

OPINNÄYTETYÖ

JARI SÄKKINEN 2011

**PHOTOMOD 5.0 LITE ETÄOPETUKSESSA:
laitteistotekninen näkökulma**



**Rovaniemen
ammattikorkeakoulu**
University of Applied Sciences

MAANMITTAUSTEKNIikka

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

Maanmittaustekniikka

Opinnäytetyö

**PHOTOMOD 5.0 LITE ETÄOPETUKSESSA:
laitteistotekninen näkökulma**

Jari Säkkinen

2011

Toimeksiantaja Rovaniemen ammattikorkeakoulu

Ohjaaja Pasi Laurila

Hyväksytty _____ 2011 _____

Tekijä	Jari Säkkinen	Vuosi	2011
Toimeksiantaja Työn nimi	Rovaniemen ammattikorkeakoulu Photomod Lite etäopetuksessa: laitteistotekninen näkökulma		
Sivu- ja liitemäärä	59		

Työssä arvioitiin Photomod Lite -ohjelmiston soveltuvuutta kaukokartoituskurssin etäopetukseen Rovaniemen ammattikorkeakoulun maanmittaustekniikan koulutusohjelmassa. Soveltuvuutta tarkasteltiin ensisijaisesti teknisestä näkökulmasta arvioimalla ohjelman toimivuutta määritellyssä testikokoonpanossa, minkä lisäksi arvioitiin ohjelman käyttämisestä aiheutuvia suoria ja välillisiä kustannuksia opiskelijalle ja oppilaitokselle.

Ohjelman testaamiseksi määritettiin vertailukokoonpano, jonka tuli edustaa keskimääräistä opiskelijan käytössä olevaa tietokonetta. Vertailukokoonpanoksi valittiin vuoden 2008 keskihintainen kannettava tietokone, jonka perusteella määritettiin käytettävä testikokoonpano. Kaukokartoitus -kurssilla vaadittavien ohjelman eri toimintojen toimivuus varmistettiin testikokoonpanossa arvioiden samalla ohjelman käytettävyyttä ja soveltuvuutta opetuskäyttöön. Käytettävyyden perusteella pyrittiin lisäksi arvioimaan opetuksesta aiheutuvia kustannuksia.

Ohjelman eri toimintojen toimivuus testikokoonpanossa varmistui käytännön testien yhteydessä. Ohjelma sisälsi opetuskäytössä tarvittavat toiminnot, eikä niiden suorittamiselle testikokoonpanossa ollut esteitä. Testien perusteella voitiin todeta, ettei vertailukokoonpanoa vastaavassa laitteistossa ollut teknisiä puutteita, jotka täytyisi ottaa huomioon ohjelman opetuskäyttöä suunniteltaessa.

Ohjelman käytettävyys havaittiin opetuskäytössä riittäväksi ja opetuksesta oppilaitokselle tai opiskelijalle aiheutuvien kustannusten ei katsottu olevan esteenä ohjelman käytölle. Opettamisesta aiheutuvia kustannuksia voivat nostaa ohjelman mukana tulevan esimerkkiaineiston puutteet, jotka lisäävät kurssin esivalmisteluun tarvittavaa aikaa. Opiskelijalle aiheutuvien kustannusten todettiin aiheutuvan pääasiassa epäsuorina vaihtoehtoiskustannuksina, jotka ylittävät ohjelman opiskelusta aiheutuvat suorat laitteistokustannukset.

Author	Jari Säkkinen	Year	2011
Commissioned by	Rovaniemi University of Applied Sciences		
Subject of thesis	Photomod Lite in Distance Learning: Equipment Perspective		
Number of pages	59		

This study evaluated the distance learning feasibility of Photomod Lite on a remote sensing course in the Land Surveying Program at the Rovaniemi University of Applied Sciences. The feasibility was examined primarily from a technical point of view by evaluating the usability of the program in a defined test configuration. In addition, the direct and indirect costs to the student and the university resulting from the use of the program were assessed.

A reference assembly representing a student's average computer was defined to test the program. The reference assembly defined to represent a mid-priced laptop in 2008 was selected as a basis for the test configuration. The needed functionality of the software was verified in the test configuration while assessing its usability and suitability for teaching. The costs of education were estimated in relation to the usability of the software.

The usability of various functions of the software was confirmed in the tests. All the necessary functions were found and tested in the test configuration without major difficulties. The tests proved that there are no technical shortcomings in the reference assembly which should be taken into account when planning the educational use of the software.

The usability of the software was found sufficient for educational use. The costs for the university or to the student will not prevent the educational use of the software. Teaching costs may rise due to shortcomings in the example material available through the software, because it can increase the time required for the course development. Student costs were mainly indirect opportunity costs, which exceed direct hardware costs.

Key words

distance learning, photogrammetry

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	1
1.1 TUTKIMUKSEN TAUSTA.....	1
1.2 OPETUKSELLISET LÄHTÖKOHDAT.....	3
1.2.1 Etäopetus.....	3
1.2.2 Opetuskustannukset.....	6
1.2.3 Opetettavat menetelmät ja ohjelmat.....	9
1.3 FOTOGRAMMETRIA LAITENÄKÖKULMASTA.....	11
1.3.1 Kvasensorit.....	12
1.3.2 Kuvatulkinta ja -laitteisto.....	13
1.3.3 3D-esitystekniikat.....	15
1.3.4 Anaglyfitekniikan ongelmia.....	17
1.4 PHOTOMOD LITE 5.0.....	19
2 MENETELMÄT	20
2.1 TESTIKOKOONPANO.....	20
2.1.1 PC-laitteisto ja testikokoonpanon rajausta.....	20
2.1.2 Käyttöjärjestelmän rajausta.....	25
2.1.3 Photomod 5.0 Lite laitteistovaatimukset.....	27
2.1.4 Testauksen tekniset yksityiskohdat.....	28
2.2 MITATTAVAT INDIKAATTORIT.....	29
2.2.1 Kiintolevytilan tarve.....	30
2.2.2 Ohjelman asennus.....	30
2.2.3 Muistin käyttö.....	30
2.2.4 Suorittimen kuormitus.....	31
2.2.5 Näytönohjaimen ja näytön toiminta.....	31
2.2.6 Ohjelman toiminnot.....	31
2.2.7 Ohjelman rajoitukset.....	32
2.2.8 Ohjelmistotekninen yhteensopivuus.....	33
2.3 OHJELMAN ETÄOPETUS JA KUSTANNUKSET.....	33
3 TULOKSET JA ANALYYSI.....	34
3.1 MITTAUSTULOKSET.....	34
3.1.1 Kiintolevytilan tarve.....	34
3.1.2 Ohjelman asennus.....	35
3.1.3 Muistin käyttö.....	36
3.1.4 Suorittimen kuormitus.....	36
3.1.5 Näytönohjaimen ja näytön toiminta.....	37
3.1.6 Ohjelman toiminnot.....	39
3.1.7 Ohjelman rajoitukset.....	42
3.1.8 Ohjelmistotekninen yhteensopivuus.....	43
3.2 OHJELMAN ETÄOPETUS JA -KUSTANNUKSET.....	44
4 POHDINTA	50
4.1 TESTAUSINDIKAATTORIEN SOPIVUUS.....	50
4.2 TESTIKOKOONPANOJEN EDUSTAVUUS.....	52
4.2.1 Laitteisto.....	52
4.2.2 Käyttöjärjestelmä.....	53
4.3 SUOSITUKSET.....	53
LÄHTEET	55

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Osaamisen vaatimukset kasvavat jatkuvasti. Kehittyvä tekniikka ei ole vielä vapauttanut tästä kierteestä, vaikka science fiction -kirjallisuus on usein helpompia aikoja luvannutkin. Osaamisen vaatimusten täyttämiseksi on alettu puhua elinikäisestä oppimisesta, millä on vaikutuksensa myös suomalaiseen koulutusjärjestelmään. Tehokkuus ja osaamisvaatimusten yhdistämiseksi on alettu myös kehittää erilaisia oppimisen ja opiskelun muotoja, jotta erilaisissa elämäntilanteissa oleville ihmisille voitaisiin tarjota heidän tarpeisiinsa sopivia ratkaisuja. Usein ratkaisuja haetaan etäopetuksen kehittämisestä. Etäopetuksella on monia myönteisiä piirteitä, muttei sekään ole kaikilta osiltaan ongelmatonta.

Rovaniemen ammattikorkeakoulu tarjoaa etäopetusta useissa eri koulutusohjelmissa. Opetus on kohdennettu pääasiassa työssäkäyville aikuisopiskelijoille, joilla on usein pitkä kokemus opiskelemaltaan alalta. Opetus järjestetään iltaisin verkon kautta tapahtuvana etäopetuksena ja pääasiassa viikonloppuisin järjestettävänä lähijaksoina. Tulevaisuudessa etäopetusta on tarkoitus kehittää niin, että opetuksen kohderyhmää laajennetaan myös nuorten päiväopetukseen.

Etäopiskelu asettaa haasteen niin oppilaitokselle kuin opiskelijallekin. Opetuksen tulisi olla etäopetuksessa laadullisesti samalla tasolla kuin lähiopetuksessa. Tämän vaatimuksen takia opetussisältöjen tulisi olla molemmissa sellaisia, että opiskelijat voivat saavuttaa kurssille asetetut tavoitteet. Lähiopetukseen käytettävät resurssit voivat kuitenkin olla huomattavasti suuremmat kuin etäopetukseen on mahdollista osoittaa. Erityisen selvästi tämä tulee ilmi opetukseen käytettävien laitteistojen ja ohjelmistojen osalta.

Etäopetuksen järjestäminen vaati opetuksesta vastaavalta taholta resursseja ja panostuksia opetusta tukeviin teknisiin järjestelmiin ja materiaaleihin, tekniseen tukeen, kurssien laadintaan, opettamiseen ja opintojen ohjaukseen. Opiskelijan kannalta tärkeälle sijalle nousevat opiskelun aiheuttamat rahalliset kustannukset. Näitä tuovat muun muassa panostukset oppimateriaaliin,

laitteistoihin, yhteyksiin ja erityisesti ohjelmistoihin. Maanmittauksen opetuksessa tarvittavat ammattimaiset ohjelmistot voivat maksaa tuhansia euroja, mikä on useimmille opiskelijoille ylitsepääsemätön summa.

Mikäli opiskelusta aiheutuvia kustannuksia ei voida rajoittaa, voi kynnys opiskeluun nousta korkeaksi. Siksi on tarpeen hakea edullisia, mutta opetuksen vaatimukset täyttäviä ohjelmistoja. Tämän tutkimuksen huomio kiinnittyykin erään kaukokartoituksessa käytettävän ohjelmiston, Photomod 5.0:n ilmaiseen lite-versioon sekä sen opetuksen ja etäopiskelun vaatimiin resursseihin. Näistä käsitellään pääasiassa tekniseen osa-alueeseen kuuluvia tekijöitä, mutta myös teknisiin seikkoihin yhteydessä olevia kustannuksia.

Työssä pyritään selvittämään erityisesti ohjelman laitteistolle asettamia vaatimuksia, koska niitä voi pitää kynnyskysymyksenä ohjelman käytölle. Resurssivaatimuksiltaan kova ohjelmisto vaatii tehokkaan laitteiston, jollaisen hankkiminen nostaa opiskeluun osallistumisen kynnystä erityisesti sen vaatiman rahallisen panostuksen takia. Osallistumiskynnys voi nousta suureksi, jos opiskelija katsoo laitteiston olevan muuten ajan tasalla ja riittävän tehokas täyttämään opiskelijan tietotekniset tarpeet.

Lisäksi työssä pyritään tarkastelemaan ohjelman käytettävyyttä niin opiskelijan kuin opetuksenkin näkökulmasta. Samalla tarkastellaan hiukan myös ohjelman opetuksesta ja etäopiskelusta syntyviä kustannuksia. Kustannuksiksi katsotaan myös opiskelun, opettamisen ja ohjelmiston aiheuttamat vaihtoehtoiskustannukset, joita voi aiheutua ohjelman käytettävyyden tai omalaatuisuuden takia.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Tarpeen työssä tehtävälle selvitykselle antoivat opetuksen- ja etäopetuksen kehittämissuunnitelmat, joiden tarkoituksena on tehostaa kaukokartoituksen opiskelua ja mahdollistaa etäopiskelussa samat laadulliset kriteerit täyttävä opetus. Käytännössä tämä merkitsee ohjelmistojen ja opetusmetodien yhdenmukaistamista, mikä on mahdollista vain ottamalla käyttöön uudistuneet vaatimukset täyttävä ohjelmisto.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää opetuskäyttöön hankittavaksi suunnitellun Photomod Lite 5.0 -ohjelman käyttömahdollisuuksia etäopetuksessa maanmittaustekniikan koulutusohjelmassa. Työssä keskitytään ensisijaisesti ohjelman teknisten vaatimusten testaamiseen sekä sen käyttötarkoitukseen soveltuvuuden ja käytettävyyden arviointiin.

Soveltuvuuden arvioimiseksi tarkastellaan myös etäopetuksen piirteitä ja niiden ohjelmistolle asettamia vaatimuksia. Näitä vaatimuksia pyritään peilamaan Photomod Lite 5.0 -ohjelman käytettävyyteen sekä ominaisuuksiin. Käytettävyyttä lähestytään testaamalla ohjelmistolla opetuksessa käytettäviä menetelmiä ja tarkastelemalla samalla niiden toimivuutta, käytönaikaisia ohjeita ja ohjekirjaa.

1.2 Opetukselliset lähtökohdat

1.2.1 Etäopetus

Etäopetuksella voidaan nykyään katsoa tarkoitettavan ensisijaisesti tietoverkkojen välityksellä tapahtuvaa ohjattua toimintaa, jossa opetus ja opiskelija eivät ole sidottu paikkaan eivätkä hyvin usein myöskään aikaan. Etäopetus alkoi kehittyä tekniikan kehityksen ja sen luomien mahdollisuuksien mukana 1980-luvulla, jolloin lähdettiin tietoisesti kehittämään monimuoto-opetusta ja mahdollistettiin korkeakouluopiskelu myös yliopistopaikkakuntien ulkopuolella. (Mannisenmäki–Manninen 2004,13–14.) Historiallisesti tarkasteltuna sen voidaan katsoa kehittyneen kirjekurssi-muotoisesta opetuksesta, jonka katsotaan alkaneen joko Wisconsinin yliopistosta Yhdysvalloista tai Pitmanin kirjekurssikoulusta Iso-Britanniasta (Rumble–Latchem 2004: Bramblen ja Santoshin (2008) mukaan).

Lukuisten kehitysvaiheiden kautta etäopetus kehittyi Internet-pohjaiseksi 1990-luvun puolenvälin tienoilla. Tähän vaikutti ensisijaisesti www:n kehitys, jonka avulla tietokoneen rooli muuttui enemmän välineelliseksi. Tietokoneesta tuli yhä enenevässä määrin opetus-, opiskelu-, viestintä-, ja työväline. (Mannisenmäki–Manninen 2004,13–14.)

Verkkoa voidaan käyttää opetukseen monin tavoin. Mannisenmäki (Mannisenmäki–Manninen 2004) luokittelee tutkimuksessaan verkko-opiskelun kolmeen luokkaan opetuksessa käytettävän materiaalin, verkko-opiskelun kokonaisuuden ja käytettävien menetelmien mukaan. A-tyyppin kursseissa verkkoa käytetään opetuksen tukena ja pedagogisesti sen rooli on vähäinen. Mannisenmäen mielestä tässä tapauksessa tulisikin ensisijaisesti puhua monimuoto-opetuksesta. B-tyyppin kursseissa 60–80 % opetuksesta on järjestetty verkossa. Käytettävä aineisto on pääosin verkossa, kuten myös opiskeluun liittyvät tehtävät ja vuorovaikutus. Kurssi voidaan myös tenttiä verkossa. C-tyyppin kursseilla lähes kaikki opetus ja vuorovaikutus tapahtuu verkon välityksellä. (Mannisenmäki–Manninen 2004,15–16.) Käytännössä eri opetus-tyyppien rajat ovat häilyviä, mutta erilaisten tyyppien avulla voidaan jäsentää verkko-opetuksen vaatimuksia materiaalille, oppilaille, opettajille ja muille opetukseen sidoksissa oleville tahoille (Kalliala 2002, 20).

Kurssien suunnitteluun ja aineistojen valmistamiseen tulee verkko-opetuksessa kiinnittää erityistä huomiota. Kehittämisen voi tehdä kurssin opettaja tai suunnitteluryhmä, johon voi kuulua usean eri alan asiantuntijoita. Ajallisesti kurssin kehittämiseen voi kuluu viikoista aina kuukausiin riippuen siitä, millaisia vaatimuksia kurssille on asetettu. Suunnittelussa tulee erityisesti kiinnittää huomiota kurssin kohderyhmään, jolle opetus on tarkoitus suunnata. (Kalliala 2002, 60.)

Kurssin tavoitteiden asettelussa tulisi ottaa huomioon kohderyhmän osaaminen, jolloin opetus voidaan suunnitella poluksi nykyisen osaamisen ja tavoiteltavan osaamisen välille. Lähtökohtien ja tavoitteiden selvittyä laaditaan karkea suunnitelma, jota lähdetään tarkentamaan kurssisisältöjen ja aihekokonaisuuksien sekä niihin liittyvien tehtävien osalta. Tarkennetun suunnitelman pohjalta muovautuu lopulta kurssin käsikirjoitus, jossa verkkokurssin eri osat kuvataan tarkoin. Sen perusteella voidaan suunnitella kurssilla käytettävä opetusmateriaali. Ennen käyttöönottoa tulisi verkkokurssia testata, minkä lisäksi sitä tulisi jatkuvasti kehittää opiskelijoilta saadun aiheellisen palautteen perusteella. (Kalliala 2002, 61–63.)

Verkko-opetuksessa opettajan tekemä etukäteissuunnittelu korostuu, koska kurssi on rakennettava valmiiksi ennen opetuksen aloittamista. Tällöin myös opettajan rooli muuttuu. (Nevgi–Tirri 2003, 51.) Opettajan rooliksi tulee perinteisestä valta-auktoriteettia korostavasta roolista poiketen oppilaiden tuki ja ohjaaja. Opettaja säilyttää silti asiantuntijan roolinsa, antaen tietotaitonsa oppilaiden käyttöön. (Mannisenmäki–Manninen 2004, 17.) Toisaalta opettajan roolia avaamalla voidaan siitä erottaa viisi toisistaan poikkeavaa roolia: motivoija, verkottaja, organisoija, viestijä ja ohjaaja. Etäopiskelu vaatii opiskelijalta parempia itsesäätelyn ja motivoinnin taitoja kuin perinteinen lähiopetus. Opettajan tehtävänä onkin innostaa, rohkaista ja motivoida oppilaitaan. Koska perinteiset keinot eivät verkko-opetuksessa toimi, on opettajan kyettävä luomaan käytäntöjä, jotka luovat kurssille yhteenkuuluvuuden tunnetta. Kursseilaisia voi myös yrittää verkottaa muodostamalla samoista asioista kiinnostuneista opiskelijoista ryhmiä ja hakemalla kurssille asiantuntijayhteyksiä. Luonnollisesti kurssimateriaalin ja aikataulujen organisointi kuuluu opettajan tehtäviin. Ohjatessaan oppilaita eri keinoin toimii verkkokurssin opettaja samalla niin mentorina kuin viestijänäkin. (Tella 2001: Nevgi–Tirri 2003, 54–55 mukaan.)

Etäopetuksen ongelmana saattaa perinteisiin opetusmenetelmiin verrattuna olla vuorovaikutuksen muuttuminen tekstipohjaiseksi, jonka vuoksi monet hyvät viestinnälliset elementit jäävät käyttämättä. Tekstipohjaisen viestinnän hyviä puolia ovat opiskelijan kognitiivisten taitojen kehittyminen ja asioiden syvempi ymmärrys. Tämä johtuu ensisijaisesti siitä, että kirjoitettaessa ajatukset jäsentyvät täsmällisemmin kuin puhuttaessa. (Mannisenmäki–Manninen 2004, 17.)

