmärtämisessä tapahtuu positiivista muutosta.

Ongelmalähtöistä opetusta koskevalle matematiikan tutkimukselle ja sen soveltamiselle on huomattavissa yhteisiä piirteitä siitä, että sitä sovelletaan melko vapaasti ilman tarkkaa kannanottoa teoreettisesta pohjasta. Tämä ilmiö on näkynyt myös muuta ongelmalähtöistä oppimista koskevassa tutkimuksessa (Poikela, S, 2003). Erilaiset hybridimallit, jotka ovat ottaneet joitain osia ongelmalähtöisestä opettamisesta ovat kuitenkin tuottaneet positiivisia tutkimustuloksia, sekä tavoitteiden että asenteiden kohdalla. Eräs esimerkki tästä on Schettino Carmelin kirjoittama oppikirja ja kokemukset geometrian opettamisesta ongelmalähtöisesti

lukiotasolla. Schettino määrittelee itse ongelmalähtöisen oppimisen seuraavien kriteerien kautta:

- 1. Instruktionaalinen lähestymistapa opintojen suunnitteluun ja pedagogiikkaan.
- 2. Sisältö on rakentunut kontekstuaalisista ongelmista.
- 3. Ongelmat ovat luonteeltaan monisyisiä.
- 4. Opiskelijoiden mielipiteitä, kokemuksia ja aiempaa tietoa pidetään arvokaina ja otetaan huomioon opintojen suunnittelussa ja pedagogisissa valinnoissa.

Instruktionaalisella lähestymistavalla tarkoitetaan sellaista opetusta, jonka tavoitteena on oppilaiden ohjaaminen omien ratkaisustrategioiden ja tiedon kehittämiseen. Schettinon opetusmenetelmiin kuuluvat myös kotitehtävät joiden tavoitteena on kultivoida seuraavan oppitunnin keskustelua. Kotitehtävät muodostuvat 7-8 ongelmasta, joiden tarkoituksena on muistuttaa opiskelijoita aiempien matematiikan kurssien tiedoista, kultivoida ajatusta seuraavista kurssin teemoista, esitellä uutta terminologiaa, harjoittaa itsenäistä tiedon keruuta ja ongelmanratkaisua, haastaa lahjakkaita oppilaita, sekä seuraavan oppitunnin alussa herättää mielenkiintoa muiden opiskelijoiden erilaisista tavoista lähestyä matemaattisia ongelmia. Kotitehtävien tavoitteena ei ole se, että kaikki opiskelijoista saisi ratkaistua kaikkia tehtäviä, vaan riittää, että ongelmia on yrittänyt lähestyä sen hetkisten omien taitojensa avulla. Esimerkkinä konseptuaalisesta ongelmasta jota Schettino opetuksessaan käyttää on: "Jos pyöreästä pitsasta leikatun pitsapalasen keskuskulma on 36° , niin kuinka monta palaa pitsassa on?". Kokemusten perusteella opiskelijat keksivät melko nopeasti, että vastaus on 10 palaa. Opiskelijat eivät kuitenkaan useinkaan osaa heti sanallistaa miten he ovat päätyneet tähän lopputulokseen ja jos tilannetta muutetaan siten, että kulma on 24° niin vastauksen keksiminen on opiskelijoille hankalampaa. Ideoiden jakamisen kautta opiskelijat ovat onnistuneet kuitenkin lopulta artikuloimaan tehtävässä harjoitetun abstraktin konseptin siitä, että keskuskulman asteluvun täytyy olla jaollinen 360° . Tämä pizza esimerkki toimii myös pohjana seuraavalle konseptille, ympyrän kaarelle. Seuraava kysymys jota oppilailta kysytään on: "Jos halkaisijaltaan 12 tuuman pizza on jaettu kahdeksaan osaan, niin mikä on yhden palasen reunan pituus?". Kysymys on tarkoituksella jätetty sellaiseksi, että se herättäisi luonnollisesti opiskelijoissa kysymyksen, siitä että kuinka paljon pizza palasta sitten on reunaa, jos reuna on leveydeltään tietyn pituinen. Opiskelijoille esitetyt kysymykset on pyritty muotoilemaan tämän esimerkin kaltaisiksi. Tehtävistä nousee jatkuvasti uusia kysymyksiä ja uusia konsepteja jotka täytyy oppia saadakseen lisää vastauksia. (Schettino, 2011). Schettinon metodologiassa voidaan nähdä selviä yhteyksiä kognitiiviseen mallioppimiseen, mutta myös ongelmalähtöisen oppimisen malleihin. Metodologia poikkeaa kognitiivisesta mallioppimisesta sen suhteen, että opettaja ei esitä missään vaiheessa omaa malliratkaisuaan, vaan keskustelua käydään ja opetusta viedään eteenpäin ongelmalähtöisen oppimisen mallien mukaisesti. Uusien ongelmien ja sovellusalueitten hersyminen alkuperäisestä ongelmista vastaa kuitenkin erityisen tarkasti kognitiivisen mallioppimisen viimeisen vaiheen kuvausta.

