

Enni Stylman

**Virtuaalinen vai fyysinen näppäimistö? Kirjoitusvälineiden  
vaikutukset käyttäjän suoriutumiseen lukivaikeuksien  
seulonnoissa**

Tietotekniikan pro gradu -tutkielma

20. toukokuuta 2024

Jyväskylän yliopisto

Informaatioteknologian tiedekunta

**Tekijä:** Enni Stylman

**Yhteystiedot:** enni.stylman@gmail.com

**Ohjaaja:** Paavo Nieminen

**Työn nimi:** Virtuaalinen vai fyysinen näppäimistö? Kirjoitusvälineiden vaikutukset käyttäjän suoriutumiseen lukivaikeuksien seulonnoissa

**Title in English:** Virtual or physical keyboard? The effects of writing instruments on the user's performance in screening for possible reading difficulties

**Työ:** Pro gradu -tutkielma

**Opintosuunta:** Ohjelmisto- ja tietoliikennetekniikka

**Sivumäärä:** 122+23

**Tiivistelmä:**

Niilo Mäki Instituutissa (NMI) on kehitetty sähköisiä testejä lukivaikeuksien seulontaan. Tähän kehitettyä ARVIO-järjestelmää on suositeltu käytettäväksi tietokoneella, mutta järjestelmä mahdollistaa tablettien käyttämisen. Tavoitteena oli tuottaa NMI:lle tietoa näppäimistöjen vaikutuksista DLS-lukivaikeusseuloissa suoriutumiseen laitteistosuosituksia ja ARVIO-järjestelmän kehitystä varten.

Tutkimuksessa tarkasteltiin fyysisten näppäimistöjen käyttäjien sekä virtuaalisten näppäimistöjen tulosten eroja tutkimusta varten laaditussa näppäimistötestissä, sekä verrattiin niitä DLS:n sanelutehtävän tuloksiin. Havaittiin, että alakoulun 1.–2. luokan oppilaiden kohdalla fyysisten näppäimistöjen käyttäjät pärjäsivät aavistuksen paremmin näppäimistötestissä. Sanelutehtävässä toisen luokan oppilaista virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät suoriutuivat selkeästi paremmin. Ensimmäisen luokan osalta ei tullut tilastollisesti merkittäviä eroja. Suositellaan, että näppäimistösuosituksia laajennetaan alakoulun kahden ensimmäisen luokan osalta koskemaan myös virtuaalisia näppäimistöjä. Yläkoulun osalta havaittiin, että 7.–9. luokan oppilailla tablettitietokoneiden käyttö on vähäistä, ja pääasiassa oppilaat käyttävät kirjoittamiseen fyysistä näppäimistöä.

**Avainsanat:** HCI, ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus, kosketusnäyttö, lukivaikeus, näppäimistö, virtuaalinen näppäimistö

**Abstract:**

The Niilo Mäki Institute (NMI) has been developing digital tests for screening possible reading difficulties. This screening system (ARVIO) has been recommended for use on a computer but it is also possible to use it on tablets. The main purpose of this study was to produce data for NMI about the effects of different keyboards on the users' performance in reading disability screenings for hardware recommendations and the development work of the ARVIO system.

The main interest in this study was in differences between physical and virtual keyboards, and how they affect the users' performance. The keyboard test results were compared to the results of the dictation task in screenings. The study found that 1st and 2nd grade elementary school students obtained better results on the keyboard test with physical keyboards rather than with virtual keyboards. Despite this, 2nd grade students got better results in the dictation task with virtual keyboards – the differences between physical and virtual keyboard were statistically significant. The same phenomenon was not found in the results of the 1st grade students. For the 7th and 9th graders, the study found that the use of tablet computers and virtual keyboards in the screenings is rather low and students use mainly the physical keyboards.

**Keywords:** dyslexia, human-computer interaction, HCI, keyboard, touch screen, virtual keyboard

## Esipuhe

Erityiset kiitokset työnantajalleni Niilo Mäki Instituutille ja toiminnanjohtaja Juha-Matti Latvalalle mahdollisuudesta toteuttaa pro gradu -tutkielmaa työni sivussa. Työelämästä ja käytännön tarpeesta kumpuava aihe teki gradun tekemisestä motivoivaa ja palkitsevaa.

LUKINO-hanketta ja kaikkia sen työntekijöitä ja yhteistyökumppaneita haluan kiittää mahdollisuudesta työstää pro graduani hankkeen rinnalla sekä toteuttaa tutkimukseeni tarvittavan aineiston keruu osana hankkeen aineiston keruuta. Nimeltä mainiten kiitokset Riikka Heikkilälle ja Pirita Korpivaaralle.

NMI:n tutkijat ja mitä parhaimmat työtoverit ansaitsevat kiitoksensa hedelmällisistä keskusteluista aiheesta, henkilökohtaisista tiedonannoista ja muusta tuiki tarpeellisesta yhteistyöstä gradun tiimoilta – ja sen ohitse. Muiden graduntekijöiden ja väitöskirjojen tekijöiden verstaistuki osoittautui kultaakin arvokkaammaksi.

Pro graduni ohjaajaa Paavo Niemistä minun pitää kiittää erityisesti kärsivällisyydestä ja pitkäjänteisyydestä. Ilman kannustusta, tukea ja ymmärrystä haastaviin elämäntilanteisiin, ei tästä gradusta olisi tullut mitään.

Perhe ja ystävät. Minulla ei ole sanoja, joilla kuvata kiitollisuuteni ja rakkauteni määrää.

Jyväskylässä 20. toukokuuta 2024

Enni Stylman

## Termiluettelo

DLS	DigiLukiseula, Niilo Mäki Instituutissa kehitetty sähköinen lukivaikeuksien arviointimenetelmä (Hautala ym. 2023, 4).
GOMS	<i>Goals, Operators, Methods, Selection rules</i> GOMS on yksi HCI:n alalla käytetyistä malleista, joka kuvaa ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta neljän komponentin avulla (Cox ja Peebles 2008, 71).
HCI	<i>Human-Computer Interaction</i> , tietojärjestelmien ja ihmisten välistä vuorovaikutusta tutkiva tieteenala (Oulasvirta 2011, 15).
KLM	<i>Keystroke Model</i> on näppäinpainalluksiin perustuva teoreettinen malli, jota käytetään paljon HCI tutkimuksessa (Cox ja Peebles 2008, 73).
K-S-testi	Kolmogorovin ja Smirnovin testi. Tilastollinen testausmenetelmä muuttujien normaaliuden testaamiseen. <sup>1</sup>
NMI	Niilo Mäki Instituutti on monitieteinen oppimisvaikeuksien tutkimuksen ja tukitoimien kehittämisen yksikkö (Niilo Mäki Instituutti, n.d.).
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i> on OECD-maiden säännöllisesti toteuttama tutkimus, joka kohdistuu säännöllisesti 15-vuotiaiden tulevaisuuden avaintaitoihin (esim. matematiikka ja äidinkieli) <sup>2</sup>
STEA	Sosiaali- ja terveystieteiden avustuskeskus <sup>3</sup> .
S-W-testi	Shapiron ja Wilkinin testi. Tilastollinen testausmenetelmä muuttujien normaaliuden testaamiseen <sup>4</sup> .
QWERTY	on yksi varhaisimmista (Bellis 2020) ja yhä yleisimmistä käytössä olevista näppäimistöasetteluista (CDW 2022).