Verkossa tapahtuva opetus voidaan Mäkelän (2010, 65) mukaan määritellä myös sen institutionaalisen suhteen kautta. Hän erottaa toisistaan formaalin, informaalin ja nonformaalin koulutuksen. Näillä käsitteillä tarkoitetaan oppimiseen liittyvien menetelmien suhdetta vallitsevaan tutkintojärjestelmään. Formaali oppiminen on virallisen koulutusjärjestelmän sisällä tapahtuvaa oppimista, joka tapahtuu opetussuunnitelman mukaisten tavoitteiden ja suoritustapojen mukaan. Oppiminen todennetaan arvioinnein, todistuksin ja tutkinnoin. Informaali oppiminen tapahtuu usein tiedostamattomasti oppijan

omista lähtökohdista arkisen aherruksen lomassa, eikä sillä ole institutionaalista asemaa formaalin oppimisen tapaan. Samalla tavalla ilman formaalista asemaa olevasta nonformaalista informaalin oppiminen eroaa siinä, että nonformaalissa oppimisessa oppiminen vastaa tavoitteiltaan ja toteutukseltaan formaalia oppimista, mutta se ei valmista mihinkään tutkintoon. (Mäkelä 2010, 65.)

Formaaliin tutkintolähtöiseen koulutukseen liittyy usein monenlaisia vaatimuksia. Erityisesti nämä vaatimukset tulevat ilmi silloin, kun koulutuksella saadaan yleistä pätevyyttä spesifisempi ammattialakohtainen pätevyys, jollainen maanmittausalalla saavutetaan suorittamalla joko insinöörin (AMK) tai diplomi-insinöörin tutkinto. Koska tutkinto kohdentuu rajatulle tehtäväkentälle, on tutkintovaatimusten mukaisen osaamisen oltava sopivaa ja riittävän syvälistä kyseisten tehtävien hoitamiseen. Tällä on vaikutusta niin kurssien sisältöön kuin vaadittaviin opetusmetodeihin. Laadullisesti eri opetusmetodeilla saavutettavien tulosten tulisi olla lähellä toisiaan, minkä lisäksi kustannusten jakautumista oppilaitoksen ja opiskelijoiden kesken tulisi pystyä hallitsemaan.

1.2.2 Opetuskustannukset

Etäopetus, kuten muutkin opetuksen muodot, aiheuttaa opetuksen järjestäjälle kustannuksia. Samalla tavalla etäopetus aiheuttaa kustannuksia myös oppilaalle. Kustannukset eivät ole välttämättä suoraan rahassa mitattavia. Ne voivat koostua esimerkiksi opiskelun, opetuksen ja kurssien suunnittelun vaatimasta ajasta tai oppilaan tai opettavan organisaation suorista laitekustannuksista ja yhteyksien vaatimista investoinneista.

Etäopetuksesta syntyviä kustannuksia voidaan pyrkiä mittaamaan eri tavoin. Kustannusten arvioinnissa taustalla on usein pyrkimys kustannusten minimointiin niin, että hyvät oppimistulokset olisivat vielä saavutettavissa. Tällöin täytyy pystyä arvioimaan myös oppimistulosten laatua ja erilaisten tekijöiden aiheuttamia kustannuksia (Bramble–Santosh 2008, 7).

Kustannuksia aiheuttavat muun muassa kurssien suunnittelu, opetukseen käytettävä laitteisto ja oppimateriaali, oppilaan ohjaus, etäopetuksen ja lähiopetuksen kustannusten vertailu ja etäopetuksen rahoitukseen liittyvät teki-

jät (Rumble 1997: Bramble–Santosh 2008, 7–8 mukaan). Erityisen tärkeäksi kustannustekijäksi etäopetuksessa nousee kurssien suunnittelu ja toteutus, joka on usein ylittää varsinaisen opettajan aiheuttamat kustannukset. Vuorovaikutuksen lisääminen luo vaatimuksia opetukseen käytettävän laitteiston suhteen ja vaatii lisää resursseja myös opetukseen. (Bramble–Santosh 2008, 8.)

Vertailtaessa etäopetuksesta aiheutuvia kustannuksia voidaan niitä luokitella paremman kokonaiskuvan muodostamiseksi. Luokitteluna voidaan käyttää jakoa tuotanto ja toimituskuluihin sekä hankinta- ja ylläpitokuluihin. Lisäksi voidaan erotella kiinteät ja vaihtuvat kustannukset. Hankinta- ja ylläpitokuluihin kuuluvat muun muassa laitteistojen ja ohjelmistojen hankintakulut ja niiden ylläpitoon tarvittavan henkilöstön palkat, yhteydenpitokulut sekä kurssien kehittämiseen tarvittava materiaali. (Bramble–Santosh 2008, 10.)

Erilaisia kustannuksia voidaan myös pyrkiä tarkastelemaan yhteismitallisesti, jolloin niiden vertailu mahdollistuu. Kustannus-hyöty -analyysillä voidaan arvioida etäopetuksen toteutettavuutta. Tällöin tulee kuitenkin pystyä arvioimaan toteutuksesta syntyvät kustannukset ja sillä mahdollisesti saavutettavat hyödyt. Kustannustehokkuuden arvioinnissa pääpaino on opetukseen käytettyjen panosten ja saavutettujen tuotosten välisen suhteen selvittämisessä. Etäopetuksen tapauksessa tämä voi tarkoittaa opetukseen sijoitettujen kustannusten suhdetta kurssin suorittaneisiin oppilaisiin. Lisäksi voidaan pyrkiä arvioimaan opetuksesta syntyviä hyötyjä. Tämä voi olla vaikeaa, koska opetuksesta koituvat hyödyt realisoituvat usein vasta pidemmän ajan kuluessa esimerkiksi parempana urakehityksenä. (Bramble–Santosh 2008, 10.)

Kustannustehokkaiden opetusmenetelmien vertailu on etäopetuksessa usein vaikeaa, koska opetuksella saavutettujen hyötyjen mittaamiseen on vaikea kehittää hyviä mittareita. Usein ongelmaa pyritään lähestymään vertailemalla erilaisia opetusmenetelmiä ja niiden kustannuksia keskenään. Kuluja voidaan pyrkiä arvioimaan myös tarkastelemalla investointihyötyä. Tällöin kuitenkin on pystyttävä arvioimaan opetuksen hyödyt, mikä todettiin jo aiemmin hankalaksi. Eräs tapa on antaa oppilaiden asettaa itselleen tavoitteita ja seurata niiden tavoitteiden täyttymistä. (Bramble–Santosh 2008, 11.)

Kustannusten ja laadun suhde etäopetuksessa on, kuten monessa muussakin asiassa, suoraan verrannollinen. Sijoittamalla opetukseen enemmän resursseja saadaan aikaan parempaa laatua. Tämä tulisi pitää mielessä opetuksen kustannuksia arvioitaessa. Lisäksi tulee havaita, että etäopetuksella on saavutettavissa skaalaetuja. Opetuksen kiinteät kustannukset opetusyksikköä kohti laskevat, kun opetuksen piiriin tulee enemmän opiskelijoita. (Inggris 2008, 132–133.) Opetuksen järjestämisen kustannuksia voidaan jakaa kurssi- tai organisaatiotasolla. Kurssitasolla kustannuksia voidaan jakaa opettamalla samaa kurssia useammalle vuosikurssille, kun taas organisaatiotasolla opetuksen vaatiman infrastruktuurin kustannuksia voidaan jakaa kaikille etäopiskelijoille. (Ashende 1987: Inglisin 2008, 135 mukaan.)

Tarkasteltaessa etäopetusta ja opetusta yleensä laajemmasta perspektiivistä täytyy kiinnittää huomiota sen yhteiskuntaan ja yksilöön kohdistamiin taloudellisiin vaikutuksiin. Taloudellisia vaikutuksia voidaan tarkastella opiskelijan, oppilaitoksen ja yhteiskunnan sijoituksilleen saaman koron avulla, koulutuksen opiskelijalle luoman jälleenmyyntiarvon avulla tai opiskelijan maksuhalukkuuden perusteella. Lisäksi voidaan tarkastella opiskeluinvestointiin liittyvää riskiä. (Simpson 2008, 163.)

Opiskelusijoitukselle saatavalla tuotolla tarkoitetaan opiskeluun sijoitettujen rahallisten panosten ja tutkinnosta saatavan rahallisen hyödyn välistä suhdetta. Sijoitukselle saatava tuotto voidaan laskea tai arvioida niin opiskelijalle kuin oppilaitokselle tai yhteiskunnalle. Ollakseen hyödyllistä sijoitukselle saatavan tuoton tulisi olla positiivinen. Yleisesti väitetään, että sijoituksella korkeampaan opetukseen voidaan saavuttaa niin yhteiskunnan, oppilaitoksen kuin opiskelijankin kannalta positiivinen tuotto. (Simpson 2008, 163).

Warwickin yliopistossa Iso-Britanniassa tehdyn tutkimuksen mukaan yliopistoista valmistuneet tienaavat elinaikanaan keskimäärin noin 268 000€ enemmän, kuin vähemmän koulutetut (Walker–Zhu 2003: Simpson 2008, 164 mukaan). Koulutukseen käytettyihin investointeihin verrattuna se merkitsee kuusinkertaista tuottoa. Toinen keino mitata tutkinnon arvoa rahallisesti on sen ”jälleenmyyntiarvo”. Tutkinnon jälleenmyyntiarvo on yhteydessä sen

tuomaan ansiotasoon ja liittyy se liittyy siten läheisesti koulutusinvestoinnin tuottoon. Toisilla tutkinnoilla investoinnin elinikäiset tuotot voivat jäädä alle tutkintoon käytetyn summan. Tällöin tutkinnon jälleenmyyntiarvo on pienempi kuin sen hankkimiseen käytetty summa. Suurin kustannus tutkinnossa on yleensä menetetty työtulo opiskelun aikana. (Simpson 2008, 165–166).

Etäopiskellen United Kingdom Open University:stä valmistuneille tehdyn tutkimuksen mukaan heidän palkkansa kohosi tutkinnon jälkeen 15 % keskimääräistä suuremmasta 22 % keskimääräistä suuremmaksi. Tutkinnosta saatava hyöty jää pienemmäksi kuin valmistuneilla yleensä. Usein etäopiskelijoilla on myös vähemmän aikaa jäljellä työelämässä, jossa investoinnin hyötyä ansaitaan. Jos otetaan huomioon, että etäopiskelija usein työskentelee tutkinnon suorittamisen ohessa, on etäopiskellen tehdyn tutkinnon kustannus opiskelijalle pienempi kuin päiväopiskelijalle. Koska kustannukset opiskelijalle ovat pienemmät, voi tuotto investoinnille nousta suuremmaksi kuin päiväopiskelijalla. (Woodley–Simpson 2001: Simpsonin 2008 mukaan.)

1.2.3 Opetettavat menetelmät ja ohjelmat

Photomod Lite 5.0 -ohjelmaa on tarkoitus käyttää maanmittaustekniikan koulutusohjelman nykyisen opetussuunnitelman mukaisen kaukokartoituskurssin opetuksessa. Kurssilla pyritään tutustumaan nykyaikaisiin kuvaustekniikoihin sekä digitaalisten kuvien ja aineistojen käyttöön mittauksissa. Koska oppilaitoksella ei ole nykyaikaisia kuvamittausjärjestelmiä, painotetaan teoreettista tietämystä fotogrammetrian eri osa-alueista ja tutkimuksellista otetta tiedonhankkimiseen. (Laurila 2010a.) Lisäksi kurssin tarkoituksena on antaa opiskelijalle selkeä mielikuva kuvanmuodostukseen liittyvistä fysikaalisista sekä geometrisistä ilmiöistä ja periaatteista. Käytännössä Photomod Lite 5.0 -ohjelmaa käytettäisiin erityisesti visuaalisen sekä automaattisen kuvatulkinnan opetuksessa. Opiskelijan tulisi myös oppia kurssin aikana kuvien mittaamiseen liittyvät geometriset ja mittausteknilliset periaatteet. Opiskelijan tulee osata kaukokartoituskuvien tulkinnan lisäksi myös suunnitella kartoituskuvauksia. (SoleOPS 2010.)

Asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa usealla eri tavalla, minkä lisäksi lähi- ja etäopetukseen käytettävät tekniikat voivat erota huomattavasti sen mukaan

miten kurssien sisällöt on määritelty. Opetuksessa pyritään usein saavuttamaan asetetut tavoitteet mahdollisimman hyvin, mikä käytännössä merkitsee aineistojen ja ohjelmistojen tehokasta hyödyntämistä. Nopean teknisen kehityksen takia monet opetuksen tukena käytettävät aineistot ovat kuitenkin vanhentuneet, jolloin kurssin opettamisesta on tullut vaikeampaa. (Laurila 2010a).

Aineistojen puutteista huolimatta kurssivaatimuksia ei ole tarkoituksenmukaista muokata vastaamaan olemassa olevia aineistoja. Vaatimusten aineistoa ja kurssilla käytettävän ohjelman ominaisuuksia kohtaan tulee olla sidoksissa kurssille asetettuihin tavoitteisiin, joiden tulisi kuvastaa työelämän vaatimuksia. Työelämälähtöiset tavoitteet voivat olla erityyppisiä erilaisille kohderyhmille suunnatuilla kursseilla. Photomod Lite 5.0 -ohjelmaa on suunniteltu käytettäväksi niin lähi- kuin etäopetuksessakin, joten vaatimukset toimintojen suhteen voivat vaihdella. Kurssille asetettujen alustavien vaatimusten mukaan tulisi opetuksessa käytettävällä ohjelmalla voida suorittaa seuraavia toimintoja:

- esittää erilaisilla antureilla tuotettuja kuvia.
- katsella kuvia kolmiulotteisesti.
- orientoida kuvat.
- mitata piste-, viiva- ja aluekohteita.
- siirtämään tiedot paikkatieto tai CAD-ohjelmaan. (Laurila 2010b.)

Käytännössä ohjelmalta vaaditaan peruskartoitustyössä vaadittavia ominaisuuksia, jotka löytyvät kaikista fotogrammetriaan keskittyvistä ohjelmistoista. Opiskelijoiden käytössä oleva laitteisto voi asettaa omat rajoituksensa ohjelman käytölle, minkä takia on tärkeää varmistaa ohjelmiston tiettyjen osien toimivuus hiukan vanhemmassa laitteistossa.

Fotogrammetriaohjelmistoilla tuotetuilla aineistoilla on monia eri käyttökohteita. Aineistoja tulee pystyä käyttämään ja muokkaamaan hyvin erilaisilla ohjelmistoilla, jotta niitä voidaan hyödyntää täysipainoisesti. Sen takia on tärkeää, että aineistoja voidaan sujuvasti siirtää eri ohjelmistojen välillä. Tähän tarpeeseen on kehitetty erilaisia siirtoformaatteja, mutta usein ohjelmat luke-

vat useita muiden ohjelmien tuottamia formaatteja, minkä lisäksi niillä tuotetut aineistot voidaan tallentaa useissa eri formaateissa. Toisaalta ohjelmistot ovat kehittyneet monipuolisemmiksi, joten fotogrammetriaan suunnitelluilla ohjelmistoilla voi suorittaa myös perinteisesti paikkatieto-ohjelmilla suoritettuja toimintoja.

Rovaniemen ammattikorkeakoulussa opetuskäytössä olevista ohjelmista yhteensopivuus tulisi saavuttaa joko ArcGIS tai MapInfo paikkatieto-ohjelmistojen kanssa. Yhteensopivuus toisen kanssa mahdollistaa tiedostoformaatin muunnoksen niin, että aineisto voidaan viedä myös toiseen ohjelmista. Käytännössä tämä mahdollistaa tiedon siirtämisen myös autoCADiin.

1.3 Fotogrammetria laitenekökulmasta

Fotogrammetria katsotaan kaukokartoituksen erityisalueeksi, jossa valokuvilta mittaamalla määritetään kohteiden sijaintia, muotoa ja kokoa (Laurila 2010a). Fotogrammetrisellä analyysillä voidaan lisäksi saada tietoa etäisyyksistä, alueista ja korkeussuhteista, minkä perusteella voidaan tehdä korkeusmalleja, ortokuvia ja teemakarttoja sekä muita karttatuotteita. (Lillesand–Kiefer 2000, 125.)

Aiemmin fotogrammetriassa on hyväksikäytetty lentokoneesta otettuja ilma-valokuvia. Nykyisin käytetään yhä enemmän satelliittikartoitusta ja muita vastaavia menetelmiä, minkä takia fotogrammetrian ja satelliittikartoituksen yhteydessä on alettu käyttää enenevässä määrin termiä kaukokartoitus. Puhuttaessa kaukokartoituksesta täytyy kuitenkin muistaa, että arkikielessä kaukokartoituksella voidaan tarkoittaa myös satelliittikuvilta tapahtuvaa kohteiden laadullisten ominaisuuksien analyysiä. (Laurila 2008, 1–2.)

Ilmavalokuvat otetaan usein keskusprojektiossa, jolloin niiden avulla voidaan selvittää kohteiden kolmiulotteinen muoto. Muodon selvittämisessä hyödynnetään ihmisen luonnollista kykyä havaita ympäristö kolmiulotteisena stereoskooppisen näkökyvyn avulla. (Laurila 2008, 1.) Otettaessa kaksi kuvaa samasta kohteesta, mutta hiukan eri kohdista, kohteet kuvautuvat hiukan eri perspektiivistä. Sama voidaan havaita sulkemalla vuorotellen molemmat sil-

mät. Tätä perspektiivin vaikutusta kuvan eri objektien kuvautumiseen kutsutaan stereoskooppiseksi parallaksiksi. (Campbell 1996, 78.)

Parallaksi heikkenee etäisyyden kasvaessa, minkä takia sitä voidaan käyttää etäisyyksien tai korkeuden mittaamiseen. Ilmakuvilla parallaksi saavutetaan ottamalla kuvia niin, että ne limittyvät lentosuunnassa yli 50 %. Tällöin jokainen kohde kuvautuu ainakin kahdelle ilmakuvalle ja stereokuva voidaan muodostaa. (Campbell 1996, 79.) Ilmakuvia tarkasteltaessa kolmiulotteinen vaikutelma saavutetaan stereoskoopilla, jonka avulla kuvia voidaan katsoa niin, että molemmat silmät näkevät eri kuvan. Vastaavaan tekniikkaan perustuvia monimutkaisempia instrumentteja ovat esimerkiksi stereoplotterit, joilla kolmiulotteinen näkymä, stereomalli, muodostetaan. (Campbell 1993, 39.) Nykyisin käytetään pääasiassa digitaalista kuvankäsittelyä ja stereotyöasemia (Laurila 2008, 29).

1.3.1 Kuvasensorit

Kaukokartoituksessa kuva-aineiston tuottamiseen käytetään nykyään erilaisia kameroita, keilaimia ja tutkia. Filmille kuvaava kamera on kuvanmuodostuksen geometrialtaan yksinkertaisin ilmakuvauslaite. Sen kuva muodostuu keskusprojektionmukaisesti valotushetkellä. Digitaalisissa kameroissa kuvanmuodostus on monimutkaisempaa, esimerkiksi matriisikameroissa kuva muodostuu useasta eri osasta. Kameroiden lisäksi käytetään erityyppisiä keilaimia, joissa kuva muodostetaan kuva-alkio kerrallaan keilaamalla lentosuunnassa tai kohtisuorassa sitä vasten. Tutka eroaa edellisistä havainnoimalla itse lähettämäänsä sähkömagneettista pulssia. (Laurila 2010a.)

Kartoitusmittauksissa tuotetut ilmakuvat tuotetaan nykyisinkin usein analogisin sensorein (Laurila 2008, 20). Esimerkiksi Blom-kartta käyttää Euroopan laajuisesti kahdeksaa digitaalista ja 15 analogista ilmakuvauskameraa (Blom-kartta 2010). Ilmakuvauskameroissa käytetään yleisesti 23 cm x 23 cm kuvakokoa (Laurila 2008, 20; Campbell 1996, 70). Koko on yleinen, koska se kätevä käsittelyssä ja varastoinnissa. Se helpottaa myös kuvien valmistusta, koska kuvat voidaan valottaa suoraan negatiivilta ja laatua huonontavilta suurennoksilta voidaan välttyä. (Campbell 1996, 70.)

Digitaaliset sensorit poikkeavat toiminnaltaan ilmakehuvauskameroista. Kameran tapaan toimivaa, keskusprojektioon perustuvaan digitaalista ilmakehuvauskameraa ei ole vielä pystytty rakentamaan, koska riittävän erottelukyvyn kuvakennon valmistaminen on ongelmallista. Korvatakseen filmin tulisi kuvakennon olla erottelukyvyltään 15000x15000 kuva-alkiota tai tarkempi. Riittävän tarkasta kuvamatriisista tulisi niin suuri, ettei sen jäähdyttäminen onnistuisi nykyisellä tekniikalla. (Laurila 2008, 29.)