Metodologiaa voidaan verrata myös ongelmalähtöisiin syklimalleihin, joissa aikaisemman ongelman tai skenaarion ratkaiseminen synnyttää uusia tutkimusongelmia. Schettinon luoman opetusmetodologian valideettia on arvioitu vertaamalla saavutettuja tuloksia NCTM ja CCSS standardeihin. NCTM (National Council of Teachers of Mathematics) on maailman suurimpia matemaattisen koulutuksen organisaatioita. NCTM-standardeilla tarkoitetaan järjestön asettamia standardeja matemaattiselle opetukselle ja vaadittaville taidoille. CCSS (Common Core State Standards) standardit taas kertovat tarkemmin siitä, mitä jokaisen opiskelijan pitäisi osata kunkin luokan jälkeen. Molemmat standardeista ovat erityisesti käytössä Pohjois-Amerikassa. (NCTM, 2021)

4 Tulokset

Tässä kappaleessa tarkastellaan minkälaisia viitteitä tutkimustulokset antavat ongelmalähtöisen oppimisen soveltamisesta matematiikassa, minkälaisia malleja matematiikan opetuksen tutkimuksessa on käytetty ongelmalähtöisen oppimisen osalta, sekä arvioidaan sen kykyä toteuttaa lukion opetussuunnitelmassa (LOPS 2019) annettuja tavoitteita lukion lyhyen, sekä pitkän matematiikan osalta.

Ongelmalähtöisen opetuksen on väitetty parantavan opiskelijoiden akateemista itseluottamusta ja kyvykkyyttä. Tätä väitettä tukevat havainnot opiskelijoiden minäpystyvyyden vahvistumisesta ongelmalähtöisessä matematiikan opetuksessa. Korkea minäpystyvyyden tunne on linkitetty matematiikan osalta parempiin oppimistuloksiin ja korkeampaan motivaatioon (Zimmermann, 2000). Minäpystyvyyden tunne on vahvasti linkitetty niin sanottuun matematiikka ahdistukseen. Matematiikka ahdistuksella tarkoitetaan jännitystä ja ahdistusta, joka häiritsee numeroiden käyttöä ja matemaattisten ongelmien ratkaisua jokapäiväisessä elämässä (Richardson & Suinn, 1972). Tutkimustulokset antavat viitteitä siitä, että ongelmalähtöinen oppiminen soveltuisi matematiikan opetukseen ainakin minäpystyvyyden tunnetta parantavana ja matematiikka-ahdistusta vähentävänä tekijänä.