---

1. <https://www.spss-tutorials.com/spss-kolmogorov-smirnov-test-for-normality/>

2. <https://www.oecd.org/pisa/>

3. <https://www.stea.fi/>

4. <https://www.spss-tutorials.com/spss-shapiro-wilk-test-for-normality/>

## Kuviot

Kuvio 1. QWERTY-asettelu Yhdysvaltain standardin mukaan .....	14
Kuvio 2. Dvorak-asettelu Yhdysvaltain standardin mukaan .....	14
Kuvio 3. IBM Model M -näppäimistö .....	14
Kuvio 4. Kämmentietokone HP 95LX .....	16
Kuvio 5. OPTI-näppäimistöasettelu .....	16
Kuvio 6. Esimerkki eksponenttijakaumasta .....	33
Kuvio 7. Esimerkki oppilaan tunnuksesta ja oppilaan kirjautumisohjeista .....	37
Kuvio 8. Ennen näppäimistötehtävän alkua on ohjesivu .....	44
Kuvio 9. Ennen varsinaisia tehtäviä, harjoitellaan näppäimistötestin tekemistä .....	44
Kuvio 10. Näppäimistötestin harjoituksen palaute .....	44
Kuvio 11. Siirtyminen varsinaisiin näppäimistötestin tehtäviin .....	45
Kuvio 12. 1. lk: Vastausten määrät (N = 771) .....	58
Kuvio 13. 1. lk: Oikeiden vastausten määrät (N = 771) .....	58
Kuvio 14. 1. lk: Korjausten määrät (N = 771) .....	59
Kuvio 15. 1. lk: Korjausten määrä, pistekaavio (N = 771) .....	59
Kuvio 16. 1. lk: Vastausten määrät, fyys.näppäimistö (N = 523) .....	60
Kuvio 17. 1. lk: Oikeiden vastausten määrät, fyys.näppäimistö (N = 523) .....	60
Kuvio 18. 1. lk: Korjausten määrät, fyys.näppäimistö (N = 523) .....	61
Kuvio 19. 1. lk: Vastausten määrät, virt.näppäimistö (N = 248) .....	61
Kuvio 20. 1. lk: Oikeiden vastausten määrät, virt.näppäimistö (N = 248) .....	62
Kuvio 21. 1. lk: Korjausten määrät, virt.näppäimistö (N = 248) .....	62
Kuvio 22. 2. lk: Vastausten määrät (N = 814) .....	67
Kuvio 23. 2. lk: Oikeiden vastausten määrät (N = 814) .....	68
Kuvio 24. 2. lk: Korjausten määrät (N = 814) .....	68
Kuvio 25. 2. lk: Vastausten määrät, fyys. näppäimistö (N = 586) .....	69
Kuvio 26. 2. lk: Oikeiden vastausten määrät, fyys.näppäimistö (N = 586) .....	69
Kuvio 27. 2. lk: Korjausten määrä, fyys. näppäimistö (N = 586) .....	70
Kuvio 28. 2. lk: Vastausten määrä, virt.näppäimistö (N = 228) .....	70
Kuvio 29. 2. lk: Oikeiden vastausten määrä, virt.näppäimistö (N = 228) .....	71
Kuvio 30. 2. lk: Korjausten määrä, virt.näppäimistö (N = 228) .....	71
Kuvio 31. 7. lk: Vastausten määrät (N = 382) .....	77
Kuvio 32. 7. lk: Oikeiden vastausten määrät (N = 382) .....	77
Kuvio 33. 7. lk: Korjausten määrät, normaalijakauma (N = 382) .....	78
Kuvio 34. 7. lk: Korjausten määrät, eksponenttijakauma (N = 382) .....	78
Kuvio 35. 7. lk: Vastausten määrät, fyys.näppäimistö (N = 372) .....	79
Kuvio 36. 7. lk: Oikeiden vastausten määrät, fyys.näppäimistö (N = 372) .....	79
Kuvio 37. 7. lk: Korjausten määrät, fyys.näppäimistö (N = 372) .....	80
Kuvio 38. 7. lk: Vastausten määrät, virt.näppäimistö (N = 10) .....	80
Kuvio 39. 7. lk: Oikeiden vastausten määrät, virt.näppäimistö (N = 10) .....	81
Kuvio 40. 7. lk: Korjausten määrät, virt.näppäimistö (N = 10) .....	81
Kuvio 41. 1 lk: Sanelun oikeiden vastausten jakautuminen (N = 771) .....	89
Kuvio 42. 1 lk: Sanelun oikeiden vastausten määrät, fyys. näppäimistö (N = 523) .....	89

Kuvio 43. 1 lk: Sanelun oikeiden vastausten määrät, virt. näppäimistö (N = 248) .....	90
Kuvio 44. 2 lk: Sanelun oikeiden vastausten määrät (N = 814) .....	90
Kuvio 45. 2 lk: Sanelun oikeiden vastausten määrät, fyys. näppäimistö (N = 586) .....	91
Kuvio 46. 2 lk: Sanelun oikeiden vastausten määrät, virt. näppäimistö (N = 228) .....	91
Kuvio 47. Oppilas kirjautuu järjestelmään annetulla tunnusavaimella .....	115
Kuvio 48. Oppilas syöttää oman nimensä ennen tehtävän aloittamista .....	115
Kuvio 49. Ohjesivu ennen sanelun tehtävien aloittamista .....	116
Kuvio 50. Sanelutehtävässä kirjoitetaan oikeita ja keksittyjä sanoja .....	116
Kuvio 51. Luksu eli lukusujuvuustehtävä .....	116
Kuvio 52. Luetun ymmärtäminen on toteutettu aukkotehtävänä .....	117
Kuvio 53. Matsu eli laskusujuvuus .....	117
Kuvio 54. Näppis-näppäimistötestistä kirjoitetaan näytöllä näkyviä kirjainyhdistelmiä....	117
Kuvio 55. Taustatietokysely .....	118
Kuvio 56. Laitekysely .....	119
Kuvio 57. 1. lk: Vastausten määrän jakautuminen (N = 774) .....	120
Kuvio 58. 1. lk: Vastausten määrän jakautuminen (N = 771) .....	121
Kuvio 59. 1. lk: Oikeiden vastausten määrän jakautuminen (N = 771) .....	121
Kuvio 60. 1. lk: Korjausten määrän jakautuminen (N = 771) .....	122
Kuvio 61. 2. lk: Vastausten määrän jakautuminen (N = 817) .....	123
Kuvio 62. 2. lk: oikeiden vastausten määrän jakautuminen (N = 817) .....	124
Kuvio 63. 2. lk: Korjausten määrän jakautuminen (N = 817) .....	124
Kuvio 64. 2. lk: Vastausten määrän jakautuminen (N = 814) .....	125
Kuvio 65. 2. lk: Oikeiden vastausten määrän jakautuminen (N = 814) .....	125
Kuvio 66. 2. lk: Korjausten määrän jakautuminen (N = 814) .....	126
Kuvio 67. 7. lk: Vastausten määrän jakautuminen (N = 383) .....	128
Kuvio 68. 7. lk: Oikeiden vastausten määrän jakautuminen (N = 383) .....	128
Kuvio 69. 7. lk: Korjausten määrän jakautuminen (N = 383) .....	129
Kuvio 70. 7. lk: Vastausten määrän jakautuminen (N = 382) .....	129
Kuvio 71. 7. lk: Oikeiden vastausten määrän jakautuminen (N = 382) .....	130
Kuvio 72. 7. lk: Korjausten määrän jakautuminen (N = 382) .....	130
Kuvio 73. 9. lk: Vastausten määrän jakautuminen (N = 308) .....	131
Kuvio 74. 9. lk: Oikeiden vastausten määrän jakautuminen (N = 308) .....	132
Kuvio 75. 9. lk: korjausten määrän jakautuminen (N = 308) .....	132