Digitaaliset ilmaisimet ovat rakenteeltaan lentosuunnan keilaimia tai matriisikameroita. Niiden kuvanmuodostus ei perustu keskusprojektioon. Lentosuunnan keilaimella suoritettujen kuvauksien mukainen stereoskooppinen mitaus tapahtuu kolmen kuvan avulla. Matriisikameran kuva muodostuu useasta pienen digitaalisen kameran ottamasta kuvasta, jotka liitetään toisiinsa. Rivikameraan verrattuna rakenne on monimutkainen. (Laurila 2008, 30.)

Eri sensoreilla tuotetuilta kuvilta erottuvien yksityiskohtien määrää voidaan vertailla yksityiskohtien lukumäärää kuvaavan erotuskyvyn eli resoluution avulla. Erotuskyvyllä tarkoitetaan puhekielessä pienintä kohteen yksityiskohtaa, joka kuvalta on havaittavissa. Käytännössä asia on monimutkaisempi, mutta erotuskyvyllä voidaan ajatella mitattavan optisen järjestelmän yksityiskohtien toiston ääriarvoa. Sovelluksesta riippuen erotuskykyä tärkeämpiä voivat olla väriherkkyys, kontrastisuus ja valoherkkyys. Analogisilla ilmakehuvauskameroilla kaikkiin näihin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa filmivalinnalla. (Laurila 2008, 26–27.) Digitaalisessa kuvauksessa kuvaan vaikuttavat kuvamatriisin ja optiikan lisäksi myös kuvanmuodostukseen käytetyt menetelmät.

1.3.2 Kuvatulkinta ja -laitteisto

Kuvatulkinnassa pyritään selvittämään kaukokartoituskuville näkyvien kohteiden laadullisia ominaisuuksia. Tulkinta perustuu ihmisen näkö- ja päättelykykyyn tai automaattiseen, numeeriseen tulkintaan. Automaattisen tulkinnan kehittymisestä huolimatta uskotaan visuaalisen kuvatulkinnan säilyttävän asemansa myös tulevaisuudessa. (Laurila 2008, 32.)

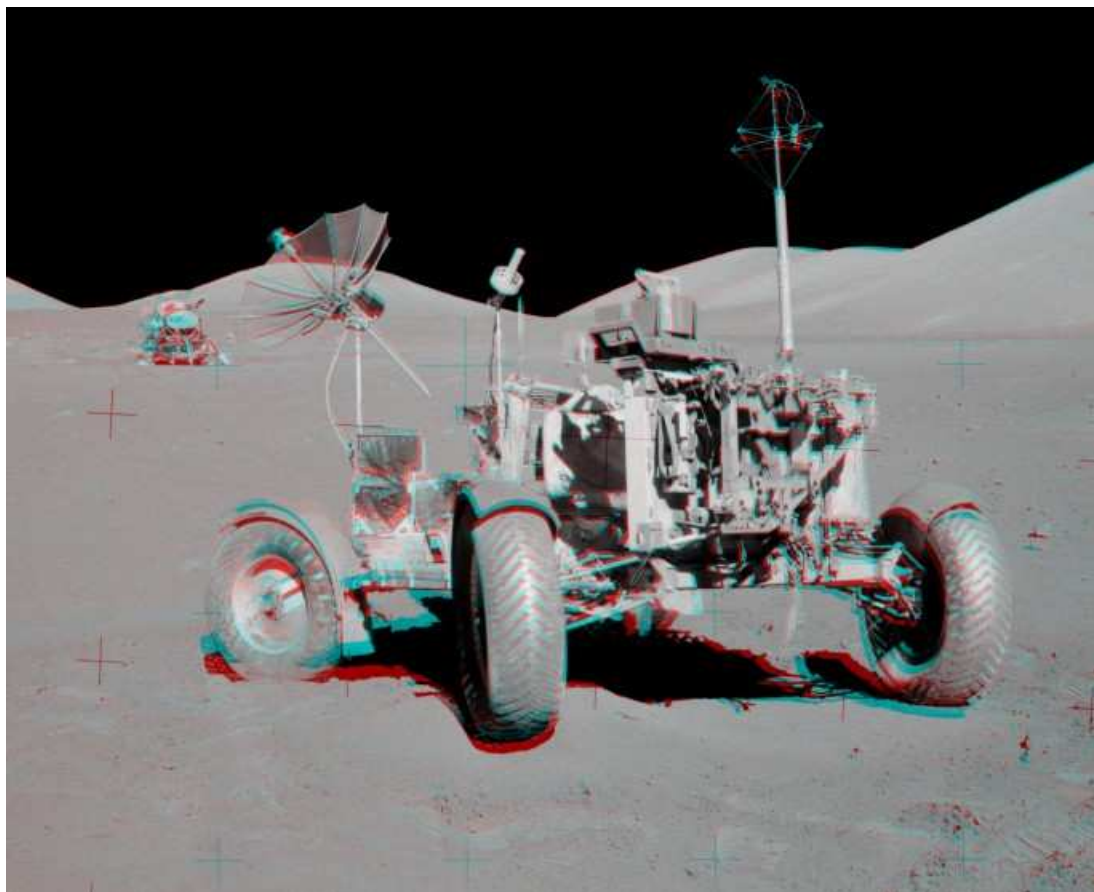
Kuvatulkinnan automaatio voidaan jakaa kolmeen tasoon sen mukaan, miten paljon käyttäjän täytyy osallistua prosessiin. Ensimmäisellä tasolla käyttäjä ohjaa puoliautomaattista prosessia. Käyttäjä on vastuussa prosessin etenemisestä automaation reaaliaikaisten prosessien vain tukiessa häntä. Toisella tasolla käyttäjän täytyy määrittää automatisoidun prosessin parametrit ja hoitaa laaduntarkkailu prosessin lopussa. Kolmannella tasolla automatisoidut prosessit hoitavat työn alusta loppuun ilman käyttäjän osallistumista. Automaattisen kuvatulkinnan on tutkimuksissa havaittu toimivan parhaiten avoimilla, ei vuoristoisilla maastoilla. Ongelmia voivat aiheuttaa suurimittakaavaisilla kuvilla metsät, asutut alueet, vesistöt ja tekstuuriltaan vähäiset alueet. (Heipke 2001, 1.)

Fotogrammetrisesta prosessista on voitu automatisoida monia tehtäviä. Kuvien orientointiin liittyvistä tehtävistä automaattiset kuvansovitusmenetelmät ovat helpottaneet pääasiassa kuvien sisäisen ja keskinäisen orientoinnin tekemistä. Absoluuttisen orientoinnin tekemiseen tarvitaan kuitenkin vielä mittaaajaa tunnistamaan ja nimeämään kohteet. Lisäksi kartografisten kohteiden tulkinta ja tallennus vektorimuotoon on osoittautunut vaikeaksi automatisoida. (Laurila 2010a.)

Digitaalisen kuvatulkintaan käytettävä laitteisto koostuu standardoiduista komponenteista, kuten stereonäyttö ja kolmiulotteiseen työskentelyyn suunniteltu hiiri. Lisäksi tarvitaan fotogrammetriaan suunniteltu ohjelmisto, josta voidaan erotella vielä vektori, rasteri ja ominaisuus datan käsittelyyn tarkoitettu osa, kuvan käsittelyyn tarkoitettu osa ja varsinaiseen fotogrammetriaan tarkoitettu osa, jossa suoritetaan kuvien orientointi ja korkeusmallin luominen. (Heipke 2001, 1.)

1.3.3 3D-esitystekniikat

Anaglyfisessä stereotekniikassa stereopareiksi yhdistetyt kuvat värjätään puna/sini tai puna/vihreä -sävyillä niin, että eri oikealle ja vasemmalle silmälle tarkoitetut kuvat ovat eri sävyiset. Stereokuva saadaan näkyviin, kun kuvaa katsotaan kuvan mukaisiin värisävyihin sävytetyillä lasilla. (Planar 3D 2010a.)



Kuvio 1. Anaglyfikuva Kuusta Apollo 17 lennolta (Nasa 2006).

Kuvaputkinäytöillä voidaan käyttää nestekidesulkijaa ja synkronisoituja nestekidelaseja (Planar 3D 2010a). Oikean kuvan ollessa näytöllä aukaistaan oikean linssin suljin ja vasemman kuvan ollessa näytöllä aukaistaan vasemman linssin suljin (Laurila 2008, 61.). Tällöin molemmille silmille saadaan esitettyä eri kuva. LCD-näyttöjen huono vasteaika on estänyt aiemmin niiden käytön kyseisen tekniikan sovelluksissa (Planar 3D 2010a). Useimmissa sovelluksissa voidaan kuitenkin käyttää alle 5 ms vasteaikaan pystyviä LCD -näyttöjä (Planar 3D 2010b).

Stereolaseissa voidaan käyttää myös kahta pientä näyttöä, joilla molemmille silmille esitetään oma kuva. Laseissa käytettäviä näyttötekniikoita ovat mobiililaitteissakin yleistynyt AMOLED, aktiivimatriisi LCD ja AMEL (aktiivimatriisi elektroluminesenssi). (Planar 3D 2010a.)

Autostereo -tekniikalla pystytään tuottamaan kolmiulotteinen kuva ilman, että käyttäjä tarvitsee sulkijalaseja. Kuva tuotetaan lisäämällä LCD-paneelin eteen optinen elementti, jolla saadaan muodostettu molemmille silmille oma kuva tietyssä tilassa näytön edessä. (Planar 3D 2010a.) Käytännössä elementti ohjaa pystysuuntaiset kuva-alkiorivit vuorotellen hieman oikealle ja hieman vasemmalle. Yksittäinen silmä näkee näytöstä vain joka toisen rivin. Tekniikan ongelmana on huono katselukulma, minkä poistamiseksi on pyritty kehittämään erilaisia tekniikoita. Eräässä Philipsin kehittämässä tekniikassa kuvan eteen asetetut linssit jakavat kuvan 18 eri osaan, jolloin kolmiulotteinen vaikutelma syntyy yhdeksään eri suuntaan. Tekniikka kuitenkin heikentää huomattavasti näytön tarkkuutta. (Tietokone 2005.)

Muita tapoja kolmiulotteisen kuvan muodostamiseen on optisesti yhdistettyjen paneelien käyttäminen. Menetelmässä kaksi LCD-paneelia laminoidaan yhteen. (Planar 3D 2010a.) Päällimmäisen näytön tehtävänä on muodostaa hila, jossa on rinnakkaisia mustia pystysuoria viivoja koko näytön leveydeltä. Katselija näkee hilan takana olevasta alemmasta näytöstä eri kohdat vasemmalla ja oikealla silmällään. Vasen kuva muodostetaan niihin kohtiin, jotka vasen silmä näkee ja oikea kuva niihin, jotka oikea silmä näkee. Menetelmässä saavutetaan kolmiulotteinen vaikutelma, mutta menetetään puolet kuvan tarkkuudesta. (Tietokone 2005.)

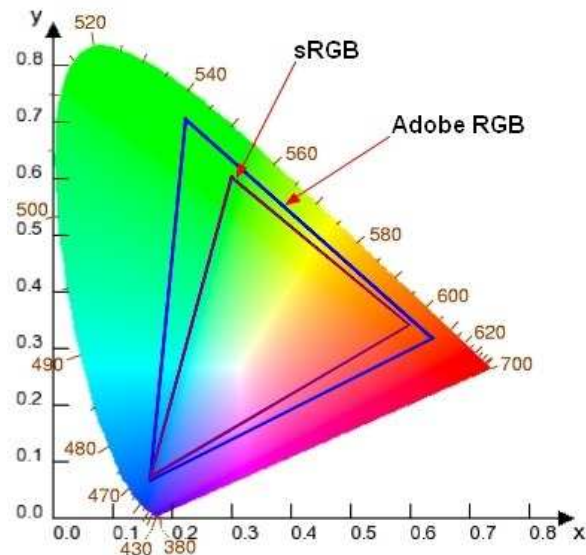
Lisäksi tietyissä sovelluksissa voidaan käyttää volumetristä näyttöteknologiaa. Siinä kuva projisoidaan kolmiulotteiselle pinnalle. Kuva myös muuttuu, kun käyttäjä liikkuu suhteessa näyttöön. Tekniikka on kallis ja vaatii paljon laskentatehoa. (Planar 3D 2010a.) Volumetrisen teknologian sovelluksia voivat olla kolmiulotteiseen mallinnukseen liittyvät tehtävät, mutta sen käyttöä kaukokartoituksen sovelluksissa voidaan epäillä.

1.3.4 Anaglyfitekniikan ongelmia

Käytetyistä tekniikoista opetuskäyttöön sopivin lienee anaglyfitekniikka. Tekniikka on hinnaltaan edullinen, koska se ei sovelluksesta riippuen vaadi juuri muutoksia käytössä olevaan 2D-tekniikkaan verrattuna. Tarvittavien värisuodatinlasien valmistaminen on halpaa ja näyttötekniikka on riittävän kehittyntä kyseistä tekniikkaa käyttäviin sovelluksiin. Ongelmia saattaa kuitenkin esiintyä, koska anaglyfitekniikkaa käytettäessä näytön väritoistolle asetettavat vaatimukset kasvavat. Näytön ja lasien tulee olla värintoistoltaan yhteensopivat hyvän kolmiulotteisen vaikutelman ja kuvan luonnollisten värien saavuttamiseksi.

Anaglyfitekniikalla tuotettu stereokuva voi olla ongelmallinen poikkeavasta värinäöstä kärsiville. Synnyntäisessä värinäön häiriössä silmän verkkokalvolla valoon reagoivien tappisolujen toiminnassa on puutteita. Yhden tai useamman erivärisen valoon reagoivan tappityypin toimiessa puutteellisesti voidaan puhua lievissä tapauksissa värinäönheikkoudesta ja ääritapauksissa värisokeudesta. Tappisolujen herkkyys on parhaimmillaan kirkkaassa valossa, minkä takia värien erotuskyky heikkenee hämärässä. Tällöin näkeminen siirtyy valon voimakkuutta aistivien sauvasolujen hoidettavaksi. Stereovaikutelman syntymisen kannalta anaglyfitekniikkaa käytettäessä hankalin tapaus lienee puna-viher- ja viher-punaheikkoudet. Miehillä kyseisiä heikkouksia ilmenee 8 %:lla, kun naisista sitä esiintyy vain 0,5 %:lla. Noin 40 % miehistä ei ole tietoisia värinäkönsä häiriöstä. (Saarelma 2010.)

Tietoteknisessä kirjallisuudessa näytön värintoistoa kuvataan usein väriavaruuden avulla. Tällä tarkoitetaan näytön toistamien valon aallonpituuksien suhdetta ihmisen havaitsemiin aallonpituuksiin. Käytössä on lisäksi standardeitua väriavaruuksia kuten sRGB tai AdobeRGB (Kuvio 2.). Käytännössä useimmat LCD -näytöt pystyvät toistamaan sRGB-standardin mukaiset värit, mutta AdobeRGB:hen pystyy vain harva näyttö (Kuvio3.). Vaikka LCD -näyttöjen värintoisto on monissa tapauksissa kuvaputkinäyttöjä huonompi, on niiden värintoisto kehittynyt parantuneen värisuodatuksen ja LED taustavalojen ansiosta. (Planar 3D 2010b.) Peruskäytössä sRGB standardin mukaisen värien toistoon kykenevä näyttö on riittävän hyvä laadukas.



Kuvio 2. sRGB ja AdobeRGB väriavaruuksien erot (digi-kuva 2010).

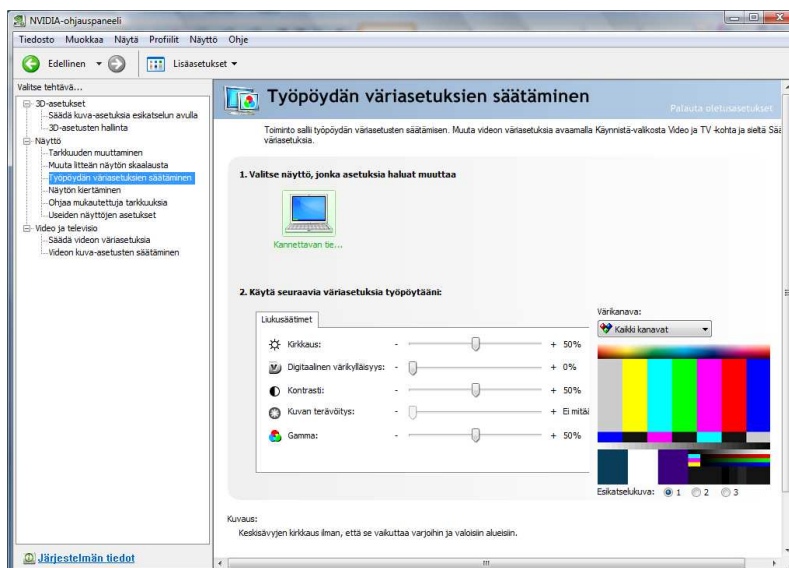
Mittaustulokset

	Apple	Eizo (sRGB-tilassa)	Eizo	Lacie	Quato
Väriavaruus					
Prosenttia sRGB:sta (u'v'-tasossa)	101 %	98 %	113 %	94 %	96 %
Prosenttia AdobeRGB:sta (u'v'-tasossa)	86 %	84 %	97 %	80 %	83 %
Harmaasävyt					
Keskimääräinen kirkkausvirhe, ΔL^*	1,4	0,2	0,1	0,9	1,1
Keskimääräinen värisävyvirhe, $\Delta E_{94}(a^*b^*)$	1,8	1,3	1,1	1,4	1,5
Keskimääräinen kokonaisvärivirhe, ΔE_{94}	2,4	1,4	1,1	1,7	1,8
ColorChecker-testivärit					
Keskimääräinen kirkkausvirhe, ΔL^*	1,4	0,4	0,3	1,0	0,8
Keskimääräinen värisävyvirhe, $\Delta E_{94}(a^*b^*)$	1,3	0,9	0,9	2,2	1,7
Keskimääräinen kokonaisvärivirhe, ΔE_{94}	2,0	1,0	0,9	2,5	1,9

Kuvio 3. LCD-näyttöjen värintoisto (Tietokone 2007).

Näytön värintoiston lisäksi kuvaan vaikuttavat myös kontrasti ja valoisuus, jotka riippuvat LCD -näytön paneelissa käytetystä tekniikasta sekä kuvanmuodostukseen käytetystä elektroniikasta. Parhaan kuvan laadun varmistamiseksi voidaan kuvan kontrastia ja valoisuutta säätää testikuvaa apuna käyttäen. (Tietokone 2007).

Värien säätöön Windowsissa on useampia tapoja. Käyttöjärjestelmän omaa värienhallintaa voidaan käyttää erilaisten väriprofiilien asentamiseen ja hallintaan. Lisäksi näytönohjainvalmistajien omilla ohjelmilla voidaan näytön toistamia värejä hallita suoraan (Kuvio 4.). Useimmiten säätöihin ei tarvitse koskea, mutta vaativassa kuvankäsittelyssä näyttö usein kalibroidaan erillisen mittalaitteen avulla, jolloin värit saadaan toistumaan näytöllä luonnollisina.



Kuvio 4. Nvidia-ohjauspaneelin väriensäätömahdollisuudet.

1.4 Photomod Lite 5.0

Photomod Lite 5.0 on ilmainen versio venäläisen Racursin Photomod-ohjelmasta, joka on tarkoitettu kaukokartoitusaineistojen fotogrammetriseen käsittelyyn. Ilmaisversio Lite eroaa täydestä Photomod versiosta muun muassa kuvien ja vektoriobjektien määrän rajoituksilla. Sillä voi kuitenkin suorittaa pieniä fotogrammetriaprojekteja kuten ortomosaiikit, maastomallit ja vektorikartat. (Racurs 2010b.)

Ohjelman valmistaja Racurs on perustettu vuonna 1993. Yhtiö on venäläinen, mutta sen jakeluverkosto toimii Venäjän lisäksi yli 50 maassa ympäri maailmaa. Käytännössä yhtiön jakeluverkosto sijaitsee Itä-Euroopassa ja Aasiassa. Päätuotteekseen yhtiö ilmoittaa Photomod, jonka rajoitettu ilmaisversio Photomod Lite on. (Racurs 2010c.; Racurs 2010d.)