Kriittisen ajattelun taitojen on huomattu kehittyvän sekä yliopisto-tasolla, että nuoremilla opiskelijoilla ongelmalähtöisessä opetuksessa perinteisiä menetelmiä paremmin. Lukiotasolla kriittisten ajattelutaitojen kehittyminen vaatii lisää tutkimusta, mutta voidaan ainakin todeta, että ongelmalähtöisessä opetuksessa nämä taidot tulevat esille. Kriittisen ajattelun taidoilla on ainakin siis mahdollisuus kehittyä ongelmalähtöisessä opetuksessa. Tarkempaa selvitystä tarvitaan vielä siihen kuinka paljon ja missä kohdissa varsinaista kehitystä voisi tapahtua lukiotasolla. Tämän lisäksi muillakaan koulutusasteilla tehdyissä tutkimuksissa ei olla saatu eroteltua niitä osia, jotka kehittävät kriittisen ajattelun taitoja eli mitkä osat ongelmalähtöistä opetusta ovat välttämättömiä todennettun positiivisen kehityksen saavuttamiseksi. Myös muilla vaihtoehtoisilla opetusmenetelmillä ollaan havaittu lähes yhtä hyviä tuloksia kriittisen ajattelun kehitykseen kuin ongelmalähtöisillä menetelmillä. Kriittisen ajattelun taitojen kehityksen takana saattaa olla vaihtoehtoisten mallien opiskelijaa aktivoiva ominaisuus, eikä tätä voida näin ollen pitää

erityisenä saavutuksena ongelmalähtöiselle oppimiselle.

Pelkkien sovellustapojen ja erilaisten koeasetelmien testaaminen on osaltaan vahvistanut virheellistä käsitystä siitä, että ongelmalähtöinen oppiminen olisi opetusmetodi ilman johdonmukaista teoreettista taustaa. Ongelmalähtöiselle oppimiselle ei ole onnistuttu luomaan selkeää yksiselitteistä mallia matematiikan opetukseen soveltuena. Tutkimuksissa käytetyt mallit pohjaavat aina omanlaisilleen tulkinnoille siitä miten ongelmalähtöistä oppimista toteutetaan ja niitä on perusteltu hyvin vähän ongelmalähtöisen oppimiskäsityksen taustalla vallitsevien oppimiskäsitysten kautta. Erityisen huomattava puute liittyy kokemukselliseen oppimiskäsitykseen pohjautuvaan reflektioon. Yhdessäkin tutkimuksessa sovelletussa mallissa ei ollut esillä opiskelijoiden itsereflektio, vaikka ongelmalähtöisen opettamisen eräs puolista on nimenomaan oman ongelmanratkaisuprosessin ja oppimisen tietoinen tutkiminen.

Uudessa 2021 syksyllä aloittavien lukiolaisten opetussuunnitelmassa (LOPS 2019) korostetut asiat näkyvät vahvasti ongelmalähtöisessä oppimisessä. Opetussuunnitelman yleiset tavoitteet ovat hyvin linjassa ongelmalähtöiselle opetukselle ominaisten piirteiden kanssa. Lukiokoulutuksen oppimiskäsityksen tulee pohjautua opiskelijan aktiiviseen ja tavoitteelliseen toimintaan. Opiskelijalle tulee tarjota oppimiskokemuksia, jotka kannustavat aloitteellisuuteen, yhteistyöhön, vastuullisuuteen sekä rakentavaan ongelmanratkaisuun. Oppimisprosessin aikana opiskelijan tulee tulkita, analysoida ja arvioida tietoa aikaisempien kokemusten ja tietojen pohjalta. Lukio-opetuksen tulee vahvistaa tiedonhankinta-, soveltamis-, sekä ongelmanratkaisutaitoja. Opiskelumenetelmien osalta lukiopetuksessa tulee käyttää monipuolisia opetus- ja opiskelumenetelmiä, joilla on yhteys oppiaineissa edellytetyn tiedonalan käsitteelliseen ja menetelmälliseen osaamiseen. Ongelmalähtöisessä oppimisessä opiskelija on aktiivisessa roolissa ja toiminta on aina tavoitteisiin sidottua. Lisäksi ongelmalähtöinen oppiminen tarjoaa mahdollisuuden erittäin monipuolisiin opiskelumenetelmiin ja aiemman tietämyksen merkitys ja analysointi korostuu. Opetussuunnitelman mukaan oppimisen tulee tapahtua myös vuorovaikutuksessa muiden opiskelijoiden, opettajien, asiantuntijoiden ja yhteisöjen kanssa. Ongelmalähtöisessä opetuksessa työtä tehdään ryhmissä. Oppilaita rohkaistaan käymään keskustelua omista ajatuksistaan ja työskentelmään ryhmissä yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Ongelmalähtöisessä oppimisessä oppijoiden välillä on siis paljon vuorovaikutuksellisuutta. Myös asiantuntijoiden ja yhteisöjen kanssa toimimista voidaan toteuttaa luontevasti ongelmalähtöisessä opetuksessa. Tällaisen vuorovaikutuksellisuuden voidaan katsoa olevan ongelmalähtöisen oppimisen taustalla kognitiivisen mallioppimisen myötä. Oppijan kuulumista tiedonalaan liittyvään yhteisöön katsotaan ongelmalähtöisessä oppimisessä oppimista edistäväksi tekijäksi. Opetussuunnitelmassa opiskelijoiden omien kiinnostuksen kohteiden ja näkemysten tulee olla osana opetusta. Uusien sovellusalueiden tunnistaminen jonkin käsitteen ympäriltä on ongelmalähtöisessä oppimisessä tavoitteena. Näiden uusien sovellusalueiden tunnistamisen kautta opiskelijat pystyvät tuomaan opiskeluun mukaan myös omia kiinnostuksen kohteitaan. Opetussuunnitelmassa korostetaan myös oppijoiden itsereflektiota ja opetuksen tavoitteena onkin kehittää oppijoiden tietoisuutta omasta oppimisprosessis-