## Taulukot

Taulukko 1. Aineistosta poistetut vastaukset .....	47
Taulukko 2. Vastaajien jakautuminen sukupuolen mukaan .....	48
Taulukko 3. Tehtävien tekemiseen käytetyt laitteet .....	49
Taulukko 4. Tehtävien tekemiseen käytetyt osoitinlaitteet .....	50
Taulukko 5. Tehtävissä käytetyn osoitinlaitteen tuttuus .....	51
Taulukko 6. Fyysinen vs. virtuaalinen näppäimistö .....	53
Taulukko 7. Kirjoitinlaitteen tuttuus .....	54

Taulukko 8. 1. lk: Aineiston normaalius.....	63
Taulukko 9. 1. lk: Kuvailevia tunnuslukuja vastausten määrien osalta .....	63
Taulukko 10. 1. lk: Kuvailevia tunnuslukuja oikeiden vastausten määrien osalta .....	64
Taulukko 11. 1. lk: Kuvailevia tunnuslukuja korjausten määrien osalta .....	64
Taulukko 12. 2. lk: Aineiston normaalius .....	72
Taulukko 13. 2. lk: Kuvailevia tunnuslukuja vastausten määrien osalta .....	72
Taulukko 14. 2. lk: Kuvailevia tunnuslukuja oikeiden vastausten määrien osalta .....	73
Taulukko 15. 2. lk: Kuvailevia tunnuslukuja korjausten määrien osalta .....	73
Taulukko 16. 7. lk: Aineiston normaalius .....	82
Taulukko 17. 7. lk: Kuvailevia tunnuslukuja vastausten määrien osalta .....	82
Taulukko 18. 7. lk: Kuvailevia tunnuslukuja oikeiden vastausten määrien osalta .....	83
Taulukko 19. 7. lk: Kuvailevia tunnuslukuja korjausten määrien osalta .....	83
Taulukko 20. Alakoulu: Vastausten määrät $\times$ Näppäimistötyyppi .....	86
Taulukko 21. Alakoulu: Khiin neliö, Vastausten määrät $\times$ Näppäimistötyyppi .....	86
Taulukko 22. Alakoulu: Oikeiden vastausten määrät $\times$ Näppäimistötyyppi .....	87
Taulukko 23. Alakoulu: Khiin neliö, Oikeiden vastausten määrät $\times$ Näppäimistötyyppi ..	87
Taulukko 24. Alakoulu: Korjausten määrät $\times$ Näppäimistötyyppi .....	87
Taulukko 25. Alakoulu: Khiin neliö, Korjausten määrät $\times$ Näppäimistötyyppi.....	87
Taulukko 26. 1. lk: Sanelun tunnuslukuja oikeiden vastausten määrien osalta .....	92
Taulukko 27. 2. lk: Sanelun tunnuslukuja oikeiden vastausten määrien osalta .....	92
Taulukko 28. Alakoulu: Sanelun vastausten määrät $\times$ Näppäimistötyyppi .....	94
Taulukko 29. Alakoulu: Khiin neliö, Sanelu $\times$ Näppäimistötyyppi .....	94
Taulukko 30. Alakoulu: Näppäimistötehtävän ja sanelun korrelaatio.....	95
Taulukko 31. Alakoulu: Yksityiskohtaiset tiedot käytetyistä näppäimistöistä.....	133
Taulukko 32. Yläkoulu: Yksityiskohtaiset tiedot käytetyistä näppäimistöistä.....	133
Taulukko 33. 1. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen ristiintaulukointi.....	134
Taulukko 34. 1. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen vertailu.....	134
Taulukko 35. 2. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen ristiintaulukointi, yksityiskoht.	134
Taulukko 36. 2. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen vertailu.....	134
Taulukko 37. 7. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen ristiintaulukointi.....	135
Taulukko 38. 7. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen vertailu.....	135
Taulukko 39. 9. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen ristiintaulukointi.....	135
Taulukko 40. 9. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen vertailu.....	135



# Sisällys

1	JOHDANTO .....	1
2	TUTKIMUKSEN TAUSTAT.....	4
2.1	Oppimisvaikeustutkimuksen keskiössä .....	4
2.1.1	Niilo Mäki Instituutti (NMI) .....	4
2.1.2	LUKINO-hanke.....	5
2.1.3	DigiLukiseula (DLS) .....	5
2.2	Oppimis- ja lukivaikeudet.....	7
2.2.1	Oppimisvaikeuksista.....	7
2.2.2	Lukivaikeus .....	8
2.2.3	Oppimisvaikeuksien tunnistamisesta tukemiseen .....	10
3	TUTKIMUSKENTTÄ .....	12
3.1	Näppäimistöjen kehitys .....	12
3.2	Ihmisen ja tietokoneen välisestä vuorovaikutuksesta (HCI).....	17
3.2.1	HCI yleisesti .....	17
3.2.2	Monialainen HCI .....	17
3.2.3	Syöttölaitetutkimus osana HCI:tä.....	20
3.3	Aiempi tutkimus aiheesta .....	21
3.3.1	Ergonomian näkökulmaa virtuaalisiin näppäimistöihin .....	22
3.3.2	Vaihtoehtoisia näppäimistöasetteluja – onko sittenkään?.....	23
3.3.3	Erityisen pieniä kosketusnäyttöjä .....	23
3.3.4	Tuotetestauksella kohti parempia näppäimistöjä .....	24
3.3.5	Huomioita aiemmista tutkimuksista .....	25
3.4	Teoreettiset lähtökohdat näppäimistöjen tutkimisessa.....	25
3.4.1	Goals, Operators, Methods, Selection Rules (GOMS).....	25
3.4.2	Keystroke-level model (KLM) .....	27
3.4.3	Hickin laki sekä Hickin ja Hymanin laki .....	28
3.4.4	Fittsin laki .....	29
3.4.5	Tilastolliset teoriat HCI:ssä .....	29
4	TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	31
4.1	Kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä .....	31
4.1.1	Tilastolliset termit ja tunnusluvut analyysimenetelmät .....	31
4.1.2	Tilastolliset analyysimenetelmät .....	33
4.2	Tutkimuksen toteutus .....	35
4.2.1	Aineiston keruu .....	35
4.2.2	Tutkimukseen osallistuminen .....	36
4.2.3	Laitekysely .....	39
4.2.4	Näppäimistötestin suunnittelu.....	40
4.2.5	Näppäimistötestin eteneminen .....	42
5	TULOKSET.....	46

5.1	Aineiston käsittely ennen analyysiä .....	46
5.2	Aineiston kuvailu taustamuuttujien osalta .....	47
5.2.1	Sukupuoli .....	47
5.2.2	Käytetyt laitteet .....	48
5.2.3	Osoitinlaitteet .....	49
5.2.4	Näppäimistöt .....	51
5.3	Näppäimistötehtävän tulosten analysointia .....	54
5.3.1	Ensimmäinen luokka: aineiston jakauma ja tunnusluvut .....	54
5.3.2	Toinen luokka: aineiston jakauma ja tunnusluvut .....	65
5.3.3	Seitsemäs luokka: aineiston jakauma ja tunnusluvut .....	74
5.3.4	Ristiintaulukoinnit ja riippumattomuustestit .....	84
5.4	Sanelun tulokset .....	88
5.4.1	Sanelun vastausten tarkastelu .....	88
5.4.2	Sanelun ja näppäimistötyyppien riippuvuuksien tarkastelu .....	93
5.4.3	Sanelun ja näppäimistötestin korrelaation tarkastelu .....	94
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	96
6.1	Alakoulu .....	96
6.1.1	Havainnot ensimmäisestä luokasta .....	96
6.1.2	Havainnot toisesta luokasta .....	97
6.2	Yläkoulu .....	98
6.3	Tutkimuksen puutteet ja rajoitteet .....	98
6.4	Suosituksset .....	99
6.5	Jatkotutkimusaiheet .....	100
7	YHTEENVETO .....	102
	LÄHTEET .....	103
	LIITTEET .....	114
A	Sanalista .....	114
B	DigiLukiseulan eteneminen ja tehtävät (kuvat) .....	115
C	Poikkeavien havaintojen tarkastelu ja käsittely .....	120
C.1	Ensimmäinen luokan poikkeamien tarkastelu ja käsittely .....	120
C.2	Toisen luokan poikkeamien tarkastelu ja käsittely .....	122
C.3	Seitsemännen luokan poikkeamien tarkastelu ja käsittely .....	126
C.4	Yhdeksännen luokan poikkeamien tarkastelu ja käsittely .....	130
D	Yksityiskohtaisemmat tiedot tehtävien tekemiseen käytetyistä näppäimistöistä	133