Ohjelmiston ilmaisversiossa ei voi muun muassa suorittaa ADS40-skannereihin tuotettuja projekteja, jonka lisäksi projektikohtaisten kuvien määrä on rajoitettu kymmeneen keskusprojektio kuvissa ja kahteen skannereihin tuotetuissa kuvissa. Vektorimuotoisen aineiston koko on rajoitettu 1000 solmupisteeseen. Photomod Mosaic modulissa kuvien määrä on rajoitettu kymmeneen ja digitaalisen korkeusmallin solujen määrän rajoitus on 100000 solua. Lisäksi Ortomosaiikin suurin sallittu koko on kymmenen megapikseliä. (Racurs 2010b.)

2 MENETELMÄT

2.1 Testikokoonpano

2.1.1 PC-laitteisto ja testikokoonpanon rajaus

Testikokoonpano koostuu PC-pohjaisesta kannettavasta tietokoneesta ja tarpeellisista oheislaitteista. Koska PC-laitteisto koostuu komponenteista, joiden ominaisuudet vaikuttavat kokonaisuuden toimintaan usein merkittävästi, eri komponenttien tehokkuuden tulisi olla tasapainossa. Näin voidaan saavuttaa hyvä suorituskyky hyödyntäen komponenttien ominaisuuksia täysipainoisesti, koska mikään yksittäinen komponentti ei laske kokonaisuuden suorituskykyä.

PC-laitteiston tehokkuuden ja ominaisuuksien kannalta emolevy on kaikkein tärkein yksittäinen komponentti. Se määrittää, millaiset ovat liitännämahdollisuudet, lisälaitteivalikoima ja suorituskyky. Samalla se toimii kaikkien komponenttien liitännäalustana. Emolevy kiinnittyy usein laitteiston keskusyksikön kotelon pystyseinälle tai kannettavassa tietokoneessa sen runkoon. (Flyktman 2006, 3.)

Laitteiston tehon määrittää pääasiassa prosessori, joka suorittaa laitteiston tärkeimmät toiminnot (Flyktman 2006, 3). PC-pohjaisissa laitteistoissa käytetään alaspäin yhteensopivia, myös vanhoja ohjelmia ajamaan pystyviä, Intelin 8086-prosessoriin ja siinä käytettyyn tekniikkaan pohjautuvia prosessoreja. Niitä kutsutaan yhteisellä nimellä x86-prosessoreiksi. Prosessorien kehityksessä yhteensopivuus vanhempiin malleihin on paljon määrittänyt kehityksen suunnat. Vuonna 1985 julkaistu 386-prosessori sisälsi uuden 32-bittisen IA-32 -arkkitehtuurin. Nykyiset 64-bittiset prosessorit, kuten Intelin IA-64 -arkkitehtuuriin perustuvat prosessorit, sisältävät usein IA-32 -tuen yhteensopivuuden takaamiseksi. (Flyktman 2006, 17.)

Keskusmuisti tai RAM asennetaan emolevylle erillisinä moduuleina. Keskusmuistina käytetään yleensä DRAM-muistia eli dynaamista RAM:ia, joka on yleinen myös näytönohjaimissa. RAM-muistin ominaisuuksiin kuuluu tietojen

katoaminen virran katketessa, joten pysyvään tietojen tallennukseen tarvitaan muita keinoja. Muistimoduuleista yleisin lienee nykyisin muistiväylän kellotaajuuteen synkronoitu SDRAM, erityisesti nopeana DDR eli Double Data Rate -tyyppisenä. (Flyktman 2006, 21–22; Kingston 2010.)

Koska käyttömuistin tiedot katoavat virran katketessa, tarvitaan tietojen pysyvään tallennukseen kiintolevyä, jossa tiedot säilyvät myös virran katkettua. Kiintolevyjen nopeutta voidaan verrata hakuajojen ja tiedonsiirtonopeuksien avulla. Tiedonsiirtonopeuteen vaikuttaa käytettävä liitäntä, levypakan pyörimisnopeus, luku/kirjoituspäiden siirtoaika ja kiintolevyn välimuisti. Kiintolevyn liitännöissä Serial-ATA (SATA) on syrjäyttämässä hitaampaa Paraller ATA:a. Näiden lisäksi on myös SCSI, joka on kalliimpina harvinaisempi, mutta mahdollistaa joustavan ja tehokkaan tiedonsiirron. (Flyktman 2006, 3, 32–33.)

Tiedontallennuksen luotettavuuden lisäämiseksi kehitetyllä RAID (Redundant Array of Independent Disks) -tekniikalla voidaan myös nopeutta tietojen käsittelyä. RAID-järjestelmässä käytetään kahta tai useampaa kiintolevyä yhdistettynä RAID-ohjaimen, joka voi olla myös integroitu emolevylle. Järjestelmään on myös määritetty eri tasoja vaadittavan tietojen palautusmahdollisuuden ja nopeuden mukaan. Eri menetelmissä tieto voidaan jakaa usealle levylle tai peilata koko levyn sisältö toiselle, jolloin saadaan myös parempi tietojen käsittelyn nopeus. (Flyktman 2004, 318–322.)

Näytönohjaimen nopeuteen vaikuttavat sen grafiikkaprosessorin tyyppi ja nopeus sekä muistin määrä ja nopeus. Muistin koko vaikuttaa näytönohjaimen näyttötarkkuuden suuruuteen ja saavutettaviin värimääriin. Lisäksi muistin nopeudella on vaikutusta kuvataajuuksien eli virkistystaajuuksien valintaan. Parasta suorituskykyä haettaessa tulee kiinnittää huomiota myös näytön ohjaimen väyläliittimeen. Kuvan laatuun vaikuttavat näytönohjaimen komponenttien ja kokoonpanon lisäksi käytetty näyttöliittimen tyyppi. Litteitä LCD-näyttöpaneeleja varten kehitettiin DVI-liitin, josta on saatavilla digitaalinen DVI-D ja analogidigitaalinen DVI-I-liitin. (Flyktman 2006, 55.) Digitaalista liitäntää voidaan pitää kuvanlaadun kannalta suositeltavampana, koska tällöin näyttökaapeli ei vaikuta kuvan laatua heikentävästi.

Näytön eri ominaisuuksien tulisi olla tasapainossa näytönohjaimien ominaisuuksien kanssa, koska muuten osa hyvistä ominaisuuksista menetetään. Näytön tarkkuuden tulisi olla riittävä, jotta saavutettaisiin tarvittava työskentelytila. LCD-näytössä paneelin tarkkuuden valinnalla on suurempi merkitys, koska paneelin rakenteesta johtuen se toistaa tarkasti vain paneelin ominais-tarkkuuden, joka on useimmiten näytön suurin mahdollinen tarkkuus. Näytön tulisi myös pystyä korkeisiin virkistystaajuuksiin. Normaalikäytössä 60 Hz on riittävä virkistystaajuus LCD-näytölle, mutta kuvaputkinäytön kanssa tulisi käyttää suurempaa virkistystaajuutta, mikäli sekä näyttö että näytönohjain tukevat tuota taajuutta. (Flyktman 2006, 58–60.) Tietyissä erityissovelluksissa, kuten 3D käytössä näytön tulisi pystyä korkeampaan virkistystaajuuteen (Nvidia 2010a). Koska 3D-näyttötekniikat kehittyvät nopeaa vauhtia, voivat vaatimukset virkistystaajuuden suhteen kuitenkin muuttua.

Ulkoisista liitännöistä USB eli Universal Serial Bus lienee tärkein oheislaiteliitäntä. USB 1.0 standardi, joka julkistettiin vuonna 1995, oli nopeudeltaan 12Mbit/s. Nykyisin yleisin USB 2.0 Standardi kykenee 480Mbit/s nopeuksiin. Kehitys kulkee kohti langattomia USB yhteyksiä ja yhä suurempia nopeuksia. USB 3.0 standardi kykenee jo n. 5 Gbit/s nopeuksiin. (Intel 2010.)

Tässä työssä käytettävän testilaitteiston suorituskyky määritellään komponenttitasolla niin, että se vastaa keskimääräistä suorituskykyä noin 800€ vuonna 2008 maksaneiden kannettavien tietokoneiden luokassa. Valinta on luonteva, koska kannettavien tietokoneiden osuus tietokoneiden kokonaisy-myynnistä oli kodintekniikka-alan tiedotusfoorumin mukaan vuosien 2009 ja 2010 alussa huomattavan suuri (84 % vuonna 2009 ja 82 % vuonna 2010). Vuoden 2009 tammi-kesäkuussa kannettavia koneita myytiin 185 000 kappaletta, kun samaan aikaan pöytätietokoneita myytiin vain 36 000. Vuonna 2010 samalla ajanjaksolla myynti oli kannettavien osalta 175 000 kappaletta ja pöytätietokoneiden osalta 38 000 kappaletta. (Kotek 2010a.) Voidaankin olettaa, että suurimmalla osalla opiskelijoista on käytössään kannettava tietokone.

Tietokoneiden keskihinta alkuvuonna 2009 oli 577 euroa ja vuonna 2010 576 euroa (Kotek 2010a). Tässä tilastossa ovat todennäköisesti mukana myös

ns. minikannettavat, joiden läpimurron voidaan katsoa näkyvän tilastoissa kannettavien tietokoneiden keskihinnan huomattava laskuna. Vuoden 2008 alkupuoliskolla kannettavia tietokoneita myytiin 133 tuhatta kappaletta keskihinnan ollessa 720 euroa. Seuraavan vuonna keskihinta oli laskenut 143 eurolla 577 euroon myynnin kasvaessa samalla 52 000 kappaleella. (Kotek 2010b.)

Alkuvuonna 2008 keskihintaisissa tai sitä hiukan kalliimmissa (900€-1000€) kannettavissa tietokoneissa oli poikkeuksetta tuplaydinprosessori ja vähintään 2 gigatavua käyttömuistia. Näytönohjaimena oli useimmissa joko Nvidia GeForce 8400M GS, Ati Mobility Radeon HD3450 tai vastaavan tasoinen ohjain. Halvimmissa kokoonpanoissa oli turvauduttu myös emolevyllä integroituun Intelin GMA X3100 -ohjaimen. Seitsemäntoista tuuman näyttö pystyi vähintään 1440x900 pikselin tarkkuuteen. (Vähimaa 2008, 46.)

Myöhemmin vuonna 2008 saman hintaluokan (900€-1000€) kannettavissa muistin määrä lisääntyi aiemmin yleisestä kahdesta gigatavusta kolmeen tai parhaimmillaan neljään gigatavuun ja kiintolevyn koko kasvoi hivenen 250 gigatavusta 320 gigatavuun. Halvemmassa hintaluokassa jouduttiin tyytymään 160 gigatavun kiintolevyyn ja hiukan huonompaan näytönohjaimen. (Berschewsky 2008, 42.)

Vuonna 2009 kahden gigatavun muisti alkoi olla poikkeuksellisen pieni. Useimmissa kannettavissa muistia löytyi kolmesta neljään gigatavua. Suorintehosta vastasi tuplaydin prosessori, joka kävi keskimäärin 2GHz kellotaajuudella tai hivenen nopeammin. Näytönohjaimista Atin Mobility Radeon HD -sarja yleistyi Intelin yhdysrakenteisen GMA 4500MHD ohjaimen ohella. Tehokkuudessa yhdysrakenteinen näytönohjain yltää harvoin erillisen ohjaimen tasolle. Erilaisissa näytönohjaimen tehoa mittaavissa testeissä Intelin ohjain saattoi parhaimmillaan jäädä puoleen Ati Mobility Radeon HD3400:sen tehosta. (Jääskeläinen 2009, 22–23.)

Kannettavien tietokoneiden komponenteissa virrankulutukselle asetetaan yleensä suuri painoarvo. Tällä saadaan pienennettyä komponenttien lämmöntuottoa, mikä on tärkeää ahtaassa kotelossa, koska kuumina käyvät

komponentit saattavat rikkoutua nopeasti. Komponenttien vertailussa nämä tekijät tulee pitää mielessä. Nimellisesti saman tehoisilta vaikuttavien kannettaviin ja pöytäkoneisiin suunniteltujen komponenttien tehoissa voi käytännössä olla huomattavia eroja. Vertailu tuleekin tehdä kannettaviin suunniteltujen komponenttien välillä.

Kriittisimmät komponentit ohjelmiston suorittamisen kannalta ovat muisti ja näytönohjain. Prosessorin tehokkuus vaikuttaa erityisesti tehtävien suoritusnopeuteen ja on tärkeä ohjelman käytettävyyden kannalta, mutta ei estä ohjelman suorittamista. Racurs suosittaa Photomodin käyttöön vähintään 2,66 GHz:n Intelin Core 2 Duo, 2 Gt muistia ja NVIDIA Quadro FX 570 näytönohjainta tai sen uudempia versioita (Racurs 2010a). Useimmissa edellä mainituista kannettavista kokoonpanoista saavutetaan lähes sama nimellinen prosessorin kellotaajuus ja muistin määrä.

Prossessorien suorituskyvyn vertailua ei voida tehdä vertaamalla kellotaajuuksia suoraan toisiinsa. Vertailussa voidaan käyttää siihen soveltuvia testiohjelmiä, jotka mittaavat prosessorin aikayksikössä suorittamia toimintoja. Photomodin käyttöön suositellun Intel Core 2 Duo 2,66GHz-prossessorin saama tulos Passmark CPU Mark -testissä on prosessorin tyypistä riippuen noin 1900. Vertailukohtana käytettävien kannettavien koneiden noin 1100 pisteseen verrattuna tulos on varsin korkea. (PassMark 2010.)

Näytönohjaimena Nvidian Quadro -sarja on halvemman hintaluokan kannettavissa harvinainen. Pöytäkoneisiin tarkoitettussa Nvidia Quadro FX 570:ssä on 256 Mt 128-bittistä DDR2 muistia. Näytönohjain on DirectX10 ja OpenGL 3.1 yhteensopiva, kuten vertailukohtina käytetyt mobiiliohjaimet Ati mobility Radeo HD3400 ja Nvidia GeForce 8400M GS. (Tom's hardware 2010a; Nvidia 2010b; Ati 2010.) Nvidian quadro sarjan hitain ohjain, kannettaviin suunniteltu FX 370M, on 256 Mt GDDR3 muistinsa ja muiden ominaisuuksiensa kanssa karkeasti arvioiden samantasoinen vertailukohtien kanssa (Nvidia 2010c). Sen tulos raakaa 3D tehoa mittaavassa 3DMark06 testissä on 1595, kun GeForce 8400M GS saa vastaavassa testissä tuloksen 1326 (Notebook-check 2010). Tämä tarkoittaa noin 20 prosentin nopeuseroa, jonka merkittävyyttä käytännössä on hankala arvioida.

2.1.2 Käyttöjärjestelmän raja

Testattava ohjelma on suunniteltu toimimaan Microsoft Windows-käyttöjärjestelmä versioissa XP, Vista ja 7. Windows käyttöjärjestelmä asettaa laitteistokokoonpanolle rajoitteita, jotka edustavat ehdotonta minimitasoa, jolla ohjelma toimii. Minimivaatimuksin varustettu tietokone voi toimia hitaasti eikä mahdollista käyttöjärjestelmän tai sovellusten sujuvaa käyttöä. Käyttöjärjestelmälle ilmoitetaan usein myös ns. suositeltu minimivaatimus, jonka voidaan katsoa olevan sovellusten käyttöä ajatellen hitain suositeltava vaihtoehto. (Kiiänmies 2006, 6)

Valmistajan ilmoitukseen perustuvia käyttöjärjestelmän ehdottomia minimikokoonpanoja sekä suositeltavia käytännön minimikokoonpanoja on esitelty taulukossa 1. Taulukko on suuntaa antava, koska eri prosessorien tai muistien ominaisuuksia ei voi suoraan verrata toisiinsa. Yleisesti korkeamman kellotaajuuden omaava suoritin on alemman kellotaajuuden omaavaa suoritinta nopeampi, sama koskee myös muistia. Komponenttien teknisten eroavaisuuksien vuoksi tämä ei kuitenkaan aina pidä paikkaansa ja saman kellotaajuuden omaava uudemman sukupolven prosessori voi olla käytännössä huomattavasti tehokkaampi kuin vanha.

Taulukko 1. Käyttöjärjestelmien minimilaitteistovaatimukset, suluissa suositeltu minimikokoonpano (Johnson 2010, 7; Kiiänmies 2006, 6-7; Kiiänmies 2007, 7).

	Windows XP	Windows Vista	Windows 7
Suoritin	233 MHz (300MHz)	800 MHz (1 GHz)	1 GHz
Muisti	64 Mt	512 Mt (1Gt)	1Gt
Kiintolevy (Vapaa tila)	(1,5 Gt)	20 Gt (15 Gt)	(16 Gt)
Näyttö ja näytönohjain	SVGA	SVGA*	128 Mt*
Cd- tai DVD-asema	CD tai DVD	DVD	DVD
Näppäimistö ja hiiri	X	X	X
Muuta	-	ääni-, verkkokortti	ääni-, verkkokortti

*DirectX 9 yhteensopiva näytönohjain.

Windows versioiden käyttöjärjestelmävaatimukset ovat kasvaneet huomattavasti uudempien versioiden myötä. Windows XP:hen verrattuna uudemmat versiot

vievät kymmenkertaisesti kiintolevytilaa. Lisäksi niiden vaatiman muistin määrä on moninkertainen aiempiin versioihin verrattuna. Resurssivaatimukset ovat nousseet erityisesti käyttöjärjestelmän visuaalisten ominaisuuksien lisääntyessä. Visuaalisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan erilaisia efektejä ja animaatioita, jotka voivat havainnollistaa toimintaa ja antaa palautetta käyttäjän toiminnoista.

Asennetun muistin määrä vaikuttaa kokoonpanon käytettävyyteen ja ilmoitettu määrä onkin ehdoton minimi sujuvan käytön kannalta. Esimerkiksi Windows Vistan vaatimuksiin nähden 1 gigatavun käyttömuisti alkaa olla liian rajattu ja sujuvan käytön varmistamiseksi suositellaankin käytettäväksi 2 gigatavun tai suurempaa muistin määrää (Kiianmies 2007, 9). Muistia ei käytännössä kannata ylimitoittaa, koska 32-bittinen järjestelmä ei voi käyttää hyödyksi kuin n. 4 Gt käyttömuistia. Mikäli käyttömuistia tarvitaan enemmän esimerkiksi raskaiden aineistojen käsittelyyn, tulisi laitteistokokoonpano suunnitella 64 bittiseksi. Tällöin voidaan Windows versiosta riippuen käyttää suurempaa muistiavaruutta (Taulukko 2).

Taulukko 2. Windows käyttöjärjestelmien fyysisen käyttömuistin maksimimäärät (MSDN 2010).

	32-bittinen	64-bittinen
Windows XP Starter ed.	512 Mt	-
Windows XP	4 Gt	128 Gt
Windows Vista Starter	1 Gt	-
Windows Vista Home Basic	4 Gt	8 Gt
Windows Vista Home Premium	4 Gt	16 Gt
Windows Vista muut	4 Gt	128 Gt
Windows 7 Starter	2 Gt	2 Gt
Windows 7 Home Basic	4 Gt	8 Gt
Windows 7 Home Premium	4 Gt	16 Gt
Windows 7 muut	4 Gt	192 Gt

Muistivaatimusten lisäksi kiintolevykapasiteetin tarve on moninkertaistunut uudempien Windows-versioiden myötä. Windows Vista ja Windows 7 vaativat 32-bittisinä versioina kymmenkertaisen määrän vapaata kiintolevytilaa verrattuna Windows XP:hen (Taulukko 1.). Usein tämä määrä lisäksi kasvaa käyt-

töjärjestelmään tehtävien päivitysten myötä. Asennuksen vaatiman tilan lisäksi käyttöjärjestelmä vaatii myös muuta vapaata levytilaa, jota se käyttää muun muassa käyttömuistin tapaan niin sanottuna virtuaalimuistina. Lisäksi kiintolevytilaa tarvitaan sovellusten asentamiseksi.

2.1.3 Photomod 5.0 Lite laitteistovaatimukset

Photomod Lite 5.0:n käyttöön suositellun laitteiston vaatimukset ovat huomattavasti korkeammat kuin Windows-käyttöjärjestelmän suositeltu minimikokoonpano (Taulukko 3.). Vaatimukset vaihtelevat sen mukaan, miten vaativia tehtäviä ohjelmalla on tarkoitus suorittaa. Suurien aineistojen käsittely helpottuu, jos laitteistossa on tarpeeksi muistia ja riittävän suuri kiintolevy. Mikäli tehtävän suorittaminen vaatii raskasta laskentaa, voi myös prosessoritehon kasvattaminen olla perusteltua.