taan, sekä pyrkiä oppijoiden itseohjautuvuuden lisäämiseen. Itsereflektion merkitys ongelmalähtöisessä oppimisessä näkyy oppimisen kokemuksellisessa käsityksessä. Kokemukselliseen oppimiskäsitykseen kuuluu vahvasti oman oppimisprosessin tietoinen tutkiminen ja sen tulisi heijastua myös arviointiin. (opetushallitus 2019).

Matematiikan osalta lukion opetussuunitelman tavoitteisiin kuuluu matematiikan merkityksen ymmärtäminen nykyajan kulttuureissa, ja sen välttämättömyyden huomaaminen eri aloilla, kuten tekniikassa, lääke-, talous-, yhteiskunta- ja luonnontieteissä, sekä taiteissa. Ongelmalähtöisessä oppimisessä käytetyissä reaali maailman ongelmissa matematiikan merkitys voi helposti näyttäytyä eri alojen perspektiivistä. Opetussuunitelman tavoite oppiainerajat rikkovasta opetuksesta voidaan toteuttaa luonnollisesti ongelmalähtöistä mallia seuraten. Matematiikan opetuksen tulee lukiossa kehittää luovan ajattelun, sekä ilmiöiden mallintamisen, ennustamisen ja ongelmien ratkaisemisen taitoja. Opetuksessa tulee myös tutkia arkielämän ja matematiikan välisiä yhteyksiä, sekä kannustaa oppilaita kokeiluihin ja sinnikkääseen työskentelyyn. Työskentely reaali maailman ongelmien tai pidempien skenaarioiden parissa soveltuu hyvin myös näiden tavoitteiden toteutumiseen. Tiedon itsenäinen hankkiminen tuli esille jo opetussuunitelman yleisissä tavoitteissa, mutta matematiikan osalta tämä on muotoiltu vielä syvemmin tarkoittamaan myös taitona osata lukea matemaattista tekstiä ja arvioimaan eri muodoissa tarjottua informaatiota. (opetushallitus 2019).

5 Pohdinta

Ongelmalähtöisen oppimisen alkuperä pohjaa terveystieteisiin ja sen jälkeen on kehittynyt erityisesti ammattipätevyyteen pyrkiville koulutusaloille. Monet piirteet ongelmalähtöisessä oppimisessä ovat kuitenkin sellaisia, joita voidaan pitää hedelmällisinä myös matematiikan opiskelussa ja muissa luonnontieteissä. Monet ongelmalähtöistä oppimista tutkineet tahot ovat ilmaisseet mielipiteensä siihen miten tämä malli vaikuttaisi soveltuvan erityisen hyvin matematiikan opettamiseen (Poikela, S, 2003), (Boud, 1985). Mielenkiintoista tässä asetelmassa on kuitenkin se, että tutkimusta ei matematiikan opettamisen suhteen ole tehty kovin paljoa. Suuri osa matematiikka on kuitenkin kehittynyt ongelmalähtöisesti vastaamaan kehittyvien sivilisaatioiden tarpeisiin, joten ongelmalähtöinen oppiminen matematiikassa voidaan nähdä luontaisena parina sille kulttuurille, jota matematiikka historiallisesti on edustanut.