# 1 Johdanto

Suomi on tunnettu pitkään PISA-tutkimusten kärkimaana ja Suomen koululaitosta on pidetty esimerkkinä muualla maailmassa. Vaikka lasten ja nuorten lukutaito on edelleen Suomessa keskimäärin hyvällä tasolla, ovat suomalaisten lukutaidon osaamistulokset PISA-tutkimuksissa laskeneet jo useamman vuoden ajan. Erityisesti rako hyvin ja huonosti lukevien välillä on kasvanut. Hyvien lukijoiden määrä on pysynyt lähes ennallaan, mutta heikkojen lukijoiden joukko on kasvanut (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2019). Talvella 2023 uutisoitiin laajasti Suomen medioissa<sup>1</sup> uusista PISA-tuloksista huolestuneeseen sävyyn. Vaikka PISA 2022 -tutkimuksen pääpainopisteenä oli tällä kertaa matematiikka, tutkimuksissa tarkasteltiin suomalaisoppilaiden osaamista myös lukutaidossa ja luonnontieteissä (Hiltunen ym. 2023, 9).

Myös oppimisvaikeuksien tutkimukseen keskittyvässä Niilo Mäki Instituutissa (NMI) on havahduttu PISA-tutkimusten tuloksiin sekä niiden herättämiin huoliin. Luki- ja oppimisvaikeuksien tutkijat viittaavat vuoden 2018 PISA-tutkimustuloksiin nostaessaan esiin, että jopa 14 prosentilla nuorista lukutaito on riittämättömällä tasolla opinnoista selviytymistä ajatellen (Niskakoski (ent. Paananen) ym. 2022). Niskakoski (ent. Paananen) ym. (2022) painottavat oppimiseen liittyvien vaikeuksien tunnistamisen tärkeyttä koulunkäynnin eri vaiheissa, jotta oppimisvaikeuksiin liittyviä seurannaisvaikutuksia pystyttäisiin ennaltaehkäisemään.

NMI:ssä on kehitetty erilaisia keinoja ja välineitä oppimisvaikeuksien ennaltaehkäisemiseen ja arviointiin sekä kuntouttamiseen. (Niilo Mäki Instituutti 2022b) Ensimmäinen askel oppimisvaikeuksien tunnistamisen ja tukemisen tiellä ovat oppilaille teetettävät seulat. Seulonnalla tarkoitetaan lukitaitojen arviointia ryhmätasolla niin, että suuremmista oppilasjoukoista pyritään tunnistamaan tarkempaa arviointia tarvitsevat yksilöt, joilla saattaa olla mahdollisia luki- tai oppimisvaikeuksiin liittyviä piirteitä. Yksilöllisen arvioinnin kautta voidaan tarkemmin tunnistaa yksilöiden mahdollisia oppimisvaikeuksia sekä arvioida yksilön tarvitsemia tukitoimia. (Niskakoski (ent. Paananen) ym. 2022)

Perinteisesti seulat ovat olleet paperisia ja niiden teettäminen oppilaille, pisteytys sekä ar-

---

1. muiden muassa Helsingin Sanomissa (V. Paananen 2023), Iltalehdessä (Karvala 2023), YLEn uutisissa (YLE 2023 ja Terävä 2023) ja MTV 3:n uutisissa (S.-R. Seppälä 2023)

viointi ovat teettäneet opettajilla paljon työtä. Seulojen muuttaminen digitaalisiksi on aloitettu NMI:ssä jo joitain vuosia sitten. Ensimmäinen sähköinen lukivaikeuksien seulontaan tarkoitettu sähköinen seulontaväline oli DigiLukiseula nuorille ja aikuisille, ja se julkaistiin NMI:n Arvio-alustalla syksyllä 2019. (M. Paananen 2020) Tämän jälkeen sähköisiä DigiLukiseuloja on julkaistu kattamaan koko perusopetus. (Niskakoski (ent.Paananen), Määttä ja Korpivaara 2021; Niilo Mäki Instituutti 2023a)

Sähköiset arviointi- ja seulontamenetelmät säästävät runsaasti opettajien työaika, mutta niiden käyttöön erilaisia riskejä ja haasteita. Paperisten seulojen aikana testeissä käytettiin välineenä pelkästään kynää ja paperia. Sähköisten seulojen tekemisessä käytettävien välineiden kirjo on huomattavasti laajempi, eikä pystytä välttymään epäilykseltä siitä, voivatko käytetyt välineet vaikuttaa oppilaiden suoriutumiseen seuloissa.

Shenouda Khalil (2020) perehtyi pro gradussaan ”Osoitinlaitteen valinta saattaa olla merkittävä tekijä kognitiivisen testin suunnittelussa ja siinä suoriutumisessa” osoitinlaitteiden aiheuttamiin eroihin seulatehtävissä suoriutumiseen. Tutkimuksessa vertailtiin ulkoisen hiiren sekä kosketuslevyn käyttöä DigiLukiseulan kontekstissa ja pyrittiin tarkkailemaan, onko valitulla osoitinlaitteella vaikutusta seulan tehtävissä suoriutumiseen. Muihin laitteistokohtaisiin eroihin ei tutkimuksessa juuri otettu kantaa. Shenouda Khalilin tutkimus antaa viitteitä, että olisi syytä tutkia laitteistojen vaikutuksia seulontatuloksiin laajemminkin.

DigiLukiseulat ovat alkuaan kehitetty tehtäväksi pääasiassa tietokoneilla. NMI:ssä on havahduttu käyttäjäkunnalta nousseeseen tarpeeseen laajentaa seulojen tukea koskemaan myös tablettitietokoneita, ja osa seuloista onkin tehtävissä tablettitietokoneilla. Tablettitietokoneiden vaikutuksia seuloissa suoriutumiseen ei ole vielä laajemmin tutkittu. Tässä pro gradu-tutkielmassa tarkastellaan, millaisia vaikutuksia käytetyllä kirjoitinlaitteistolla on oppilaiden suoriutumiseen lukivaikeuksien arvioinnissa silloin, kun oppilas käyttää seulan tekemiseen tablettitietokonetta tai tietokonetta. Kiinnostuksen kohteena on selvittää erityisesti eroja fyysisen sekä virtuaalisen kosketusnäyttönäppäimistön välillä.

Tutkimuskysymykset ovat:

- Vaikuttaako käytetty kirjoitinlaitteisto oppilaiden suoriutumiseen DigiLukiseulassa?
- Millaisia vaikutuksia käytetyllä kirjoitinlaitteistolla on DigiLukiseulan tuloksiin?

Näiden lisäksi on syytä pohtia, että mikäli kirjoitinlaitteistolla on havaittavissa merkittävää vaikutusta seuloissa suoriutumiseen, niin kuinka kirjoitinlaitteiston vaikutuksia voisi tulevaisuudessa huomioida nykyisiä seuloja käytettäessä.

Luvussa 2 esitellään pro gradu -tutkielman taustoista tutkielman toimeksiantajaa (Niilo Mäki Instituutti) sekä LUKINO-hanketta, jonka sivussa tämä pro gradu -tutkielma toteutettiin. Luvussa esitellään myös tarkemmin DigiLukiseulaa ja perehdytään tutkimuksen taustatietona oppimisvaikeuksiin sekä erityisesti lukivaikeuksiin, jotta ymmärretään DigiLukiseulan merkitystä ja kohdealuetta paremmin.