Taulukko 3. Photomod Lite 5.0 suositeltu järjestelmäkokoonpano (Racurs 2010a).

Suositus	
Prosessori	Intel Core 2 Quad, 3GHz tai vastaava
Muisti	2Gt 32-bit/4 Gt 64-bit Windows
Näytönohjain	NVIDIA Quadro FX 570 tai uudempi
Näyttö	StereoPixel LcReflex-20, Samsung Syncmaster 2233RZ tai vastaava 120Hz virkistystaajuutta tukeva
3D-lasit	GeForce 3D Vision
Kiintolevy	IDE/SATA 1000Gt
Liitännät	USB-portti tai verkkokortti (Verkkolukko)

Suosittelusta kokoonpanosta voi poiketa alempaan suuntaan ilman, että ohjelma lopettaisi toiminnan. Prosessoriteho ei ole ohjelman suorituksen kannalta kriittinen ja useimmissa tapauksissa voidaan valita hitaampi prosessori ja panostaa muistin määrän lisäämiseen. Jos ohjelmalla luodaan maastomalleja, kannatta kuitenkin valita nopeampi prosessori, koska laskentateho on karkeasti verrannollinen prosessorin kellotaajuuteen. Intelin Core 2 Duo-prosessoria käytettäessä tulisi kellotaajuuden olla vähintään 2,66 GHz, joka on useimpiin tehtäviin riittävä. (Racurs 2010a.)

Käyttömuistin määrä on useimpien tehtävien kannalta rajoittava tekijä. Muistia tulisi olla vähintään 1 Gt, vaikka ohjelma toimisi myös pienemmällä muis-

tin määrällä. Pieni muisti lisää Windowsin levyvälimuistin käyttöä, mikä hidastaa merkittävästi käsittelytehoa. Suositeltavaa olisikin käyttää 32-bittisessä Windowsissa vähintään 2 Gt muistia ja 64-bittisessä versiossa 4 Gt muistia. (Racurs 2010a.)

Kiintolevyn nopeudella ei ole ohjelman suorituksen kannalta suurta merkitystä. Tallennusvarmuuden takia olisi hyvä käyttää SCSI-levyjä RAID:iin asennettuna. Photomod osaa jakaa projektidatan automaattisesti usealle levyille, joten on suositeltavaa käyttää useampaa keskikokoista levyä (500Gt) kuin vähempää määrää suuria levyjä. (Racurs 2010a.)

Käytettäessä ohjelmaa verkkoympäristössä, jossa projektit ovat palvelimella, tulisi käytössä olla vähintään 100 Mb/s yhteys. Jos samaa palvelinta käyttää samanaikaisesti yli kymmenen työasemaa, tulisi palvelin kytkeä 1 Gbit/s nopeaan keskittimeen. Ohjelman palvelinversiota käytettäessä voidaan työasemakohtaisen ohjelma-avaimen sijasta käyttää verkkoavainta. Muussa tapauksessa kaikissa työasemissa tulee olla ohjelmistoavaimen vaatima USB-portti. (Racurs 2010a.)

Näytönohjaimena suositellaan käytettäväksi Nvidia Quadro FX – sarjan näytönohjaimia. Näytönohjaimen valinnassa tulisi kiinnittää huomiota myös stereolasien ja monitorin muodostamaan kokonaisuuteen. Käytettäessä anaglyfistä stereotilaa voidaan monitori ja sini/puna-lasit valita vapaasti. Muiden 3D työskentelymenetelmien yhteydessä tulee kiinnittää huomiota myös näytön laatuun. Kuvaputki- tai LCD-näytön tulisi pystyä 120 Hz virkistystaajuuteen. (Racurs 2010a.) Näin voidaan välttää kuvassa näkyvää välkyntää.

2.1.4 Testauksen tekniset yksityiskohdat

Testauksessa käytetään testikokoonpanoa, jonka määrittely noudattelee tehtyä rajausta niin, ettei se ole miltään osin rajauksessa määriteltäviä vertailukokoonpanoa nopeampi. Tällä voidaan perustellusti todentaa ohjelman toimivuus myös testikokoonpanoa tehokkaammissa kokoonpanoissa.

Saatavilla oleva testikokoonpano koostuu 1,9 GHz:n AMD Turion 64 X2 Mobile Technology TL-58 -prosessorista, 2,0 Gt muistista ja Nvidia 8400M GS -

näytönohjaimesta, jossa on 128 Mt grafiikkamuistia ja 767 Mt jaettua muistia. Viidentoista tuuman näytön tarkkuus on 1280x800 ja käytössä 32 bittinen väritila. Koneen prosessorin suorituskyky PassMark CPU testissä on 930, joka on alle puolet suositellusta prosessoritehosta ja jää hiukan jälkeen vertailukokoonpanoista (Racurs 2010a; PassMark 2010). Lisäksi testikokoonpanon näytönohjaimen muistin määrä on puolet vertailuissa olleiden koneiden näytönohjaimien muistin määrästä. Tällä on vaikutusta suorituskykyyn ainakin suurempia näytön tarkkuuksia käytettäessä. Useimmissa koneissa myös käyttömuistin määrä on suurempi kuin testikokoonpanossa, millä voi olla vaikutusta käsiteltäessä suuria aineistoja.

Testikokoonpanon käyttöjärjestelmä on Windows Vista Home Premium SP1 (Service Pack 1), joka oli käyttöjärjestelmänä käytännössä lähes kaikissa kannettavissa tietokoneissa määritettynä ajankohtana. Muita kannettavissa käytettyjä käyttöjärjestelmiä kyseisenä ajankohtana olivat lähinnä minikannettavissa käytetty Windows XP, eri Linux versiot ja Mac OS X.

Käyttöjärjestelmä on päivitysten osalta ajan tasalla. Käytössä on lisäksi palomuri- ja virustentorjuntaohjelmisto, joilla voi olla vaikutusta mittaustuloksiin. Molempia voidaan pitää välttämättömyytenä, eikä niiden vaikutusta pyritä testauksessa eliminoimaan. Erilaisilla viruksentorjunta- ja palomuriohjelmistoilla voi olla vaihtelevia resurssivaatimuksia, minkä takia ne voivat vaikeuttaa tulosten vertailtavuutta eri kokoonpanojen kesken.

2.2 Mitattavat indikaattorit

Järjestelmän toimintaa seuraamalla ja mittaamalla sen eri komponenttien kuormitusta ohjelman suorittamisen aikana voidaan selvittää mahdollisia laitteiston pullonkauloja. Pullonkaulalla tarkoitetaan sellaista yksittäistä komponenttia, joka selvästi vaikuttaa heikentävästi järjestelmän suorituskykyyn. Kyseisen komponentin vaihdolla voitaisiin merkittävästi vaikuttaa koko laitteiston suorituskykyyn ja sitä kautta myös käytettävyyteen.

Koska tarkoituksena on mitata ohjelman toimintaa laitteistokokonaisuudessa, ei järjestelmän suorituskykyä lähdetä kokonaisuudessaan optimoimaan vaan toimintaa testataan laitteistossa sellaisenaan. Testauksen aikana järjestel-

mään tapahtuvien päivitysten vaikutusta ei lähdetä arvioimaan ellei niiden havaita aiheuttavan selkeätä haittaa ohjelman suorittamiselle. Tällaiseksi haitaksi katsotaan esimerkiksi ohjelman käytön estävät ongelmat näytönohjaimen ajureissa tai päivitysten aiheuttamat ongelmat käyttöjärjestelmän va-
kaudessa.

2.2.1 Kiintolevytilan tarve

Kiintolevytilan tarpeen määrittävät itse ohjelman ja käytettävien esimerkkiaineistojen vaatima tila. Vapaan levytilan tarvetta lisää asennuksen aikaisten väliaikaisten tiedostojen viemä tila. Ohjelman levytilan tarve määritetään sen testilaitteistona käytettävän kannettavan tietokoneen kiintolevyiltä viemän tilan avulla. Laitteistossa käytettävän Windows Vista -käyttöjärjestelmän takia kiintolevyn tiedostojärjestelmänä käytetään NTFS-järjestelmää. Mikäli käytössä on FAT-32 -tiedostojärjestelmä, voi ohjelman vaatima tila olla eri.

2.2.2 Ohjelman asennus

Ohjelman asennettavuudella mitataan ohjelman asennuksen helppoutta sellaiselle henkilölle, joka on tietotekniikan käyttäjänä kokematon. Maanmittaus-
tekniikkaa opiskelevien opetusohjelmaan kuuluu pakollisena tietotekniikan perusopinnot, jotka suoritetaan ennen kaukokartoituksen kurssille osallistumista. Siksi käyttäjän oletetaan osaavan ladata ohjelma verkosta, purkaa asennustiedostot ja käynnistää asennusohjelma.

Asennettavuuden arvioinnissa keskitytään asennuksen vaatimien vaiheiden ja työmäärän arviointiin sekä niiden kuluttamaan aikaan. Helpolla asennettavuudella tarkoitetaan tässä tapauksessa mahdollisimman vähäisiä vaiheita ja nopeaa asennettavuutta. Lisäksi painoarvoa annetaan asennusohjelman opasteille ja eri valintamahdollisuuksien määrälle.

2.2.3 Muistin käyttö

Ohjelman suorituksen aikaisen muistin käyttöä seurataan Windows Vistan oman resurssienvälvönnän kautta. Ensimmäisessä seurataan joutuuko Windows käyttämään testattavan ohjelman takia erityisen paljon levyvälimuistia, mikä usein hidastaa huomattavasti laitteiston toimintaa. Ohjelman muistikäy-

töstä huomioidaan myös miten hyvin muistia vapautuu muuhun käyttöön, kun ohjelma ei toimintojen suorittamiseksi sitä itse tarvitse.

2.2.4 Suorittimen kuormitus

Suorittimen kuormitusta tarkastellaan vain jos eri toimintojen suorittamiseen kuluu huomattavasti aikaa. Tarkastelu tehdään Windows Vistan resurssienvalvonnan avulla yhtäaikaisesti muistin käytön seuraamisen kanssa. Mikäli testaamiseen käytetty laitteisto suoriutuu eri tehtävistä nopeasti, ei suorittimen suurella väliaikaisella kuormituksella ole käytännössä merkitystä.

2.2.5 Näytönohjaimen ja näytön toiminta

Näytönohjaimen ja näytön toimintaa mitataan yhdessä, koska eri komponenttien vaikutusta kokonaisuuteen ei voida arvioida erikseen. Kokonaisuudessa keskitytään erityisesti tekniseen toimivuuteen ja näytön väritoistoon. Väritoiston arvioinnissa käytetään apuna testikuvaa, jolla kuvan kontrasti ja valoisuus pyritään saamaan optimaaliseksi.

Värien toistoa arvioitaessa kiinnitetään erityistä huomiota anaglyfisen stereotilan toimivuuteen. Testein pyritään määrittämään, millainen vaikutus näytön värintoistolla on anaglyfisen stereokuvan laatuun käytettäessä halpoja värisuodatinlaseja (anaglyfilasit) mallia ”muropaketti”. Samalla pyritään selvittämään, onko värintoistoa säätämällä mahdollista saada parannettua stereotilassa muodostuvaa kolmiulotteista näkymää.

2.2.6 Ohjelman toiminnot

Ohjelman toiminnoista testataan vain kaukokartoituskurssin opetuksessa tarvittavia toimintoja. Tarkoituksena on selvittää miten eri toiminnot toimivat käytännössä ja asettaako käytössä oleva laitteisto mahdollisia rajoitteita toimintojen suorittamiselle. Vaikka laitteisto ei periaatteessa asettaisikaan rajoituksia ohjelman suorittamiselle, katsotaan pitkien suoritusaikojen käytännössä rajoittavan ohjelman käyttöä.

Opetukselle asetettujen tavoitteiden mukaan ohjelmalla tulisi olla mahdollista esittää erilaisilla antureilla tuotettuja kuvia ja katsella niitä kolmiulotteisesti. Kolmiulotteisessa tarkastelussa keskitytään erityisesti anaglyfitilan toimivuuteen.

den tarkasteluun, koska sen vaatimukset käytetyille laitteistolle ovat kaikkein keveimmät. Testilaitteiston ominaisuudet eivät myöskään tue muiden stereotilojen testaamista. Ohjelman toimivuutta eri antureilla tuotettujen kuvien tarkasteluun testataan ainoastaan ohjelman valmistajalta saatavan ilmaisen esimerkkiaineiston perusteella, mikä rajaa testauksen käytännössä neljään eri sensoriin.

Kuvien orientointimahdollisuuksia testataan esimerkkiaineiston avulla suorittamalla ohjelmassa uusi projekti. Samalla voidaan arvioida ohjelman mukana tulevan ohjeen laatua ja ohjelman käytettävyyttä. Käytettävyyden arvioinnissa pääpaino asetetaan eri toimintojen omaksuttavuudelle, johon voivat vaikuttaa esimerkiksi eri toimintojen suorittamiseen tarvittavat välivaiheet, käytön aikainen ohjeistus ja toimintojen yleinen loogisuus.

Kuvilta mitataan piste-, viiva- ja aluekohteita, jotta laitteiston toiminta kartoituskäytössä voidaan todeta. Samalla saadaan aineistoa tietojen siirtämiseksi paikkatieto- tai CAD-ohjelmaan. Mittaaminen suoritetaan käyttämällä anaglyfistä 3D-tilaa, jolloin myös vektoriaineisto saadaan kolmiulotteisena. Vektoriaineisto pyritään tallentamaan sellaiseen muotoon, että se voidaan sujuvasti siirtää AutoCAD- tai MapInfo -ohjelmiin.

2.2.7 Ohjelman rajoitukset

Ohjelman rajoituksista pyritään selvittämään erityisesti kaukokartoitus-kurssin opetuksen kannalta merkittäviä puutteita tai rajoituksia. Käytettävän testiaineiston takia kaikkia rajoituksia ei välttämättä voida todentaa suoraan, toisaalta osa rajoituksista ilmoitetaan ohjelman valmistajan toimesta. Lisäksi mahdollisia ongelmatilanteita tai selkeitä puutteita ohjelmassa pyritään kartoittamaan valmistajan sivuilla olevan keskustelupalstan kautta.

Opetuksen kannalta kriittisiä puutteita voivat olla esimerkiksi puutteellinen tai opetuksen kannalta vääränlainen aineisto, huono yhteensopivuus paikkatieto- ja suunnitteluohjelmien kanssa sekä laitteistoon liittyvät rajoitukset. Lisäksi rajoittaviksi tekijöiksi katsotaan laitteistoon kohdistuvat tiukat vaatimukset tai huono tuki eri näytönohjaimille.

2.2.8 Ohjelmistotekninen yhteensopivuus

Teknisellä yhteensopivuudella tarkoitetaan pääasiassa ohjelman toimintaa erilaisissa kokoonpanoissa. Vaikka PC-arkkitehtuurissa komponenttien yhteensopivuus on varsin hyvä, ongelmia voi toisinaan esiintyä. Mahdollisia ongelmia selvitetään ensisijaisesti testikokoonpanolla, mutta niitä haetaan myös ohjelman valmistajan verkkosivuilta sekä tietyiltä osin myös suunnittelu- ja paikkatieto-ohjelmistovalmistajien sivuilta. Pääasiallisesti tietoa etsitään usein kysytyjen kysymysten seasta ja keskustelupalstoilta.

Laitteistoyhteensopivuuden määrittämisen lisäksi testataan ohjelman yhteensopivuutta muiden suunnittelu- ja paikkatieto-ohjelmien kanssa siirtämällä ohjelmalla tuotettua materiaalia AutoCAD- ja MapInfo-ohjelmiin. Tällä voidaan selvittää tiedostoformaateihin mahdollisesti liittyviä ongelmia.

2.3 Ohjelman etäopetus ja kustannukset

Etäopetuskustannuksia arvioidaan ohjelman käytettävyyden ja sen vaatimien rahallisten panostusten kautta. Käytettävyyttä ja ohjelman toimintoja lähestytään niiden käytön vaatiman opiskelun määrän kautta. Samalla pohditaan, miten käytettävyys vaikuttaa ohjelman opetettavuuteen ja sitä kautta opetuksen kustannuksiin, joita syntyy esimerkiksi opetuksen suunnittelusta ja opintomateriaalien valmistuksesta. Opiskelun katsotaan aiheuttavan ensisijaisesti vaihtoehtoiskustannuksia menetettynä vapaa- tai työaikana. Vaihtoehtoiskustannukset riippuvat myös siitä, miten hyvin ohjelmalla opiskellut asiat voidaan yleistää tiedoiksi ja taidoiksi, joita voidaan soveltaa työelämässä yleisesti ja eri ohjelmien kanssa.

Ohjelman huono käytettävyys lisää myös ohjelman käyttöohjeelle asetettuja vaatimuksia. Huono käytettävyys yhdessä huonoon käyttöohjeeseen voi nostaa vaihtoehtoiskustannukset niin korkeiksi, ettei ohjelman ilmaisuus voi niitä kompensoida. Opetuskustannuksia tarkastellessa arvioidaan tämän takia myös käyttöohjetta. Lisäksi testataan ohjelman toimivuutta Learnlincin kautta, jotta voidaan selvittää mahdollisia ohjelman etäopetuskäytön ongelmia, joista voi aiheutua lisäkustannuksia.

3 TULOKSET JA ANALYYSI

3.1 Mittaustulokset

3.1.1 Kiintolevytilan tarve

Kiintolevytilaa ohjelman asennuspaketti vie Photomod Lite 5.0.973 -version osalta valmistajan ilmoituksen mukaan 117,5 Mt. Levyllä pakatun zip -tiedoston koko on kuitenkin vain 110 Mt. Lisäksi ohjelmiston mukana vapaasti saatavilla olevat neljä projektitiedostoa vievät kiintolevytilaa 1,72 Gt, jolloin asennuspakettien yhteiskoko nousee levyllä 1,83 gigatavuun.

Ohjelman asentamisen ja pakattujen projektien purkamisen jälkeen levytilaa kuluu enemmän. Pelkät esimerkkiprojektit vievät purettuna 2,05 Gt, josta käytännössä kaiken tilan vie ilmakehän aineisto muiden tiedostojen ollessa lähinnä yksinkertaista ja vähän tilaa vievää tekstitietoa. Itse ohjelma vie levytilaa noin 311 Mt, jolloin kiintolevytilaa vaaditaan karkeasti arvioiden 2,5 Gt. Lisäksi tilaa tarvitaan omille projekteille, joten vapaata tilaa voidaan katsoa tarvittavan ainakin 3 Gt. Käytännössä tällä ei ole juuri merkitystä, koska testilaitteiston 160 Gt levyllä tilaa on omien projektien hallinnointiin riittävästi ja kiintolevykoko kasvaa kannettavissa koneissa jatkuvasti. Vertailukokoonpanossa levytilaa oli huomattavasti testikokoonpanoa enemmän.

Ongelmia voi kuitenkin esiintyä siirrettäessä tiedostoja hitaalla tai epävarmalla yhteydellä. Tällöin esimerkkiaineistojen tai ohjelman asennustiedoston lataus voi kestää huomattavan kauan, jolloin latauksen aikaiset ongelmat voivat kertaantua. Ohjelman testausta valmisteltaessa esiintyi pieniä ongelmia aineistojen latauksessa, minkä takia muutamat ilmakehät eivät latautuneet täysin. Ongelmaa ei välttämättä huomaa ennen kuin ohjelmalla aletaan tarkastella esimerkkiprojekteja, koska puutteet aineiston latauksessa eivät estä aineiston pakkauksen purkamista. Asennustiedoston .zip-pakkausmuoto toimii juuri päinvastoin, mikä merkitsee keskeytyneen latauksen estävän asennustiedoston purkamisen ja ajamisen.

Lisäksi ilmakuvienv levytilavaatimukset voivat aiheuttaa ongelmia opiskelijoiden rajatun henkilökohtaisen levytilan täytyessä. Nykyisellään opiskelijoiden on mahdotonta tehdä esimerkkiprojektista kopiota omalle verkkolevyasemalleen, koska projekti itsessään vie enemmän tilaa kuin opiskelijoille on osoitettu.

3.1.2 Ohjelman asennus

Ohjelman asennuspaketti on saatavilla .zip -muodossa valmistajan kotisivuilta rekisteröitymisen jälkeen. Purettaessa paketista avautuu samanniminen asennuspaketti (.exe), jonka ajamalla itse asennusohjelma käynnistyy. Asennusohjelma suosittaa sulkemaan kaikki muut auki olevat sovellukset ennen asennuksen jatkamista, jonka jälkeen käyttäjän on hyväksyttävä lisenssisopimus. Tämä tapahtuu ruksaamalla laatikko ja painamalla seuraava painiketta.