Ongelmalähtöinen oppiminen on saanut osakseen kritiikkiä sen takia, että oppijoiden oletetaan oivaltavan ja keksivän asioita, jotka ovat oppijoille täysin uusia, mutta asiantuntijoille tuttuja. Helposti ajatellaan, että ongelmalähtöinen oppiminen asettaa oppijan tutkijan rooliin ja oppimisen edellytyksenä ovat Arkhimedeen veroiset "Heureka"hetket. Laajalle levinnyt käsitys keksimisestä on, että se on sellittämätön, ennustamaton ja hallitsematon prosessi (Langley, ym., 1987). Tarinan mukaan Arkhimedes ratkaisi ongelmansa siinä hetkessä jona hän istui kylvyssä. Ratkaisu pälkähti hänen päähänsä kuin taikaiskusta ilman tietoista ongelmanrat-

kaisuyritystä. Vaikka on totta, että ideoita voi saada yhtäkkiä, tällainen ajattelu-tapa jättää täysin huomioimatta keksimisen ja sen taustalla olevan tiedon väli-sen yhteyden. Tämä virheellinen käsitys keksimisestä on vaikuttanut kasvatustie-teiden piirissä juuri ongelmalähtöistä mallia vastustavissa kommentoissa. Ajatel-laan, että jos keksiminen on ennustamaton ja epävarma prosessi, niin yksikään vastuuta tunteva opettaja ei mitenkään voisi suositella tällaista mallia, sillä se johtaisi vain satunnaiseen oppimiseen harvojen oppijoiden osalta. (Boud, 1985). Käsitteet keksimisestä ovat muuttuneet ongelmalähtöistä mallia hyväksyväm-pään suuntaan kautta kasvatustieteellisen kentän. Luonnontieteiden opettamisen osalta tästä kertoo ongelmalähtöistä opettamista koskevan tutkimuksen määrä (Meritt, ym., 2017). Matematiikan osalta tutkimusta on kuitenkin edelleen vähän ja keksimisen myytti ennustamattomina Heureka hetkinä voisi olla sen taustalla miksi matematiikan opetuksen osalta tutkimusta on tehty niin vähän.

Valmiina tarjotun teorian tiedon omaksuminen ei edesauta opiskelijoiden valmiuk-sia tulevaisuuteen samalla tavalla, kuin aktiivinen ongelmanratkaisu ja aiempien kokemusten ja tietojen liittäminen edessä olevaan ongelmaan. Sanoisinkin, et-tä on paljon tärkeämpää, että matematiikan opetus yläkoulusta alkaen suuntau-tuisi enemmän matemaattiseen ryhmätyöskentely taitoon ja erilaisten ongelmien määrittelyyn, sekä niiden ohjattuun omatoimiseen ratkaisemiseen. Yhtenä suu-rena kysymyksenä ongelmalähtöisen opettamisen soveltamisesta matematiikan opetukseen on se, että tarjoaako se opetusmenetelmänä matematiikassa riittä-vän kattavan teoreettisen pohjan eli siirtyvätkö yksittäisten ongelmien ratkaise-misessa tarvittavat matemaattiset työkalut ja käsitteet abstraktin tiedon tasolle riittä-vän tehokkaasti. Matematiikan abstraktin tiedon ymmärtämiseen liittyen ei ongel-mälähtöiselle opettamiselle ole tutkittua näyttöä lukioikäisillä. Asenteiden kehitys matematiikkaa kohtaan ja minäpystyvyyden paraneminen antavat epäsuoria viit-teitä siitä, että ongelmalähtöinen oppiminen parantaisi oppimistuloksia, erityisesti niillä oppilailla joiden asenteet tai heikko minäpystyvyyden tunne on esteenä op-pimiselle.