Perehtyminen tutkimuskenttään (luku 3) aloitetaan modernien näppäimistöjen kehityksen tarkastelusta. Näppäimistöjen kehitys kytkeytyy yhteen myös ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen tutkimuksen kanssa, johon tutustutaan tieteenalana sekä tarkemmin syöttölaitetutkimuksen näkökulmasta. Näppäimistöjen ja ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen kautta päästään tarkastelemaan aiempia tutkimuksia aihepiiristä sekä teoreettisia lähtökohtia näppäimistöjen tutkimiseen.

Luvussa 4 esitellään tarkemmin tähän tutkimukseen valitut tutkimusmenetelmät sekä kuvataan tämän tutkimuksen toteutusta. Luvussa 5 käydään läpi tutkimuksessa saavutetut tulokset yksityiskohtaisesti, ennen siirtymistä lukuun 6 ja tutkimuksen pohjalta tehtäviin johtopäätöksiin. Aivan viimeisessä tekstiluvussa (luku 7), tehdään koko tutkimuksen kattava yhteenveto.

## 2 Tutkimuksen taustat

### 2.1 Oppimisvaikeustutkimuksen keskiössä

#### 2.1.1 Niilo Mäki Instituutti (NMI)

Jyväskylässä toimiva Niilo Mäki Instituutti (NMI) (Niilo Mäki Instituutti 2022c) on yksi merkittävimmistä oppimisvaikeusalan toimijoista Suomessa. NMI:n ja sitä ylläpitävän Niilo Mäki -säätiö sr:n toiminta kohdistuu lasten ja nuorten neuropsykologisen arvioinnin ja kuntoutuksen tutkimukseen ja kehittämiseen. (Niilo Mäki -säätiö 2023, 4) Säätiön ja Instituutin rahoitus perustuu STEA:n yleisavustukseen sekä yhteistyökumppaneiden kanssa toteutettavien projektien rahoitukseen. Projekteista, järjestettävistä koulutuksista sekä tuotemyynneistä saatavilla tuotoilla rahoitetaan myös NMI:n toimintaa. (Niilo Mäki Instituutti 2024a)

NMI:llä tutkitaan erityisesti lasten ja nuorten oppimisvaikeuksia ja kehityksen erityishäiriöitä (Niilo Mäki -säätiö 2023, 4). Tutkimuksellisin keinoin pyritään ymmärtämään kehitykseen ja oppimiseen vaikuttavia tekijöitä. NMI:n päätutkimusalueita ovat

- lukivaikeudet,
- matemaattiset oppimisen vaikeudet,
- motoriset koordinaatiohäiriöt,
- tarkkaavuuden ja keskittymisen vaikeudet,
- toiminnanohjauksen haasteet, ja
- laaja-alaiset oppimisvaikeudet. (Niilo Mäki Instituutti 2022b)

Perustutkimuksen ohella instituutissa pyritään kehittämään keinoja oppimisvaikeuksien arvioimiseen, ennaltaehkäisemiseen ja kuntouttamiseen. Tavoitteena on löytää keinoja helpottaa oppimisvaikeuksia kokevien lasten ja nuorten arkea ja oppimista. (Niilo Mäki Instituutti 2022b) Lasten, nuorten sekä heidän perheidensä lisäksi NMI:n toiminta kohdistuu alan ammattilaisiin, järjestöihin ja oppilaitoksiin julkaisutoiminnan sekä täydennyskoulutusten kautta. (Niilo Mäki -säätiö 2023, 4)

### 2.1.2 LUKINO-hanke

NMI:n rahoittamassa LUKINO-hankkeessa (Lukemisen, oikeinkirjoittamisen ja nimeämisen arviointi) on vuosien 2020–2024 tavoitteena kehittää arviointivälineistö lukivaikeuksien tunnistamiseen, yksilölliseen arviointiin sekä seurantaan, sekä päivittää nopean nimeämisen testistön normeja. Lisäksi hankkeessa tehdään käytännön opas nimeämisestä, nimeämisen vaikeuksien kuntouttamisesta sekä kerätään tietoa nimeämiseen, kirjoittamiseen, matemaatiikkaan ja tarkkaavuuteen liittyen. (Niilo Mäki -säätiö 2023, 26; Niilo Mäki -säätiö 2021, 21) Hanke kohdistuu 5–16-vuotiaisiin suomalaisiin lapsiin ja nuoriin. (Heikkilä ja Korpivaara 2022a) LUKINO-hanke on osa DigiLukiseulojen (ks. luku 2.1.3) kehittämishankkeiden jatkumoa (Niilo Mäki -säätiö 2023, 26).

Keväällä 2023 LUKINO-hankkeessa kerättiin aineistoja sekä alakoulun (Heikkilä ja Korpivaara 2022b) että yläkoulun (Heikkilä ja Korpivaara 2022c) nopean sarjallisen nimeämisen arviointivälineiden normitusta varten. Normiaineistoja kerättiin DigiLukiseulojen (DLS:t) avulla. DLS:t on kehitetty lukivaikeuksien tuen tarpeen tunnistamiseen. Alakoulun osalta normiaineistojen keruu kohdistui 1.–2. luokkaan. (Heikkilä ja Korpivaara 2022b) Yläkoulun osalta LUKINOn normiaineiston keruu kohdistui erityisesti 7.–9.-luokkalaisiin (Heikkilä ja Korpivaara 2022b).

### 2.1.3 DigiLukiseula (DLS)

DigiLukiseula (DLS) on NMI:ssä kehitetty digitaalinen arviointivälineistö luku- ja kirjoitustaidon arviointiin perusopetukseen sekä nuorille ja aikuisille (Heikkilä, Korpivaara ja Niskakoski 2023, 67). DLS:n tarkoituksena on löytää suurista oppilasmääristä ne, joilla on suurimmat riskit lukivaikeuksien esiintymiseen (Niskakoski (ent. Paananen) ym. 2022). *DigiLukiseula nuorille ja aikuisille* julkaistiin 2019 (M. Paananen 2020), *Yläkoulun DigiLukiseula* julkaistiin 2021 (Niskakoski ja Määttä 2022) ja *Alakoulun DigiLukiseula* julkaistiin 2023 (Heikkilä, Korpivaara ja Niskakoski 2023, 68).

DLS:n kehitys alkoi nuorten ja aikuisten DigiLukiseulasta. Toisen asteen oppilaitoksissa käytettiin vielä laajasti paperista *Nuorten ja aikuisten lukivaikeuksien seulontamenelmää* (Holopainen ym. 2004), mutta arvioinnin muuttamiselle digitaaliseksi nähtiin kaksi merkit-

tävää hyötyä. Ensinnäkin digitaalisen arviointimenetelmän automaattinen pisteytys ja tarkastus säästää opettajilta aikaa. Säästyneet aikaresurssit voi käyttää tulosten laadulliseen tarkasteluun, opiskelijoiden henkilökohtaiseen tapaamiseen sekä opiskelijoille suunnattuihin tukitoimiin. Toisena merkittävänä näkökulmana arviointivälineiden digitalisoimisessa nähtiin nuorten lukemisessa ja kirjoittamisessa tapahtuneet muutokset: nuorten ja aikuisten lukeminen ja kirjoittaminen on siirtynyt yhä enemmän verkkoon, on loogista, että arvioinnin tulisi tapahtua myös sähköisesti. (Heikkilä, Korpivaara ja Niskakoski 2023, 66–68)