Lisenssisopimuksen hyväksymisen jälkeen käyttäjää pyydetään antamaan ohjelman asennuskansio. Ohjelma ehdottaa itse ohjelmatiedostot kansiota, johon se tekee oman kansion. Seuraavaksi ohjelma ehdottaa käynnistävalikon kansiota ohjelman pikakuvakkeille ja työpöydän pikakuvakkeen tekemistä. Tämän jälkeen asennusohjelma ilmoittaa kaiken olevan valmista asennuksen aloittamiseksi. Painamalla seuraava näppäintä ohjelma aloittaa asennuksen näyttäen samalla sen edistymisen. Tiedostojen asentamisen jälkeen ohjelma ilmoittaa asentamisen olevan valmis ja ehdottaa ohjelman käynnistämistä asentamisen jälkeen.

Ohjelman käynnistyessä ensimmäisen kerran on käyttäjän määritettävä asetustiedoston hakemisto ja mahdollisten verkkoprofiilien polku. Käyttäjän määriteltyä hakemistot avautuu ohjelma ja pakottaa käyttäjän tekemään profiilin. Profiilia käytetään projektiaineistojen hallintaan joko paikallisesti tai verkossa.

Asennus etenee varsin suoraviivaisesti, koska asennusohjelman ohjeet ovat riittävän yksityiskohtaiset. Asennuksen vaiheet tulevat loogisessa ja Windows-ohjelmille tutussa järjestyksessä, mikä parantaa asennettavuutta. Ehkä suurimmat puutteet ohjeistuksessa tulevatkin käynnistettäessä ohjelma ensimmäistä kertaa. Tällöin on määritettävä asetuskansio ja profiiliasetukset, mikä

saattaa herättää ihmetystä ilman ohjekirjan lukemista. Tosin asetuskansion ja profiiliasetusten rooli ei ole kovin selkeä ohjekirjan lukemisen jälkeenkään.

3.1.3 Muistin käyttö

Ohjelman muistinkäyttöä tarkasteltiin eri toimintojen yhteydessä käyttämällä Windowsin omaa resurssien valvontaa. Muistin käyttöön vaikuttaa ennen kaikkea suoritettavan kartoitusprojektin laajuus, käytännössä kuvien määrä. Ohjelmiston ilmaisversiossa projektien laajuus on kuitenkin rajoitettu, jolloin muistiakaan ei tarvita niin paljoa.

Käytännössä ohjelma käyttää muistiresursseja varsin tehokkaasti. Muisti vapautuu välittömästi muuhun käyttöön, kun ohjelma ei sitä tarvitse. Esimerkiksi muistinkäytön tehokkuudesta voidaan ottaa ilmakuvien katselu esimerkkiprojektissa. Avattaessa uusi 2D-ikkuna ohjelmaa varaa välittömästi noin 30 megatavua muistia. Aktivoitaessa anaglyfitila ohjelman käyttämän kokonaismuistin määrä lisääntyy vielä 20 Mt. Suljettaessa avattu 2D-ikkuna ohjelma vapauttaa heti varatun muistin.

Useimmista toiminnoista ohjelma suoriutuu esimerkkiaineistoilla alle 200Mt muistilla. Tämä on verrattain vähän jos sitä verrataan esimerkiksi Firefox -selaimen käyttämään muistin määrään, joka nousee usein samalle tasolle ja ylikin.

3.1.4 Suorittimen kuormitus

Suorittimen kuormitusta mitattiin ohjelman toimintojen suorittamisen aikana Windowsin omalla resurssienvälvonnalla. Ohjelmalla tehtiin normaaleja fotogrammetria-prosessiin kuuluvia tehtäviä, joilla pyrittiin simuloimaan normaaleja opetukseen kuuluvia harjoitustehtäviä. Taustalla olevia ohjelmia ei pyrittiin sammuttavaan, koska Photomodin kuluttamia resursseja voitiin yksilöidysti seurata muista prosesseista huolimatta. Etäopetuksessa on myös hyvin tavallista, että taustalla suoritetaan muitakin prosesseja kuten Internet -selain ja etäopetukseen käytettävä ohjelmisto.

Ohjelmisto ei valmistajan mukaan vaadi suurta prosessoritehoa, mikä voitiin todeta myös testikokoonpanolla. Ohjelman suorituksen aikana prosessorin

kuormitus pysyi maksimissaan noin 50 % tasolla. Suurin prosessorin kuormitus havaittiin lisättäessä kuvia projektiin, jolloin ohjelma käsitteli ja pakkasi kuvia. Keskimäärin ohjelma kuormitti prosessoria tuolloin hieman yli 40 %:n tasolla.

3.1.5 Näytönohjaimen ja näytön toiminta

Näytönohjaimentoimintaa ja yhteensopivuutta ohjelman kanssa testattiin käytännössä koko ohjelman testauksen ajan. Jo ennen ohjelman ensimmäistä käynnistyskertaa oli tiedossa laitteistorajoitteita, minkä takia kaikkia ohjelman ominaisuuksia ei testilaitteistolla voitaisi testata. Suurimmat puutteet olivat, ohjelman tukemien stereotyöskentelytilojen testaamisessa.

Stereotyöskentelytiloista voitiin testata ainoastaan anaglyfistä stereotilaa, koska käytössä ei ollut Page-flipping -tekniikan käyttöön tarvittavaa laitteistoa, eikä sitä katsottu tarpeelliseksi hankkia. Ohjelma ilmoittikin heti ensimmäisellä käynnistyskerralla, ettei näytönohjain tue quad-buffered OpenGL stereotilaa, joten ohjelma käyttää anaglyfista stereotilaa. Lisäksi ohjelman käyttöohjeessa muistutetaan, ettei anaglyfinen stereotila toimi ellei käytössä ole HighColor- tai TrueColor-näyttötila. Testilaitteistossa käytössä oli TrueColor-näyttötila ja käytännössä kaikissa vertailukokoonpanoa vastaavissa ja sitä uudemmissa kannettavissa voidaan olettaa olevan käytössä sama täysväriäinen näyttötila.

Stereotilan toimivuuden testauksessa säädettiin ensin näytön kirkkautta ja kontrastia testikuvan avulla, jotta väärrien säätöjen aiheuttamia ongelmia voitaisiin eliminoida. Valoisuuden ja kontrastin säädössä käytettiin apuna Nokia Monitor Test v1.0A -ohjelmaa, joka on saatavilla ilmaiseksi. Ohjelma on vanha, mutta riittävän toimiva käyttötarkoitukseensa. Kirkkauden säätöön käytettiin kannettavan pikanäppäimiä, mutta kontrastia voitiin säätää vain näytönohjaimen valmistajan omasta ohjauspaneelisti. Samalla ohjelmalla voidaan vaikuttaa useimpiin näytön ominaisuuksiin, kuten tarkkuuteen ja kuvan suuntaan. Anaglyfisen stereotilan takia keskityttiin kuitenkin testaamaan väri- en säädön vaikutusta testaajan kokemaan stereovaikutelmaan.

Koska käytössä oli myös erillinen LG Flatron W2452T -näyttö, voitiin vertailla eri näyttöjen vaikutusta stereovaikutelmaan. Toinen näyttö kytkettiin testilaitteiston HDMI-porttiin ja työpöytä laajennettiin molempiin näyttöihin. Näin voitiin vertailla yhtä aikaa eri näytöiltä saatavaan stereovaikutelmaa. Oletuksena oli, että saavutettava vaikutelma olisi parempi erilliseltä näytöltä, koska sen kontrasti ja värikylläisyys olivat silmämääräisesti arvioiden testilaitteen näyttöä parempia.

Anaglyfistä stereotilaa testattaessa havaittiin nopeasti näytön vaikutus stereovaikutelmaan. Verrattaessa testilaitteiston oman näytön ja erillisen näytön tuottamaan stereovaikutelmaa keskenään voitiin todeta erillisen näytön ja värisuodatinlasien muodostaman kokonaisuuden toimivan tehtävässä huomattavasti paremmin. Yhdistelmällä saavutettiin stereovaikutelma, jolta pystyttiin oikeasti arvioimaan korkeuksia, kun samaan aikaan testilaitteiston oma näyttö muodosti kaksoiskuvan. Tämä vaikutti johtuvan näyttöjen erilaisesta sävyntoistosta. Värisuodatinlasit eivät suodattaneet tarpeeksi hyvin testilaitteiston anaglyfikuvan sinistä sävyä, mikä aiheutti kaksoiskuvan muodostumisen.

Ongelmaa yritettiin korjata säätämällä näytön värintoistoa, erityisesti sinisen ja punaisen värin kirkkautta. Säätämällä erikseen molempien värien kirkkautta ongelma saatiin pahenemaan, minkä takia ongelmaa pyrittiin lähestymään eri näkökulmasta. Apu löydettiin säätämällä näytön värikylläisyyttä värisuodatinlasit päässä. Tällä tavoin haettiin asetus, jossa stereokuvasta saatiin toimiva. Miellyttävämmäksi kuva saatiin vähentämällä vielä hiukan kontrastia.

Testeissä havaittiin myös ongelmia kolmiulotteisessa hahmottamisessa. Mittamerkin korkeuden hahmottaminen saattaa olla aluksi vaikeaa. Osaltaan tämä voi johtua näytön värintoistoon liittyvistä ongelmista, mutta siihen voi liittyä myös puutteita havainnoitsijan kolmiulotteisessa hahmotuskyvyssä. Ongelma ilmenee niin, että mittamerkki havaitaan kaksoiskuvana jolloin syvyyssäätö näyttää vaikuttavan vain mittamerkkien keskinäiseen etäisyyteen. Havainnointi helpottuu, kun siirrytään tarkastelemaan kuvaan 1:1 mittakaavassa. Tällöin kaksoiskuvaa ei esiinny jos näytön värintoisto on värisuodatinlaseille sopiva.

Koska stereokuvan muodostumiseen vaikuttavat näytönohjaimen, näytön ja värisuodatinlasien muodostama kokonaisuus, tulee toimivaa kokonaisuutta haettaessa kiinnittää huomiota kaikkien ominaisuuksiin.

3.1.6 Ohjelman toiminnot

Ohjelman toiminnoista tarkasteluun valittiin kaukokartoituskurssilla opetettavaksi suunniteltuja ominaisuuksia. Toimintojen tarkastelussa pyrittiin ensisijaisesti varmistamaan toimintojen olemassaolo ja niiden ominaisuuksien vastaavuus opetuksen tarpeisiin. Eri ominaisuuksia ei lähdetty testaamaan laajalla aineistolla, koska useat toiminnoista ovat ilmaisversiossa rajattuja. Koska suuri osa toiminnoista vaikutti lisäksi vievän vähän laitteistoresursseja, voidaan olettaa resurssien riittävän ohjelmiston sallimissa rajoissa.

Opetukselliset tarpeet eivät vaadi laajalla aineistolla testaamista, koska ohjelmalla on tarkoitus esitellä ensisijaisesti kartoituksessa vaadittavia tekniikoita ja opettaa kaukokartoituskuvien tulkintaa. Ohjelmalla ei todennäköisesti tulla suorittamaan laajoja kartoitustehtäviä, eikä muutenkaan ole perusteltua opettaa tietyn ohjelman täydellistä hallintaa.

Opetukselle asetettujen tavoitteiden mukaan ohjelmalla tulisi olla mahdollista esittää erilaisilla sensoreilla tuotettuja kuvia ja katsella niitä kolmiulotteisesti. Testilaitteistolla kuvien kolmiulotteinen katselu on mahdollista vain anaglyfissä stereotilassa, koska näytönohjin ja näyttö eivät tue muita stereonäyttötiloja. Testauksessa käytetty ohjelmistovalmistajan esimerkkiaineisto rajasi eri sensorein tuotetun aineiston neljään. Näistä DMC ja UltraCamX olivat digitaalisia sensoreita sekä RC20 ja RC30 analogisia ilmakuvauuskameroita.

Kuvien orientointia testattiin suorittamalla esimerkkiaineiston avulla uusi projekti. Käytännössä orientointimahdollisuutta testattiin sekä digitaalisin sensorein että ilmakuvauuskameralla tuotetuilla kuvilla. Tällöin joudutaan käyttämään hieman erilaisia tekniikoita. Ilmakuvauuskameralla tuotetuille kuville voidaan suorittaa automaattinen sisäinen orientointi, kun ohjelmalla yhdistetään ensin kuviin kuvauuskameran tiedot. Digitaalisilla sensoreilla tuotetuilla kuvilla sisäinen orientointi on tehtävä manuaalisesti.

Keskinäistä orientointia testattiin antamalla ohjelman hoitaa orientointi automaattisesti. Orientointi onnistui ainakin testatuilla kuvilla ilman ongelmia, ainostaan käyttäjistä aiheutuvat virheet estivät toisinaan automaattisen orientoinnin. Mikäli automaattinen orientointi ei onnistu, kuvat on mahdollista orientoida myös manuaalisesti.

Kuvien ulkoista orientointia ei suoritettu, koska tarvittavat tiedot olisi täytynyt hakea olemassa olevista projekteista, eikä sillä olisi saavutettu työn kannalta oleellista tietoa. Ulkoinen orientointi tehdään käytännössä samalla tavoin kuin kuvien manuaalinen keskinäinen orientointi, joten sen katsottiin olevan opetuskäytössä riittävän helposti suoritettavissa, kunhan työssä tarvittava aineisto on valmisteltu etukäteen. Lisäksi stereonäkymä toimii ilman ulkoista orientointia jos kuvien keskinäinen orientointi on kunnossa. Tällöin onnistuu myös vektoritasojen tekeminen ja vektorikohteiden piirtäminen, joten ulkoinen orientointi ei ole opetuksen kannalta aivan välttämätön.

Kuvien orientointiin tarvittavat työkalut löytyvät ohjelmassa pääosin yhden valikon takaa, mikä helpottaa orientoinnin suorittamista. Käytettävyyden kannalta voisi olla eduksi, jos ohjelmassa tunnistettaisiin ladattujen ilmakuvien tyyppi jo lisättäessä niitä projektiin. Tällöin voitaisiin valikoista suodattaa pois niitä toimintoja, joita kyseisillä kuvilla ei voi käyttää, kuten automaattinen sisäinen orientointi digitaalisilla sensoreilla tuotetuilla kuvilla. Nykyisellään automaattiset toiminnot aiheuttavat virheilmoituksen, josta tosin on pääteltävissä, mistä virhe käytännössä johtuu. Informatiivisten virheilmoitusten voi katsoa korvaavan käytönaikaista ohjeistusta ja helpottavan sinällään ohjelman käyttöä. Satunnaisessa käytössä, millaista opiskeluaikaisen käytön voi katsoa olevan, olisi käytönaikainen ohjeistus kuitenkin virheilmoituksia parempi tapa hoitaa asia.

Kuvilta tehtäviä mittauksia testattiin käyttämällä anaglyfistä stereotilaa, jolloin voitiin arvioida myös korkeuksia ja tuottaa kolmiulotteista vektoritietoa. Kolmiulotteisessa kartoituksessa korkeutta voidaan säätää joko hiiressä näppäimien välissä olevan rullan avulla tai mittamerkki voidaan asettaa seuraamaan automaattisesti pinnankorkeutta. Mittamerkkiä voidaan ohjata hiiren avulla, mikä lienee nopein keino. Tällöin varsinainen kohteen asettaminen

vektoritasolle hoidetaan insert-näppäimellä ja vektorikohteen mittaaminen lopetetaan esc- tai enter-näppäimestä.

Vektoritasojen hallinnassa ja kartoituksessa ongelmaksi nousi ensin kohteiden sijoittaminen oikeille tasoille. Kartoittamisessa oleellista on pitää tasojen hallintaikkuna auki, koska muuten piirtäminen ei onnistu. Hallintaikkuna aukeaa automaattisesti, kun vektoritaso luodaan. Jos ikkunan on kuitenkin epähuomiossa sammuttanut, ei uuden vektoritason avaaminen aukaise uutta hallintaikkunaa, ja kohteiden lisääminen tasolle on mahdotonta. Ikkuna tulee aukaista uudelleen ikkunat -valikosta, mikä ohjelmaa testattaessa vaatii käyttöohjeen lukemista.

Vektoritasojen siirtäminen muihin paikkatieto-ohjelmiin on toteutettu monista muista ohjelmista tutulla tavalla export -toiminnon kautta. Vastaavalla tavalla vektorimuotoisia tietoja voidaan myös tuoda ohjelmaan. Ohjelma tukee useita eri tiedostomuotoja, joista tärkeimpiä ovat AutoCADin .dxf sekä MapInfon ja ArcGISin MIF/MID ja Shape -tiedostomuodot. Käytännössä ohjelmalla voidaan siirtää vektoritietoa lähes kaikkiin muihinkin ohjelmiin, jos käytössä on jokin edellä mainituista ohjelmista, koska kyseisillä ohjelmilla voidaan lukea ja kirjoittaa suuri määrä eri tiedostomuotoja.

Ohjelman voidaan katsoa suoriutuvan kaukokartoituskurssilla opetettavista tehtävistä. Esimerkkiaineistot voidaan myös katsoa riittävän laajoiksi ja monipuolisiksi, koska saatavilla on erityyppisillä sensoreilla tuotettuja kuvia. Opetuksen kannalta voisi olla parempi jos aineistoa olisi saatavilla myös Suomesta, koska tällöin voitaisiin käyttää tuttuja koordinaattijärjestelmiä. Ilmakuvien tulkinnassa voitaisiin tällöin myös havainnoida tutumpia kohteita, joita suurella todennäköisyydellä havainnoidaan myös opiskelun jälkeisessä työelämässä. Lisäksi esimerkkiaineiston alueelta puuttuvat suuret maaston korkeuserot, mikä voi hankaloittaa stereokartoituksen opettamista.

Käytettävyyttä ei suunnitelmista poiketen lähdetty arvioimaan erilaisin mitattavien indikaattorein, koska toimintojen käytettävyydessä ei testattaessa havaittu sellaisia tekijöitä, jotka olisivat vaatineet erityistä huomiota. Useimmissa toiminnoissa välivaiheita oli vähän ja ohjelma auttoi osittain valintojen te-

kemisessä, minkä lisäksi toimintojen suorittamiseen kului testilaitteistossa niin vähän aikaa, ettei varsinaisia päätelmiä käytettävyydestä suuntaan tai toiseen olisi voinut tehdä vertailukohtien puuttuessa. Voidaankin katsoa, ettei varsinaisia esteitä ohjelman käytölle kaukokartoituksen lähi- tai etäopetuksessa sen toiminnallisuuteen perustuen havaittu.

3.1.7 Ohjelman rajoitukset

Ohjelman rajoituksia pyrittiin havainnoimaan testien aikana, mutta koska käytettävä aineisto itsessään oli rajattu, on ohjelman rajoituksia tarkasteltaessa keskitytty pääasiassa niihin tekijöihin, joita ohjelman valmistaja ilmoittaa ilmaisversiossa olevan. Rajoituksia haettiin sekä ohjelman valmistajan kotisivuilta että käyttöohjeista. Lisäksi työssä oli tarkoitus tukeutua myös ohjelman valmistajan kotisivuilla olevaan keskustelupalstaan, mutta keskustelujen vähäisyyden vuoksi suunnitelmaa ei voitu toteuttaa.

Käytännön testien aikana havaittiin vain kaksi rajoitusta, joista toinen oli ensimmäisellä käyttökerralla annettu ilmoitus anaglyfitilan käytöstä stereotyöskentelytilassa, koska näytönohjain ei tue muita ohjelman tukemia stereotyöskentelytiloja. Toinen rajoitus havaittiin ladattaessa projektiin digitaalisella skannerilla tuotettuja kuvia. Tällöin ohjelma ilmoitti kuvien maksimimääräksi kaksi. Käytettäessä esimerkkiprojekteja kuvien määrä oli kuitenkin suurempi.

Valmistajan ilmoituksen mukaan ohjelmalla ei voi suorittaa ADS40-sensorilla tuotettuja ilmakuvaprojekteja. Lisäksi muissa projekteissa käytettävien kuvien määrä on rajattu kymmeneen keskusprojektiokuvilla ja kahteen satelliittiskannerin kuvilla. Vektorielementtien määrä on rajattu 1000 solmupisteeseen. Photomod Mosaicin osalta rajoitukset sisältävät kuvien määrän rajoituksen kymmeneen ja korkeusmallin solujen maksimimäärän 100 000. Lisäksi suurin tuotetun ortokuvamosaiikin koko on 10 megapikseliä.