Uuden opetussuunnitelman tavoitteet ovat hyvin linjassa ongelmalähtöisen oppi-misen hyötyjen kanssa, mutta sen käyttöönottoa varjostaa epätietoisuus mones-ta asiasta. Avoimia kysymyksiä ongelmalähtöisen opettamisen soveltamisesta on oppimistulosten arvioinnin lisäksi myös se, mitkä osat ongelmalähtöistä oppimis-ta ovat kriittisiä. Näiden kohtien selvittäminen matematiikan opettamisen osalta voisi edesauttaa yhtenäisemmän mallin löytämisessä. Epäselvää on esimerkiksi se miten reaali maailman ongelmien käyttö suhteutuu abstrakteihin tutkimukselli-siin kysymyksiin, jos opetuksessa käytetään muutoin samanlaista mallia. Suurim-masta osasta tämän hetken tutkimusta puuttuu myös olennaisena osana opiskeli-joiden itsereflektio tai ainakanaa sitä ei olla osana tutkimuksia kontrolloitu. Ongel-mälähtöinen oppiminen kuulostaa myös aikaa vievältä mallilta, joten vaikka saa-vutettu oppiminen edustaisikin kaikkein syvintä oppimista, niin huolena on, että kaikkeen ei välttämättä ehditä soveltamaan näitä menetelmiä. Ongelmälähtöisen oppimisen tutkiminen rinnakkain perinteisten menetelmien kanssa antaisi tietoa myös siitä, ehditäänkö tätä mallia käyttämällä pääsemään samoihin oppimista-voitteisiin.

Viitteet

- [1] Amalia, E., Surya, E. and Syahputra, E., 2017. The effectiveness of using problem based learning (PBL) in mathematics problem solving ability for junior high school students. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 3(2)
- [2] Anthony, G. 1996. *Active Learning in a Constructivist Framework*. *Educational Studies in Mathematics* Vol. 31, No. 4. New York: Springer.
- [3] Barrows, H.S. 1996. Problem-based learning and problem solving. *PROBE. Newsletter of the Australian Problem-Based Learning Network* 15.
- [4] Barrows, H.S. & Tamblyn, R.W. 1980. *Problem-based learning: an approach to medical education*. New York: Springer.
- [5] Billet, S. 1996. *Situated learning: Bridging sociocultural and cognitive theorising*. Learning and instruction.
- [6] Boaler, J. 2002. *Experiencing School Mathematics : Traditional and Reform Approaches to Teaching and Their Impact on Student Learning*. Taylor & Francis Group
- [7] Boud, D. 1985. *Problem-based learning in education for the professions*. Sydney.
- [8] Boud, D. & Feletti, G. 1991 *The Challenge of Problem-Based Learning*. London: Kogan Page.
- [9] Boud, D. & Pascoe, J. (eds.) 1978. *Experiential learning: Developments in Australian Post-Secondary Education*. Sydney: Australian Consortium on Experiential Learning.
- [10] Calder, N. 2013, *Mathematics in Student-Centred Inquiry Learning: Student Engagement. Teachers and Curriculum. Volume 13*
- [11] Collins, A. Brown, J.S & Newman, S.E. 1989. *Cognitive apprenticeship: teaching the crafts of reading, writing and mathematics*. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
- [12] Darhim, Prabawanto, Sufyani, Bambang, E. 2020. The effects of Problem-Based Learning and Mathematical Problem Posing in Improving Student's Critical Thinking Skills. *International Journal of Instruction*.
- [13] Eraut, M. 1994 *Developing professional knowledge and competence*. London: Falmer Press
von Glasersfeld, E. von. 1995. *Radical Constructivism: a Way of Knowing and Learning*. London: The Falmer Press.
- [14] Haapasalo, L. 2004. *Oppiminen, tieto & ongelmanratkaisu*. Joensuu: Medusa