DLS:t on kehitetty NMI:llä tutkimusperustaisesti – arviointivälineen kehitystyö perustuu aiempiin tutkimuksiin luku- ja kirjoitustaidon kehityksestä sekä lukemiseen ja kirjoittamiseen liittyvistä oppimisvaikeuksista. Arviointivälineen kehittämiseen on osallistunut kasvatustieteen, erityispedagogiikan, psykometriikan, kielitieteen, tilastotieteen ja tietotekniikan asiantuntijoita, jotka ovat perehtyneitä erityisesti luku- ja kirjoitustaitoihin sekä arviointimenetelmien kehittämiseen. Arviointivälineiden tutkimusperusteisuuteen kuuluu osaksi myös välineiden huolellinen testaus: kaikkien välineiden osalta on toteutettu huolelliset esitutkimukset ennen normien keräämistä. Myös menetelmän luotettavuus ja validiteetti on tarkasteltu tutkimuksellisesti. (Heikkilä, Korpivaara ja Niskakoski 2023, 67)

Teknisesti DLS on toteutettu selainpohjaisena arviointimenetelmänä, joka ei vaadi käyttäjiltä erityisempää teknistä osaamista. DLS:n käyttöön suositellaan selaimena Chromea tai Firefoxia, myös iPadit kuuluvat laitteistotuen piiriin. (Heikkilä, Korpivaara ja Niskakoski 2023, 72–74) DLS:n kanssa suositellaan käytettäväksi näppäimistöä ja hiirtä, mutta tehtävät pystyy tekemään kosketusnäytöllä. Lisäksi tehtävissä tarvitaan kuulokkeita. (Heikkilä ym. 2024:)

DigiLukiseulat toimivat Niilo Mäki Instituutissa kehitetyssä Arvio-palvelussa<sup>1</sup>. (Niilo Mäki Instituutti 2024b) Sovellus on toteutettu moderneilla ohjelmointiteknologiolla verkkopohjaisesti niin kutsuttuna SPA-sovelluksena (Single Page Application) eli yhden verkkosivun sovelluksena (cite[14–15]khalil). Arvio-palvelu tarjoaa paitsi mahdollisuuden teettää oppilailta seuloja, myös opettajan käyttöliittymän, jonka kautta opettaja pääsee hallinnoimaan oppilaita ja näkemään tuloksia. (Niilo Mäki Instituutti 2024b)

---

1. Arvio: <https://arvio.nmi.fi>



## 2.2 Oppimis- ja lukivaikeudet

### 2.2.1 Oppimisvaikeuksista

PISA 2018 -tutkimuksissa on käynyt ilmi, että yhä useammilla lapsilla ja nuorilla on vaikeuksia saavuttaa esimerkiksi opiskeluun riittävä lukutaito (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2019). Tutkimus ei tarkemmin kerro, onko kyse lukitaitojen opetuksen heikkenemisestä vai oppimisvaikeuksien yleistymisestä väestössä. Kuitenkin oppimisvaikeuksista esimerkiksi lukivaikeutta esiintyy noin 5–10 prosentilla koko väestöstä (Niskakoski (ent. Paananen) ym. 2022).

Oppimisvaikeudet ilmenevät hitaana tai poikkeavana taitojen omaksumisena oppijan ikätasoon verrattuna. Pitkittäistutkimuksissa on havaittu, että oppimisvaikeuksilla on juurensa usein jo lapsuudessa ja varhaisessa kehityksessä. Oppimisvaikeudet eivät rajoitu pelkästään kouluikään vaan voivat ilmetä lapsuudesta alkaen jatkuvina haasteina pitkälle nuoruuteen ja aikuisikään. (Ahonen ym. 2020, 22–25)

Varhaislapsuudessa havaitut oppimisvaikeudet voivat ilmetä esimerkiksi motoristen taitojen, kielellisen kehityksen, hahmottamisen tai tarkkaavuuden vaikeuksina tai vaihtoehtoisesti näiden taitojen hitaana omaksumisena. Kouluikässä oppimisen haasteet ilmenevät herkästi vaikeuksina lukemisen, luetun ymmärtämisen sekä kirjoittamisen perustaidoissa. Lukemisen ohella voi ilmetä myös laskemisen perustaitojen oppimisen vaikeuksia. Lisäksi oppimisvaikeudet voivat kouluikäisillä lapsilla ilmetä puutteina tarkkaavuudessa tai toiminnanohjauksen taidoissa. (Niilo Mäki Instituutti 2022b)

Oppimisvaikeuksilla voi olla negatiivisia seurannaisvaikutuksia, jotka voivat haitata yksilöiden elämää, opiskelua, työllistymistä ja hyvinvointia pitkälle aikuisikäänkin (Ahonen ym. 2020, 22–23). Pahimmillaan oppimisvaikeudet voivat johtaa opinnoista tippumiseen. H. Seppälä (2014, 14–18) ja Ahonen ym. (2020, 22–23) mainitsevat oppimisvaikeudet ja niiden vaikutukset toimintakykyyn ja oppimiseen mahdollisina taustatekijöinä syrjäytymisessä. Myös Savolainen (2014, 136–142) kertoo, että lukemisvaikeudet yhdistettynä peruskouluikäiseen heikkoon koulumenestykseen nostaa riskiä opintojen keskeyttämiseen toisella asteella.

Aikainen oppimisvaikeuksien tunnistaminen mahdollistaa tilanteeseen puuttumisen varhaisessa vaiheessa. Sopivilla tukitoimilla – esimerkiksi erityisopetuksen keinoin – on mahdollis-

ta vaikuttaa oppimisvaikeuksien aiheuttamiin oppimisen ja toimintakyvyn rajoituksiin lapsen koulutaivalta helpottavasti. (H. Seppälä 2014, 14–20) Savolainen (2014, 137) toteaa toisen asteen opintoihin liittyen, oppimisvaikeuksista aiheutuvaa haittaa pystytään kompensoimaan erilaisilla oppimistekniikoilla. Mahdollisimman varhaisen vaikeuksien havaitsemisen ja tuen aloittamisen puolesta puhuu myös se, että toisen asteen koulutuksessa oppimisvaikeuksien tukeminen on haastavampaa ja siinä ei usein onnistuta riittävällä tasolla, mikäli peruskoulusta on valmistuttu puutteellisin tiedoin ja taidoin. (Savolainen 2014, 137–143)

### **2.2.2 Lukivaikeus**

Suomessa lukivaikeuksista ovat vakiintuneet käyttöön termit lukemis- ja kirjoitusvaikeus, lukivaikeus ja dysleksia. Näillä kaikilla viitataan pääsääntöisesti samaan ilmiöön, joskin käytetyllä termillä voi olla erilaisia painotuksia. (Korhonen 2004, 127–128)

Kehityksellisessä lukivaikeudessa lapsen luku- ja kirjoitustaito ei vastaa ikätasoaan, ja ikätason mukaisten taitojen saavuttamisessa on selkeitä haasteita. (Niilo Mäki Instituutti 2022a) Lukivaikeudessa on kyse haasteista mekaanisessa lukutaidossa, yleensä sanantunnistamisesta. (Siiskonen, Aro ja Holopainen 2004, 58) Toisaalta nykyään lukivaikeuksien keskeisimpinä kognitiivisina syinä pidetään ongelmia fonologisissa taidoissa – siis kirjainten ja äänten tunnistamisessa ja yhdistämisessä. Vaikeuksia voi olla myös nimeämiseen liittyen, eli lukijan voi olla haastavaa palauttaa sanoja mieleen, mikä vaikuttaa lukemisen sujuvuuteen. Ajatellaan, että fonologisten taitojen heikkoudet liittyisivät vahvemmin lukemisen ja oikeinkirjoituksen ongelmiin, kun nimeämisen vaikeudet olisivat kytköksissä enemmän lukemisen hitauteen. (Niilo Mäki Instituutti 2022a)