Ohjelman opetuskäytön kannalta tärkeimmät rajoitukset koskevat stereotilan käyttöä. Jos stereotyöskentelyssä halutaan käyttää page-flipping tekniikkaa, tulee laitteistoon kiinnittää erityistä huomiota. Käyttöohjeessa luvataan ohjelman tukevan pääasiassa Nvidian ammattikäyttöön suunnittelemaa Quadro FX -sarjaa. Lisähuomautuksena käyttöohjeessa mainitaan, etteivät Quadro 4

-sarjan näytönohjaimet ole tuettuja Windows 7:ssä eivätkä Windows Vistas-
sa. Anaglyfinen stereotila toiminee useimmilla laitteistoilla, mutta voi vaatia
hieman näytön värien säätämistä.

3.1.8 Ohjelmistotekninen yhteensopivuus

Ohjelman käyttöohjeessa suositellaan käyttämään kuvien tuonnissa ohjel-
man omaa Photomod MS-TIFF -formaattia, jossa kuvista on muodostettu
kuvapyramidi. Ohjelmaan voidaan tuoda kuvia muissakin formaateissa, mutta
se voi hidastaa käyttöohjeen mukaan ohjelman toimintaa. Ottaen huomioon
Lite -version tiukat rajoitukset kuvien määrään projektia kohden, ei muiden-
kaan kuvaformaattien käytöstä todennäköisesti seuraa järjestelmän hidastu-
mista. Ohjelmaan voidaan tuoda kuvia muun muassa seuraavissa kuvafor-
maateissa: TIFF, BMP, JPG, GIF, ja PNG. Lisäksi ohjelma tukee Erdas Ima-
gine IMG- ja JPEG2000-formaattia.

Tiedostojen siirto Photomod-ohjelmasta voidaan tehdä käyttämällä export-
toimintoa, joka osaa kirjoittaa yli kymmeneen eri tiedostoformaattiin. Opetus-
käytössä tärkeimpiä ovat MapInfon siirtotiedosto .mif ja AutoCADin .dxf, jon-
ka lisäksi siirto voidaan tehdä myös ArcGISin shape -formaattissa. Vektori-
tasojen siirtoa testattiin käytännössä piirtämällä vektoriohteja usealle eri
tasolle. Tasoista tehtiin ohjelmalla siirtotiedostot, joiden avautumista testattiin
aiemmin mainituissa ohjelmissa.

Siirto onnistui käytännössä ilman ongelmia. MapInfossa siirtotiedosto avattiin
import -toiminnolla, jolla muodostettiin ohjelman oman tiedostoformaatin mu-
kainen tiedosto. Avatussa tiedostossa objektit kuvautuivat photomodissa
määritetyissä väreissä samalle tasolle. Objektien koodit ja nimet kuvautuivat
myös oikein. Ongelmana siirrossa oli käytännössä se, että tehtäessä siirto-
tiedostoa Photomodissa, ei koordinaatistoa määritetty. Tämän takia käytössä
oli paikallinen suorakulmainen koordinaatisto, jonka muuttaminen MapInfos-
sa muuhun tunnettuun koordinaattijärjestelmään on hankalaa. Muodostetta-
essa Photomodissa siirtotiedostoa voidaan muodostuvan tiedoston ominai-
suuksiin vaikuttaa muun muassa poistamalla kaikki korkeudet, minkä lisäksi
koordinaattijärjestelmä voidaan muuntaa tarvittaessa halutuksi.

AutoCADiin siirto onnistuu vastaavalla tavalla. MapInfosta poiketen tiedostoa ei tarvitse tuoda erillisellä toiminnolla ohjelmaan, vaan se aukeaa normaaliin tapaan avaa -valikon kautta. Avatussa tiedostossa tasot kuvautuivat samoissa väreissä kuin Photomodissa oli määritetty ja geometrialtaan oikeanlaisena. Elementit olivat omilla tasoillaan, mikä poikkesi hiukan MapInfon tavasta asettaa kaikki elementit samalle tasolle. Vaikka AutoCADiin vektorit olisi voitu tuoda kolmiulotteisessa muodossa, ei sitä lähdetty erikseen testaamaan, koska usein peruskartoitustehtävissä riittää kohteiden kaksiulotteinen kuvaus.

Ohjelmasta voidaan siirtää joitain tietoja myös suoraan Google Earth-ohjelmaan KML-formaatissa. Ilmakuvablokin asettelun siirtämiseksi täytyi projektin koordinaatisto ensin muuttaa paikallisesta suorakulmaisesta koordinaatistosta muuksi tunnetuksi suorakulmaiseksi koordinaatistiksi. Koska paikallista koordinaatistoa tai paikkaa ei tunnettu tarkasti, testattiin siirtoa valitsemalla Stetson-Harrison -menetelmällä venäläinen koordinaattijärjestelmä. Ilmakuvablokin geometria kuvautui tällöin Google Earth -ohjelmassa oikeassa muodossa, mutta aivan väärässä paikassa. Siirron voidaan katsoa olevan toimiva, koska tavallisesti ilmakuvaprojektissa paikallinen koordinaattijärjestelmä on tiedossa, jolloin siirto onnistuu paremmin.

3.2 Ohjelman etäopetus ja -kustannukset

Ohjelman etäopetuksen aiheuttamia kustannuksia arvioitiin karkeasti ohjelman testauksen aikana saatujen vaikutelmien perusteella. Käytännössä kustannuksia voi syntyä panostuksista ohjelman käytössä tarvittavaan laitteistoon tai esimerkiksi ohjelman opiskelun aiheuttamista vapaa-ajan menetyksen vaihtoehtokustannuksista. Vaikeasti opetettavan ja omaksuttavan ohjelman aiheuttamat kustannukset ovat suuremmat niin opettavalle taholle kuin opiskelijallekin. Jos ohjelma poikkeaa liiaksi muista alalla käytössä olevista vastaavaan tarkoitukseen käytetyistä ohjelmistoista, voidaan ajatella osan ohjelman käytön opetteluun kuluneesta ajasta olevan turhaa. Kuluja ei lähdetä arvioimaan rahassa, koska eri muuttujien suuren määrän takia se on käytännössä mahdotonta.

Tarkasteltaessa ohjelman vaatimia panostuksia laitteistoon voidaan heti erottaa muutamia kohteita, jotka vertailulaitteistona olevasta kokoonpanosta puuttuvat. Stereokartoituksen vaatimat anaglyfilasit puuttunevat useimmilta opetukseen osallistuvilta. Käytännössä tämä merkitsee useimmiten pieniä rahallisia panostuksia kartonkiin sekä punaiseen ja siniseen muovikalvoon. Vaikka yhtälöön lisätään hiukan aikaa ja askartelua, eivät kokonaiskustannukset nouse silti korkeaksi. Ongelmana saattaa olla oikeanvärisen muovikalvon löytäminen ja näytön värien säätäminen stereovaikutelman aikaansaamiseksi. Tähän kuluva ajallisen panostuksen määrää voitaneen arvioida tunneissa. Lisäksi oikeanlaisten värisäätöjen löytämiseen voidaan joutua käyttämään aikaa varsinaisen opetuksen yhteydessä.

Toinen tekijä liittyy stereokartoituksessa käytettyyn tekniikkaan. Testilaitteistossa oli käytössä vertailulaitteistoissakin yleinen tasohiiri, jolloin stereokartoituksessa tarvittava osoittimen korkeussäätö tulee tehdä käyttämällä PgUp- ja PgDn -näppäimiä. Osoittimen korkeus voidaan säätää myös automaattisesti painamalla välilyöntiä, mutta automaattisen korkeudensäädön toimivuus oli ohjelmassa heikkoa. Mikäli käytössä on ulkoinen rullahiiri, mikä on suositeltavaa, voi korkeuden säätöön käyttää hiiren rullaa. Tällöinkin kartoituksessa on turvauduttava näppäimistöön, koska varsinaisten elementtien sijoittelu kartalle tehdään insert -näppäimellä. Rullahiiren hankintakustannukset riippuvat hiiren laadusta, mutta halvimmat rullahiiret sijoittuvat noin 10 € hintaluokkaan. Ilman rullahiirtä tapahtuvassa työskentelyssä aiheutunee rullahiiren hankintakustannuksia suuremmat kulut toiminnan hitauden aiheuttamina vaihtoehtokustannuksina. Asia saattaa muuttua, mikäli tasohiirtä voidaan käyttää vasemmalla kädellä, jolloin oikea käsi vapautuu painamaan insert- ja PgUp- ja PgDn -näppäimiä.

Ohjelman etäopetuksessa kustannuksia voivat lisätä laitteistokustannuksen lisäksi erilaiset yhteensopivuusongelmat tai esimerkiksi etäopetukseen käytettävän ohjelmiston tekniset puutteet. Rovaniemen ammattikorkeakoulussa etäopetukseen käytetään LearnLinc -etäopetusjärjestelmää, josta opiskelijalle näkyvin osa ovat järjestelmän kirjautumissivusto ja ensimmäisellä kirjautumiskerralla latautuva asiakasohjelmisto. Opetusta voidaan seurata kirjautumisen jälkeen liittymällä opetustapahtumaan, jolloin asiakasohjelmisto

käynnistyy automaattisesti avaten ääni- ja kuvayhteyden kyseisen istunnonpitäjän aineistoon.

Kustannuksia etäopetukseen osallistumisesta voi opiskelijalle syntyä laitteistovaatimusten kautta. LearnLinc mahdollistaa vuorovaikutuksen opettajan ja oppilaiden välillä kuva-, ääni- ja videoyhteydellä. Tällöin käytössä tulee olla kuulokkeet, mikrofoni ja videokamera. Testilaitteistona olevassa kannettavassa kaikki kolme olivat sisäänrakennettuina, mikä oli hyvin tavallista saman hintaluokan kannettavissa laitteiston ostoajankohtana. Voidaan olettaa ettei vertailulaitteiston tasoisen kokoonpanon omistajalle koidu etäopetukseen osallistumisesta suuria laitteistokustannuksia. Mikrofonin ja videokameran tarpeellisuus etäopetuksessa voidaan myös katsoa useimmissa tilanteissa vähäiseksi, ohjelmaan sisällytetty kirjallinen keskustelumahdollisuus vähentää molempien tarvetta.

Tekniseltä toiminnaltaan käytettävä etäopetusympäristö mahdollistaa Photomodin opettamisen, mutta ohjelman tiettyihin piirteisiin on kiinnitettävä opetuksessa erityistä huomiota. Koska ohjelman eri komponentit sijoitellaan erillisiin ikkunoihin, tulee ohjelmaa jaettaessa valita kaikki halutut ikkunat, jotta ne pysyvät kokoajan myös oppilaan näkyvillä. Käytännössä ohjelman eri ikkunat pysyvät näkyvillä myös, mikäli ne olivat sijoitettu työpöydälle, jaettavan ikkunan päälle. Samoin näkyvissä pysyvät jaetun ikkunan päälle laitettut Linc-ohjelmiston komponentit. Jos jaetun ikkunan päälle sijoittaa jonkun muun ohjelman ikkunan, näkyy tämä ikkuna mustana laatikkona opiskelijan näkyvässä.

Toinen mahdollisia ongelmia aiheuttava tekijä voi olla stereotyöskentelyn vaatima anaglyfitila. Stereovaikutelman saavuttamiseksi tulisi värisuodatinlasien ja näytön väritoiston olla yhteensopivat. Etäopetuskäytössä tämä käytännössä merkitsee, että saavuttaakseen stereovaikutelman on opiskelijan säädettävä näytön värejä, kirkkautta ja kontrastia yhteensopivaksi lasien kanssa.

Istuntoa hallitsevan opettajan laitteistossa olisi hyvä olla kaksi näyttöä. Tällöin voitaisiin saada lisää työskentelytilaa laajentamalla työpöytä molempiin

näyttöihin. Istunnossa opetettava ohjelma voitaisiin pitää pienemmässä näyttössä, jolloin se näkyisi suurempana opiskelijan näytöllä. Tämä johtuu siitä, että Iinc -ohjelma skaalaa jaetun ohjelman opiskelijan ruudulle jaetun ohjelman suoritusikkunan koon mukaan. Jos jaettava ikkuna on sijoitettuna suurempaan näyttöön, skaalaus ei välttämättä toimi. Tällöin jaettava ohjelma voi näkyä pienenä oppilaan näytön oikeassa tai vasemmassa laidassa. Käytettäessä kahta näyttöä voitaisiin kaikki opetusta tukevat ikkunat pitää toisella näytöllä, jolloin ne eivät häiritsisi opiskelijan näkymää. Tällöin opettajan olisi myös helpompi seurata opiskelijoilta keskusteluun tulevia viestejä.

Kahden näytön käyttämisestä olisi hyötyä myös opiskelijalle, koska tuolloin etäopetuksen seuraaminen ja Photomodin yhtäaikainen käyttäminen olisi helpompaa. Toinen näyttö tulisi hankkia heti opiskelujen alkaessa, jolloin siitä aiheutuvat kustannukset voitaisiin jakaa kaikkien kurssien kesken. Tällöin laitteistokustannukset eivät nousisi kurssia kohden laskettuina liian korkeiksi ja näytöstä saatava hyöty kasvaisi. Käytännössä hyödyiksi voidaan tässä tapauksessa laskea tehostuneen opiskelun tuoma ajallinen säästö sekä mahdollisesti paremmat oppimistulokset. Ajan säästö laskee opiskelijalle koituvia vaihtoehtoiskustannuksia ja paremmat oppimistulokset voivat hyödyttää opiskelijaa tulevalla uralla, jolloin opiskeluun investoitu pääoma tuottaa paremman koron.

Kokonaisuudessaan Photomodin opetuksesta aiheutuvat laitteistokustannukset ovat varsin pieniä. Vaihtoehtoiskustannusten voidaan laskentatavasta riippuen olettaa olevan suurempia kuin laitteistokustannusten. Vaihtoehtoiskustannusten luotettava rahallinen arviointi on kuitenkin hankalaa, koska ne voidaan laskea vain henkilökohtaisten preferenssien perusteella. Vaihtoehtoiskustannukset voivat olla suuret jos opiskeluun käytetään työaika. Tällöin vaihtoehtoiskustannukset voidaan arvioida menetettynä ansiotulona ja pidemmällä tarkasteluvälillä myös eläketulon menetyksenä. Koska vaihtoehtoiskustannukset riippuvat paljon myös opetuksesta ja kurssivaatimuksista, täytyy opetukseen liittyviä kustannuksia tarkastella yhdessä opiskelijan etäopetuskustannusten kanssa.

Opetuksen kannalta kustannuksia syntyy erityisesti kurssin suunnittelusta ja materiaalin valmistamisesta. Vaikka ohjelman mukana tulee sinällään varsin hyvä ilmakehu-aineisto, voi sen puutteiksi katsoa huonot sijaintitiedot ja pinnanmuotojen vähäisyyden. Tämä voi vaikuttaa stereokartoituksen opetukseen, koska pinnanmuotojen tulkitseminen on vaikeampaa ja sitä kautta myös hitaampaa. Lisäksi erilaisten kohteiden tulkitseminen ilmakehu-aineistosta olisi helpompaa jos aineisto vastaisi paikallisia olosuhteita.

Toinen ongelma aineistossa on se, että kartoittamalla saadun vektoraineiston siirtämiseksi paikkatieto-ohjelmaan olisi hyvä tietää aineiston sijainti josakin muussa kuin paikallisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa. Aineiston siirtäminen ilman tunnettua koordinaatistoa on mahdollista, mutta opetuksen kannalta olisi hyvä jos kartoitetun aineiston voisi yhdistää olemassa oleviin aineistoihin. Tällä voitaisiin lisätä opiskelijoiden taitoja soveltaa erilaisia tekniikoita yhdessä tuottaakseen uutta aineistoa ja tietoa maanpinnan kohteista.

Aineiston olemassa olevat puutteet voivat lisätä painetta hankkia tai tuottaa tarvittavaa opetusmateriaalia. Paikkatieto- ja tilastoaineistojen saatavuuden takia myös ilmakehu-aineisto voisi olla suomalainen. Tällöin voitaisiin kartoittamalla saatuun aineistoon yhdistää paikkatieto-ohjelmassa erilaisia tilastoaineistoja, minkä lisäksi aineistosta voitaisiin tuottaa erilaisia teemakarttoja. Tällä ei tietystikään ole suurta merkitystä jos katsotaan, että kaukokartoituksen kurssilla oppilailta ei vaadita syvällisempää analysointitaitoa. Joka tapauksessa aineiston käytettävyyden lisäämiseksi on opetusta valmistettava hankkimalla tietoa aineiston sijainnista ja paikallisista koordinaattijärjestelmistä, mistä voi syntyä joko rahassa mitattavia tai muita kustannuksia. Lisäksi oleellista on huomata se, ettei ilmaiseksi ladattava aineisto ole välttämättä kokonaiskustannuksiltaan halvin vaihtoehto, vaikka tässä tapauksessa voi niin ollakin.

Kustannusten jakaantuminen oppilaitoksen ja opiskelijan kesken on myös eräs huomion arvoinen seikka. Etäopetuksessa opetukseen käytettävien aineistojen valmistamiseen ja opetuksen suunnitteluun kuluva aika koskettaa vain oppilaitosta. Oppilaitos voi pyrkiä minimoimaan kustannuksia vähentä-

mällä suunnitteluun kuluvaan aikaan, jolla voi olla oppiaineistojen laatua heikentävä vaikutus, tai opettamalla samoilla aineistoilla mahdollisimman pitkään ja monelle opiskelijalle. Tähän voidaan päästä esimerkiksi suunnittelemalla opetuskokonaisuudet niin, että niitä voidaan käyttää eri oppiaineita opiskelevien opetuksessa. Syventävien opintojen kohdalla tämä voi kuitenkin olla vaikeaa.

Kustannusten liiallinen säästö voi kuitenkin kostautua laadullisena heikkene misenä, millä voi olla vaikutusta oppilaitoksen maineeseen niin työnantajien kuin opiskelijoidenkin näkökulmasta tarkasteltuna. Tällöin liiallisista säästöistä opetuksessa ja oppimateriaaleissa voi koitua muita kuluja, jotka saattavat ylittää alkuperäiset säästöt. Voidaan myös ajatella, että laiminlyödessään laadukkaan oppimateriaalin tuotannon, oppilaitos yrittää vyöryttää kustannuksia opiskelijan maksettavaksi. Heikosti valmistellut aineistot voivat vaikuttaa muun muassa oppimistuloksiin ja opiskelumotivaatioon. Näistä tekijöistä johtuen opiskelu voi hidastua, mistä kärsii myös oppilaitos. Lisäksi opintojen hidastumisella voidaan katsoa olevan varsin korkeat vaihtoehtoiskustannukset opiskelijan kannalta, minkä lisäksi opintojen hitaasta edistymisestä aiheutuu monenlaisia kustannuksia koko kansantaloudelle.

Kustannusten kokonaisvaltaista arviointia varten olisi voitava mitata useita eri tekijöitä. Eri tekijöiden suuren määrään ja vaihtelevuuden takia kokonaiskustannuksia voitaisiin arvioida karkeasti vain erittäin suuressa mittakaavassa. Tällöinkin se olisi tehtävissä vain tilastolliseen aineistoon nojaten, minkä ongelmana voivat olla erilaiset vinoutumat ja tutkimuskentän hajanaisuus. Käytännössä opetuksessa voitaisiin seurata opiskelijoiden kurssin suorittamiseen käyttämää aikaa, jolloin yhdessä oppimistulosten kanssa voitaisiin kustannusten jakautumista pyrkiä hallitsemaan. Tämä voisi tapahtua opetuksen ja itsenäisen työn suhdetta muuttamalla.

4 POHDINTA

4.1 Testausindikaattorien sopivuus

Testausindikaattorien valinnalla pyrittiin selvittämään testikokoonpanon ja vertailukokoonpanon välisten tehokkuuserojen vaikutusta ohjelman toimivuuteen. Valitsemalla vertailukokoonpanoksi jo hiukan vanhentuneeksi katsottava kannettava laitteistokokoonpano pyrittiin varmistumaan siitä, että ohjelma toimii kaikkien maanmittaustekniikkaa opiskelemaan ryhtyvien tietokoneissa eikä aiheuta ylimääräisiä kustannuksia laitteistopäivitysten muodossa.