- [15] Kupias, P & Hätönen, H. 2000. Oppia opetusmenetelmistä . Helsinki: Educa-instituutti, Print.
- [16] Kolb, D.A. 1984. Experiential learning. Experience as a source of learning and development. Englewood Cliffs. N.J.: Prentice Hall
- [17] Langley, P., Simon, H.A., Bradshaw, G.L. & Zytow, J.M. 1987. Scientific discovery. Cambridge, Mass: MIT Press.
- [18] Masitoh, L. F. & Firtiyani, H. 2018. Improving Students' Mathematics Self-Efficacy through Problem Based Learning. Malikussaleh Journal of Mathematics Learning.
- [19] May, D. K. 2009. Mathematics self-efficacy and anxiety questionnaire. Doctor of Philosophy Disertation, University of Georgia
- [20] Merritt, J. , Lee, M. , Rillero, P. , & Kinach, B. M. 2017. Problem-Based Learning in K–8 Mathematics and Science Education: A Literature Review. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 11(2).
- [21] NCTM. 2021. NCTM-principles, Haettu osoitteesta <https://www.nctm.org/Standards-and-Positions/Principles-and-Standards/>.
- [22] NCTM. 2021. Common Core State Standards for mathematics, Haettu osoitteesta <https://www.nctm.org/ccssm/>.
- [23] Neale, Stephen. Facing Facts . Oxford: Clarendon, 2001. Print.
- [24] Opetushallitus. (2019). Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019. Helsinki: PunaMusta Oy.
- [25] Poikela, S. 2003. Ongelmaperustainen pedagogiikka ja tutorin osaaminen. Tampere: Cityoffset
- [26] Poikkeus, A-M. 2011. Itsesäätely sosiaalisten taitojen ja suhteiden perustana. Teoksessa T. Aro & M-L. Laakso (toim.) Taaperosta taitavaksi toimijaksi. Itsesäätelytaitojen kehitys ja tukeminen. Porvoo: Bookwell Oy.
- [27] Puolimatka, T. 2002 Opetuksen teoria: konstruktivismista realismiin. Helsinki: Tammi
- [28] Richardson, F. C. & Suinn, R. M. (1972). The Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometric data. Journal of Counseling Psychology.
- [29] Ryan, G.L. & Quinn, C.N. 1994. Cognitive apprenticeship and problem-based learning. Teoksessa Chen, S.E., Cowdroy, R.M., Kingsland, A.J. & Ostwald, M.J. Reflections on Problem Based Learning. Sydney: Australian PBL Network.
- [30] Ryle, G. 1949. The concept of mind. Chicago: University of Chicago Press.

- [31] Schettino, Carmel. 2011. Teaching Geometry through Problem-Based Learning. *The Mathematics teacher* 105.5: 346–. Print.
- [32] Schmidt, H.G. 1983. Problem-based learning: Rationale and description. *Medical Education* 17 (1).
- [33] Tynjälä, Päivi. Oppiminen tiedon rakentamisena: konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita . Helsinki: Kirjayhtymä, 1999. Print.
- [34] Shuell, T. 1987. Cognitive psychology and conceptual change: implication for teaching science, *Science Education* 71 (2).
- [35] Siriwat, R & Katwibun, D. 2017. Exploring Critical Thinking in a Mathematics Problem-Based Learning Classroom. Mathematics Education Research Group of Australasia.
- [36] Stockhausen, L. & Greedy, D. 1994. Journal Writing: Untapped Potential for Reflection and Consolitation. Teoksessa Chen, S. E., Cowdroy, R.M., King-land, A.J. & Ostwald, M.J. (eds) *Reflections on Problem based learning*. Sydney: Australian PBL Network.
- [37] Supatchana, S & Katwibun, D. 2019. 11th Grade Students' Self-Beliefs in a Mathematics Problem-Based Learning (PBL) Classroom. Mathematics Education Research Group of Australasia. MERGA.
- [38] Widyatiningtyas, R., Kusumah, Y.S., Sumarmo, U. and Sabandar, J., 2015. The Impact of Problem-Based Learning Approach to Senior High School Students' Mathematics Critical Thinking Ability. *Indonesian Mathematical Society Journal on Mathematics Education*, 6(2).
- [39] Woods, D.R. 1994. Problem-based learning. How to gain the most from PBL. Hamilton: McMaster University.
- [40] Zimmerman, B. J. 2000. Self efficacay: An essential motive to learn. *Contemporary educational Psychology*.