Tyypillisesti lukivaikeus ilmenee sanojen lukutarkkuudessa, lukusujuvuudessa sekä oikeinkirjoituksessa heijastuen myös luetun ymmärtämiseen. (Niskakoski (ent. Paananen) ym. 2022; Heikkilä ym. 2024) Suomenkielisessä ympäristössä lukivaikeus näkyy etenkin hitaana ja työlläänä lukemisena. (Paananen ym. 2024) Paananen ym. (2024) toteavat suomalaisnuorten lukemisen ongelmana olevan vaikeuksia hahmottaa yksittäisiä kirjaimia ja äänneitä suurempia osakokonaisuuksia kuten tavuja. Tämä johtaa siihen, että lukivirheet kasautuvat pitkiin sanoihin sekä sanoihin, joissa on tavallista harvinaisempia tai monimutkaisempia tavaraken-

teita, kirjaimia tai konsonanttiyhdistelmiä. (Paananen ym. 2024)

Lievät kielelliset vaikeudet voivat antaa viitteitä tulevista lukemiseen ja kirjoittamiseen liittyvistä haasteista jo ennen kouluikää ja ennen lukemisen ja kirjoittamisen opettelua. Mahdollisesti ennen kouluikää havaittu erityisen hidas nimeämisnopeus sekä heikko kirjaintuntemus saattavat ennustaa kouluikässä esiin nousevia lukemisvaikeuksia. (Aro ja Lerkkanen 2020, 265). Myös haasteet monimutkaisten äänneyhdistelmien sanomisessa sekä saman ikäisiä lapsia heikommalla äännetietoisuuden taidot voivat enteillä tulevista lukemisen haasteista (Niilo Mäki Instituutti 2022a). Varsinaisesti lukemisen ja kirjoittamisen vaikeudet nousevat paremmin esiin siinä vaiheessa, kun lapsi opettelee kirjoittamaan ja lukemaan. (Niilo Mäki Instituutti 2022a) Lukemisen alkuvaiheessa kirjaintuntemus ja kirjain-äännevastaavuuden havaitseminen tavuiksi ja tavuista sanoiksi ovat lukemaan opetellessa keskeisiä edellytyksiä peruslukutaidon saavuttamiselle. Vielä ensimmäisellä luokalla heikko äännetietoisuus ei välttämättä rajoita lapsen lukemaan oppimista, mutta se voi olla merkki lukutaidon kehityksen ongelmista. (Aro ja Lerkkanen 2020, 255) Ensimmäisten luokkien jälkeen tarkastellaan lukivaikeuksien näkökulmasta lukusujuvuutta ja luetun ymmärtämistä. Lukivaikeudet oireilevat alakoulussa lukemisen alkuvaiheopetuksen jälkeen lukemisen hitautena, luetun ymmärtämisen vaikeutena sekä haasteina oikeinkirjoituksessa. (Heikkilä ym. 2024) Nuorilla lukivaikeudet ilmenevät usein tyypillisesti lukemisen hitautena sekä kirjoittamisen työläytenä ja epätarkkuutena. (Niskakoski (ent. Paananen) ym. 2022, 4)

H. Seppälä (2014) kertoo lukivaikeuksiin liittyvistä seurannaisvaikutuksista. Vaikeudet voivat heijastua koulumotivaatioon ja minäkäsitykseen, ja johtaa heikompaan koulumenestykseen, käyttäytymisongelmiin sekä emotionaalisiin ongelmiin. (Niilo Mäki Instituutti 2022a) Niskakoski (ent. Paananen) ym. (2022, 4) toteavat, että oppimisen vaikeudet lisäävät nuorilla jo itsessään riskiä syrjäytyä jatko-opinnoista ja työelämästä. Aikuisikään jatkuneet oppimisen ja lukemisen vaikeudet heikentävät psykososiaalista hyvinvointia ilmeten masennuksena, matalana itsetuntona sekä vähentyneenä sosiaalisena toimintana. Niskakoski (ent. Paananen) ym. (2022, 4) painottavatkin, että lukivaikeuksien tunnistaminen – ja tunnistamisen myötä tukeminen – ovat koulunkäynnin eri vaiheissa tärkeitä pitkäaikaisten seurausten ennaltaehkäisyä kannalta. (Niskakoski (ent. Paananen) ym. 2022, 4)

Lukemisvaikeuksien taustalla on vahvasti perinnöllisiä ja neurobiologisia tekijöitä (Niilo

Mäki Instituutti 2022a). Korhonen (2004, 138–139) kertoo tutkimuksissa todetun, että lukihäiriöisten lasten vanhemmilla ja sisaruksilla esiintyy enemmän oppimisvaikeuksia kuin tutkimusten kontrolliryhmissä. Lukivaikeudella ja lapsen sukupuolella on havaittu olevan yhteys: oppimisvaikeuksien riski on pojilla 2–5-kertainen tyttöihin nähden. Lisäksi on havaittu, että mikäli toisella vanhemmista on todettu olevan lukivaikeus, on pojilla 35–40 %:n riski periä se. Tyttöillä vastaava riski on vain 17–18 %. Korhonen (2004, 139–140) muistuttaa, että lukivaikeuksien esiintyminen perheittäin voi geenien ohella liittyä myös sosiaaliseen perimään, opittuihin tapoihin ja ympäristötekijöihin. Lapsella voi olla sitä suurempi alttius ympäristötekijöiden haittavaikutuksille, mitä suurempi on geneettisten tekijöiden vaikutus. (Korhonen 2004, 139–140)

Lukivaikeus itsessään voi olla osa laajempaa kielellistä erityisvaikeutta (Marttinen ym. 2004, 58), mutta sen rinnalla ilmenee usein muitakin vaikeuksia (Niilo Mäki Instituutti 2022a). Lukivaikeuden yhteydessä voi ilmetä tarkkaavuushäiriötä tai muita oppimisvaikeuksia (esimerkiksi matematiikan oppimisessa) (Niilo Mäki Instituutti 2022a).

Lukivaikeudet ovat suhteellisen yleisiä väestössä. Niiden esiintyvyys vaihtelee käytetystä määritelmästä ja tutkimuksista riippuen. Korhonen (2004, 127) arvioi spesifejä lukemis- ja kirjoitusvaikeuksia esiintyvän jopa 3–10 %:lla kouluikäisistä lapsista. Koko väestöstä lukivaikeuksia arvioidaan olevan jopa 5–10 %:lla (Niskakoski (ent. Paananen) ym. 2022, 4).

### **2.2.3 Oppimisvaikeuksien tunnistamisesta tukemiseen**

Heikkilä ym. (2024) esittelevät kolmiportaisen lähestymistavan luki- ja kirjoitustaidon arviointiin. Nämä portaavat ovat 1) tuen tarpeen tunnistaminen (ryhmäseula), 2) yksilöllinen arviointi, ja 3) tuen suunnittelu, toteutus sekä oppimisen ja tuen seuranta.