Ohjelman toimivuus vertailukokoonpanoa hitaammassa testikokoonpanossa varmistaa suurella todennäköisyydellä toimivuuden myös uudemmissa laitteistokokoonpanoissa, koska laitteistojen tehokkuus kasvaa ajan myötä. Komponenttitasolla laitteistojen tehokkuuteen vaikuttavat juuri testausindikaattoreiksi valitut komponentit. Ohjelman indikaattoreihin kohdistamalla kuormituksella on siten suuri merkitys kokonaisuuden toiminnan kannalta, joten valinta voidaan katsoa perustelluksi.

Vaikka ohjelman ja siltä vaadittujen toimintojen suorituksen onnistuminen testikokoonpanossa riittää todistamaan sen toimivuuden vertailukokoonpanossa; on komponenttitason indikaattoreiden tuomalla lisäarvolla merkitystä erityisesti silloin, kun opiskelijan laitteisto on vanhempi pöytäkone tai muuten eroaa merkittävästi vertailulaitteistosta. Tällöin laitteistojen tehoa voidaan yrittää vertailla suoraan komponenttitasolla, koska indikaattoreiden avulla on saatu yhteismitalliset vertailukohdat.

Testaamalla ohjelmiston käyttöä verkkoprofiililla olisi voitu saavuttaa hyödyllistä informaatiota opetuskäyttöä ajatellen, mutta puutteellisten resurssien takia tähän ei ryhdytty, koska opetus voidaan järjestää käytännössä myös ilman verkkoprofiilia. Tällöin kuitenkin joudutaan hakemaan vastaus aineiston sijoitusongelmaan, joko laajentamalla opiskelijan henkilökohtaisen verkkolevyn tilaa tai hakemalla muunlainen tallennusvaihtoehto.

Ohjelman ominaisuuksien käytettävyyden vertailu jää työssä pintapuoliseksi. Eri ohjelmien ominaisuuksia vertailtaessa tulisi asiaan paneutua erityisen huolellisesti ja luotettavien tulosten varmistamiseksi tähän tarvittaisiin kuukausien täysipäiväinen työ. Koska ohjelmaa ei olla hankkimassa tuotantokäyttöön, on ominaisuuksien arvioinnissa keskitytty lähinnä ohjelman opetettavuuden arviointiin. Tällöin riittää, että ohjelmasta on kurssilla tarvittavat toiminnot, minkä lisäksi ohjelman olisi hyvä olla käytettävyydeltään tutun kaltainen. Käytännössä ohjelmiston ei tulisi poiketa merkittävästi muista saman koulutusalan sisällä opetettavista ohjelmista ja tulisi olla valikkorakenteeltaan yksinkertainen ja selkeä, mihin on pyritty kiinnittämään huomiota käytettävyyden arvioinnissa.

Toisaalta voidaan myös ajatella ohjelman eri ominaisuuksien onnistuneen testauksen indikoivan suhteellisen hyvää käytettävyyttä, koska testauksen suorittajan kokemus vastaavanlaisista ohjelmista oli hyvin rajattu. Valmistellun aineiston perusteella tapahtuvassa opetuksessa voidaan ohjelman rajoitukset ottaa huomioon, jolloin eri toimintojen omaksuminen on yksin opiskelua nopeampaa.

Ohjelman eri rajoitusten testaamisessa haasteena oli käytössä oleva aineisto. Aineisto oli valmiiksi sovitettu Lite-version rajoituksiin sopivaksi, minkä takia esimerkkiprojekteja testaamalla ei suoraan voitu päätellä millaisia rajoituksia ohjelma voi asettaa opetuskäyttöä ajatellen. Vain muutamia valmistajan sivuilla ja käyttöohjeessa mainituista rajoitteista voitiin tämän takia testata. Toisaalta ilmoitetut rajoitukset ovat luonteeltaan sellaisia, että ne eivät rajoita ohjelman opetuskäyttöä vaan estävät lähinnä sen tuotannollisen käytön, mikä lienee ollut ohjelman valmistajan tarkoitus.

Ohjelman etäopetuskustannusten arvioinnissa jouduttiin pitäytymään yleisellä tasolla tehdyissä päätelmissä, koska käytännössä tieteellisesti pitävien arvioiden tekemiseksi ohjelman opetettavuutta olisi täytynyt testata aidossa ympäristössä aitojen opiskelijoiden kanssa. Tällöin olisi voitu tehdä johtopäätöksiä opetukseen käytetyn ajan, oppilaan käyttämän ajan ja oppimistuloksien perusteella. Koska työn tarkoituksena oli selvittää ohjelman käyttöä etäopetuksessa eikä opetusta näin ollen ollut vielä järjestetty, ei kustannuksia läh-

detty tarkasti arvioimaan. Ohjelman arvioinnin aikana tehdyistä huomioista voi kuitenkin olla hyötyä varsinaista opetusta suunniteltaessa, minkä takia kustannusten arviointiosuutta ei kokonaan työstä poistettu. Toisaalta tiedon ylimääräisten laitteistokustannusten pienuudesta voi katsoa sinällään olevan työn kannalta oleellista tietoa, joka voi osaltaan tukea päätöstä ohjelman opetuskäyttöön ottamisesta.

4.2 Testikokoonpanojen edustavuus

4.2.1 Laitteisto

Laitteiston rajaus suoritettiin luotettavana pidetyn Kodintekniikka-alan tiedotusfoorumien tilastojen perusteella. Tilastojen mukaan kannettavien tietokoneiden osuus vuonna 2009 ja 2010 myytyjen uusien tietokoneiden kokonaismäärästä oli yli 80 %. Voidaan olettaa, että useimmilla opiskelijoilla on käytössään kannettava tietokone, joten ohjelman testaaminen kannettavassa laitteistossa on perusteltua.

Valintaa voidaan perustella myös teknisestä näkökulmasta. Erityisesti halvemman hintaluokan kannettavissa, joita opiskelijoilla voidaan olettaa olevan, on tehty kompromisseja laitteiston komponenttien valinnassa. Käytännössä saman hintaluokan kannettavia ja pöytäkoneita verrattaessa on pöytäkone useimmiten nopeampi ja ominaisuuksiltaan monipuolisempi. Mikäli testattava ohjelmisto toimii kannettavassa, toimii se luultavasti paremmin pöytäkoneessa.

Käytetty testilaitteisto oli teholtaan hiukan vertailulaitteistoksi muodostunutta kannettavaa kokoonpanoa huonompi. Se vastasi kuitenkin muuten ominaisuuksiltaan vertailulaitteistoa, joten sen voi perustellusti katsoa olevan sopiva ohjelman testaamiseen. Alhaisempi teho merkitsee, että ohjelman toimiessa testikokoonpanossa toimii se todennäköisesti myös vertailulaitteistossa. Tällöin se toimii suurella todennäköisyydellä myös uudemmissa kannettavissa kokoonpanoissa, mikä oli testaamisen eräs lähtökohta.

4.2.2 Käyttöjärjestelmä

Ohjelma on saatavilla vain Windows -käyttöjärjestelmään, joten testaamiseen ei voitu käyttää muita käyttöjärjestelmiä. Vertailukokoonpanoksi valitun kokoonpanon käyttöjärjestelmäksi ei ollut kyseisenä ajankohtana saatavilla käytännössä kuin Windows Vista. Testaamisessa lähtökohdaksi otettiin juuri kyseinen käyttöjärjestelmä, koska voidaan olettaa, ettei käyttöjärjestelmää vaihtaneiden osuus kaikkien kannettavan tietokoneen kyseisenä ajankohtana ostaneiden keskuudessa ole suuri.

Nykyisissä kannettavissa käyttöjärjestelmänä voi olla myös Windows 7. Käyttöjärjestelmä pohjautuu Windows Vistassa esiteltyihin tekniikoihin, minkä takia voidaan olettaa, että ohjelmisto toimii yhtäläillä molemmissa käyttöjärjestelmissä. Yleisesti Vistaa pidetään erityisen paljon järjestelmäresursseja kuluttavan käyttöjärjestelmänä. Osittain tämä johtuu käyttöliittymään lisätystä visuaalisista komponenteista, jotka ovat käytössä myös Windows 7:ssä. Järjestelmän käyttöä voi nopeuttaa vähentämällä visuaalisten efektien käyttöä.

Testattaessa ohjelman toimintaa käytettiin kaikkia visualisointeja, koska tilastotietoa niiden käytön aiheuttamasta järjestelmän hidastumisesta ei ollut saatavilla. Käyttämällä laitteiston kannalta kaikkein eniten järjestelmäresursseja kuluttavia asetuksia voidaan eliminoida osaltaan järjestelmän optimoinnin vaikutukset sen tehokkuuteen. Tällä pyrittiin varmistamaan, ettei ohjelman toimintaa testilaitteistossa tarpeettomasti helpotettu ja samalla vääristetty testituloksia positiiviseen suuntaan. Parhaaseen lopputulokseen tutkimuksen kannalta olisi päästy selvittämällä keskimääräisiä Windowsin suorituskykyasetuksia, mutta muuttujien suuren määrän takia tähän ei ryhdytty.

4.3 Suositukset

Käytettäessä ohjelmaa lähiopetukseen tulisi verkkoprofiilien käyttöä harkita, koska aineistojen suuren koon takia niiden kopioiminen opiskelijan verkkolevyille on nykyisellään mahdotonta. Vaihtoehtoisesti verkkolevytilaa voitaisiin lisätä jolloin aineisto voitaisiin kopioida opiskelijan omaan kansioon. Tällöin sitä voitaisiin vapaammin muokata. Verkkoprofiilin käyttöä ja aineiston muok-

kaamista usealla koneella tulisi testata käytännössä. Samalla olisi hyvä testata aineiston käsittelyä henkilökohtaiselta verkkolevyltä tai muistitikulta.

Ohjelma ja esimerkkiprojektit voitaisiin etäopetuskäyttöä silmälläpitäen polttaa DVD:lle, jottei kaikkien opiskelijoiden tarvitsisi ladata ohjelmistoa erikseen. Tällä helpotettaisiin ainakin niiden etäopiskelijoiden asemaa, joiden Internet-yhteyksien laadussa on puutteita. Tällöin opiskelijoiden ei myöskään tarvitsisi erikseen rekisteröityä ohjelmistovalmistajan sivuille ladatakseen ohjelman, mikä ei toisaalta ole valmistajan edun mukaista.

Koska stereotilan toimivuudessa oli ongelmia, jotka ovat ratkaistavissa vain harvemmin tarvittavan perustietoteknisen osaamisen avulla, tulisi tuo osaaminen varmistaa tai kerrata opintojen alussa. Tietotekniikan perustaitojen kehittämiseksi voitaisiin suunnitella harjoituksia, joissa olisi käytettävä monipuolisesti erityyppisiä taitoja. Näin voitaisiin samalla kehittää ongelmanratkaisukykyä, joka on esiintymistaidon lisäksi erittäin hyödyllinen taito työelämässä.

Photomod 5.0 Lite havaittiin testattaessa riittävän monipuoliseksi ominaisuuksiltaan ja käytettävyydeltään sopivaksi myös opetuskäyttöön. Ohjelman käyttöohjeet ovat kuitenkin sellaisenaan opetuskäyttöön tarpeettoman laajat. Ongelmaksi saattaa myös muodostua käyttöohjeen englanninkielisyys ja osittain myös pienet kieliopilliset virheet. Käyttöohjeesta voitaisiin tehdä opetuskäyttöä ajatellen tiivistetty suomenkielinen pikaohje. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi opinnäyte- tai projektityönä.

LÄHTEET

- Ashenden, D. 1987. Costs and costs structure in external studies. Evaluations and investigations program. Canberra: Commonwealth tertiary Education Commission.
- Ati 2010. Ati Mobility Radeon Hd3400 Series Specs. Osoitteessa <http://www.amd.com/us/products/notebook/graphics/ati-mobility-hd-3000/hd-3400/Pages/hd-3400-specs.aspx> 2.11.2010.
- Berschewsky, T. 2008. Edulliset kotikannettavat – Helppo vaihtoehto pöytä-koneelle. MikroBitti 9/2008, 40–46.
- Blom-kartta 2010. Blom-kartta – Aerial Photography. Osoitteessa <http://www.blominfo.dk/finland/fi/tuotteet--palvelut/aerial-photography> 4.11.2010.
- Bramble, W.–Santosh, P. 2008. Organizational and Cost Structures for Distance and Online Learning. – Teoksessa Economics of Distance and Online Learning: Theory, Practice, and Research (toim. W. Bramble ja P. Santosh), 1-12. New York: Routledge.
- Campbell, J. 1993. Map Use and Analysis. Second edition. Yhdysvallat: Wm. C. Brown Communications, Inc.
- Campbell, J. 1996. Introduction to Remote Sensing. Second edition. Yhdysvallat: The Guilford Press.
- Digi-kuva 2010. Tärkeitä RGB-väriprofiileja. Osoitteessa http://www.digi-kuva.fi/articles/798/adobeRGB+srgb_410nl.jpg. 12.11.2010.
- Flyktman, R. 2004. PC-käsikirja. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Flyktman, R. 2006. PC Tehokäytössä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy
- Heipke, C. 2001. Digital Photogrammetric Workstations - A review of the state-of-the-art for topographic applications. – Teoksessa GIM International (15) 4/2001. 35-37. Osoitteessa http://www.ipi.uni-hannover.de/uploads/tx_tkpublikationen/hei_dpws.pdf. 5.11.2010.
- Inglis, A. 2008. Cost and quality of online learning. – Teoksessa Economics of Distance and Online Learning: Theory, Practice, and Research (toim. W. Bramble ja P. Santosh), 132-147. New York: Routledge.
- Intel 2010. Universal Serial Bus (USB). Osoitteessa <http://www.intel.com/technology/usb/>. 26.10.2010.

- Johnson, S. 2010. Brilliant Microsoft Windows 7. Yhdysvallat: Prentice Hall.
- Jääskeläinen, O. 2009. Tonnin keijut testissä – kannettava koostuu monesta palasta. MikroPC 3/2009, 20–29.
- Kalliala, E. 2002. Verkko-opettamisen käsikirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Kiianmies, M. 2006. Windows XP Tehokäytössä. 2. painos. Helsinki: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Kiianmies, M. 2007. Windows VISTA Tehokäytössä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Kingston 2010. Kingston Technology Company. Ultimate Memory Guide. Osoitteessa <http://www.kingston.com/tools/umg/umg05a.asp> 25.10.2010.
- Kotek 2010a. Kodintekniikka-alan tiedotusfoorumi – Tilastot. Kodintekniikan toimialatilasto 01-06/2010. Osoitteessa http://www.kotek.fi/tilastot/KOTEK_01-6_2010_tuoteryhmat.pdf. 1.11.2010.
- Kotek 2010b. Kodintekniikka-alan tiedotusfoorumi – Tilastoarkisto. Kodintekniikan toimialatilasto 01-06/2009. Osoitteessa http://www.kotek.fi/tilastot/TAUSTATILASTO_01-06_2009c.pdf. 1.11.2010.
- Laurila, P. 2008. Kaukokartoituksen perusteet – opetusmoniste. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- Laurila, P. 2010a. 501M7A Fotogrammetria –opintojakson luennot.
- Laurila, P. 2010b. Photomod –ohjelma opetuksen näkökulmasta – muistio 3.11.2010.
- Lillesand, T.–Kiefer, R. 2000. Remote Sensing and Image Interpretation. Yhdysvallat: John Wiley & Sons.
- Mannisenmäki, E.–Manninen, J. 2004. Avoimen yliopiston verkko-opiskelijan muotokuva – Tutkimus opetuksesta, opiskelusta ja opiskelijoista verkossa. Helsinki: Yliopistopaino.
- Mäkelä, L. 2010. Verkkokurssi opetuksen ja oppimisen kompleksisena toimintatilana. Tampere: Tampere University Press.
- MSDN 2010. Memory Limits for Windows Releases. Osoitteessa [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa366778\(VS.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa366778(VS.85).aspx). 12.10.2010.
- Nasa 2006. Astronomy Picture of the Day 26.8.2006. Apollo 17: VIP Site Anaglyph. Osoitteessa <http://apod.nasa.gov/apod/ap060826.html> 5.11.2010.

- Nevgi, A.–Tirri, K. 2003. Hyvää verkko-opetusta etsimässä. Turku: Painosalama Oy.
- Notebookcheck 2010. Mobile Graphics Cards – Benchmark List. Osoitteessa <http://www.notebookcheck.net/Mobile-Graphics-Cards-Benchmark-List.844.0.html>. 2.11.2010.
- Nvidia 2010a. 3D Vision Pro System Requirements. Osoitteessa <http://www.nvidia.com/object/3d-vision-pro-requirements.html>. 26.10.2010.
- Nvidia 2010b. GeForce 8400 – Technical Specifications. Osoitteessa http://www.nvidia.com/object/geforce_8M_techspecs.html. 2.11.2010.
- Nvidia 2010c. Nvidia Quadro FX340M. Osoitteessa http://www.nvidia.com/object/product_quadro_fx_370_m_us.html. 2.11.2010.
- PassMark 2010. PassMark – CPU Benchmarks. List of Benchmarked CPUs. Osoitteessa http://www.cpubenchmark.net/cpu_list.php. 2.11.2010.
- Planar 3D 2010a. Planar 3D – 3D technologies. Osoitteessa <http://www.planar3d.com/3d-technology/3d-technologies/>. 5.11.2010.
- Planar 3D 2010b. Planar 3D – LCD vs CRT. Osoitteessa <http://www.planar3d.com/3d-technology/lcd-vs-crt/>. 1.12.2010.
- Racurs 2010a. Photomod 5.0 – Hardware Requirements. Osoitteessa <http://www.racurs.ru/?page=582>. 13.10.2010.
- Racurs 2010b. Photomod Lite 5.0 – List of limitations. Osoitteessa <http://www.racurs.ru/?page=453>. 1.12.2010.
- Racurs 2010c. Photomod Dealers. Osoitteessa <http://www.racurs.ru/index.php?page=229>. 1.12.2010.
- Racurs 2010d. Racurs company profile. Osoitteessa <http://www.racurs.ru/index.php?page=77>. 1.12.2010.
- Roine, R. 1999. Väriäkövikojen seulonta. Suomen Lääkärilehti. 1999/54 (13), 1691.
- Rumble, G. 1997. The cost and economics of open and distance learning. Lontoo/New York: RoutledgeFalmer.
- Rumble, G.–Latchem, C. 2004. Organisational models for open and distance learning. – Teoksessa Policy for open and distance learning. (Toim. H. Pennaton ja H.Lentell), 117–140. Lontoo/New York: RoutledgeFalmer.

- Saarelma, O. 2010. Värisokeus ja poikkeava värinäkö. Lääkärikirja Duodecim. Osoitteessa http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00347. 22.11.2010.
- Simpson, O. 2008. Cost-benefit of student retention policies and practices. – Teoksessa *Economics of Distance and Online Learning: Theory, Practice, and Research* (toim. W. Bramble ja P. Santosh), 162-178. New York: Routledge.
- SoleOPS 2010. SoleOPS – RAMK:n koulutusohjelmien opetussuunnitelmat. Osoitteessa https://soleops.ramk.fi/opsnet/disp/fi/ops_oyllapito/edi/tab/ops?ryhman_id=3555665&opinkohd=3149850&id2=3555769&valkiel=fi&stack=push. 3.11.2010.
- Tella, S. 2001. Verkko-opetuksen lähtökohtia ja perusteita. – Teoksessa *Tella S. – Nurminen, O. – Oksanen, U. ja Vahtivuori, S. (toim.) Verkko-opetuksen teoriaa ja käytäntöä*. Helsingin yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. 13-34.
- Tietokone 2005. 3D-näytöt tulevat. Osoitteessa http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone_9_2005/3d_naytot_tulevat_2287. 5.11.2010.
- Tietokone 2007. Näyttöjen eliittia etsimässä. *Tietokone 5/2007*. Osoitteessa http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone_5_2007/nayttojen_eliittia_etsimassa_1321. 12.11.2010.
- Tom's hardware 2010a. Tom's Hardware – Charts, benchmarks Workstation Graphics Charts. Osoitteessa <http://www.tomshardware.co.uk/charts/workstation-graphics-charts/SPECapc-3DS-Max-9-Graphics,117.html>. 2.11.2010.
- Vähimaa, A. 2008. Työpöydän uudet valtiat – 17 tuuman näytöllä varustetut kannettavat tietokoneet. *MikroBitti 3/2008*, 42–49.
- Woodley, A.–Simpson, C. 2001. Learning and earning: Measuring 'rates of return' among mature graduates from part-time distance courses. *Higher Education Quarterly* 55(1), 28–41.