Jotta voidaan suunnata konkreettisia tukitoimia, on ensimmäisenä tunnistettava ne henkilöt, jotka tukea tarvitsevat. Seulonnan tarkoituksena on löytää oppilasjoukoista ne oppilaat, joiden lukitaidot poikkeavat ikäryhmänsä taidoista. (Heikkilä ym. 2024; Lerkkanen ym. 2018, 13) Näitä oppilaita on yleensä noin 20 % ikäryhmästään (Lerkkanen ym. 2018, 13). Seula tehtävät tarjoavat karkeaa arviointia oppilaiden taidoista (Heikkilä ym. 2024). Seulontatehtävien heikkoon tulokseen voi olla muitakin syitä kuin lukivaikeudet: heikot tulokset voivat

viitata myös ongelmiin motivaatiossa, toiminnanohjauksessa tai opiskelustrategioissa. Siksi heikkoja seurantatehtävien tuloksia on aina syytä selvittää. (Lerikkanen ym. 2018, 13)

Kun seulan tuloksista on herännyt huoli oppilaan taidoista, siirrytään arvioinnin prosessissa arvioimaan oppilaan tietoja ja taitoja yksilöllisemmin. Yksilöllisessä arvioinnissa varmistetaan tuen tarve sekä selvitetään vaikeuksien laatua ja niiden syitä sekä oppilaan vahvuuksia. (Heikkilä ym. 2024)

Arvioinnin kolmannella tasolla siirrytään suunnittelemaan tukitoimia yksilöllisen arvioinnin pohjalta ja toteuttamaan niitä. Tuessa ja oppimisen seurannassa oppilaan osaamistasoa ei verrata enää suhteessa ikäryhmäänsä vaan tarkastellaan oppilaan omaa edistymistä ja taitojen kehitystä verrattuna aiempaan tasoon sekä tuen tavoitteisiin. (Heikkilä ym. 2024)

Yksilöllinen tuki voi kohdentua oppilailla suoraan puutteellisten osataitojen – kuten kirjainnäannevastaavuuden hallinnan ja kokoavan lukemisen – tukemiseen ja harjoitteluun. Toisaalta esimerkiksi lukusujuvuuden näkökulmasta tukea kohdistetaan lukemismotivaation herättämiseen ja oppilaan kannustamiseen itsenäiseen lukemiseen. Tukitoimet voivat kohdistua myös tukemaan oppilaan muita oppimistapoja, jotta lukivaikeudet rajoittaisivat koulutaivalta mahdollisimman vähän. Tähän keinoina on löytää oppilaille lukemisen ohella muita mahdollisia oppimistapoja ja apuvälineitä (esimerkiksi äänikirjat ja mahdollisuus opittujen taitojen suulliseen arviointiin). (Lerikkanen ym. 2018, 52–53)

## 3 Tutkimuskenttä

### 3.1 Näppäimistöjen kehitys

Näppäimistöjen historia nivoutuu yhteen kirjoituskoneiden historian kanssa. Ensimmäisiä koneita kirjoittamiseen kehitettiin jo 1700-luvulla, mutta kirjoituskoneet alkoivat yleistyä vasta teollistumisen myötä. (“Typing Through Time: Keyboard History” 2009). Ensimmäinen moderni kirjoituskone patentoitiin vuonna 1868, ja vuosikymmen sen jälkeen alkoi kirjoituskoneiden teollinen massatuotanto (Bellis 2020).

Mekaanisten kirjoituskoneiden näppäimistöissä oli riskinä näppäinvipujen jumittuminen vierrekkäisiä kirjaimia painettaessa. Vuonna 1878 patentoidussa QWERTY-näppäimistöasettelussa (kuvio 1) riskiä pyrittiin vähentämään asettelemalla usein yhdessä esiintyvät kirjainparit toisistaan erilleen. (Bellis 2020) QWERTY on nykyään eniten käytössä oleva näppäimistöasettelu (CDW 2022).

1800-luvun loppupuolelta alkaen kirjoituskoneiden näppäimistöjä alettiin yhdistämään muihinkin laitteisiinviestinnän helpottamiseksi, muun muassa lennätinlinjoja hyödyntäneisiin kaukokirjoittimiin. (Bellis 2020) Kaukokirjoittimien teknologia piti pitkään pintansa. 1970-luvulla tietokoneiden teknologinen kehitys alkoi tuottaa markkinoille kilpailevia laitteita ja tietokoneet syrjäyttivät kaukokirjoittimet lopullisesti 1990-luvulla. (Nelson ja Lovitt 1963)

Näppäimistöjen käytölle avautui uusia ovia reikäkorttitekniikan myötä. Ensin näppäimistöä hyödynnettiin laskimissa (Bellis 2020; Isokoski 2011, 172–173), ja sitten tietokoneiden syöttölaitteissa alettiin käyttää elektromeaanisista laskimista tuttua reikäkorttitekniikkaa (Isokoski 2011, 172–173). Jo hyvin varhain tietokoneiden suunnittelussa haluttiin yhdistää toisiinsa reikäkortti- ja näppäimistötekniikkaa (“Typing Through Time: Keyboard History” 2009). Reikäkortinlukijaa käytettiin sekä syöttö- että tulostuslaitteena Eniac-tietokoneessa jo vuonna 1946, ja pian Binac-tietokoneeseen oli yhdistetty sähkömeaaninen kirjoituskone, joka kirjoitti suoraan magneettinauhalle (Bellis 2020).

Tekniikan kehitys mahdollisti QWERTY:n rinnalle muitakin näppäimistöasetteluja niin, että näppäinten asettelussa pystyttiin huomioimaan paremmin esimerkiksi ergonomia ja kir-

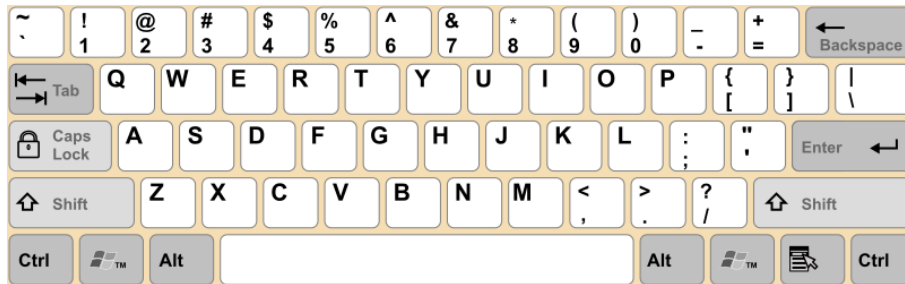
joitusnopeus. Kuviossa 2 esitetty Dvorak-näppäimistöasettelu patenttoitiin 1936, ja sitä on pidetty asettelultaan kirjoittamisen kannalta huomattavasti tehokkaampana kuin edeltäjäänsä. (Bellis 2020) Käyttäjät olivat kuitenkin jo omaksuneet QWERTY:n käyttöönsä. Uudenlaiseen näppäimistöön siirtyminen olisi vaatinut opettelua, ja sen mukanaan tuomaa hyötyä ei koettu riittäväksi. (Bellis 2020; Abai 2019)

Vaikka kaukokirjoittimien ja reikäkorttien kaltaiset teknologiat mahdollistivat tietojen syöttämisen tietokoneille, niissä oli vielä omat vaikeutensa. Tietojen siirto tietokoneen ja näppäimistöjen välillä vaati vielä useita tietokoneen toimintaa hidastavia sähkömekaanisia vaiheita. (Abai 2019; Bellis 2020) Sähköisen kirjoituskoneen kehitys 1960-luvulla mahdollisti tietojen siirron sähköimpulssien avulla (Bellis 2020).

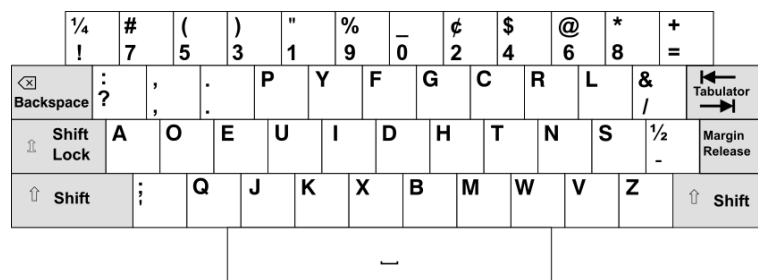
1970-luvulla kuluttajakäytössä oli tietokoneita vain vähän, eivätkä ne useinkaan sisältäneet varsinaista näppäimistöä. Tietokoneen käyttöä varten koneen etupaneelissa saattoi olla kytkimiä, tai tietokone valmistaja saattoi myydä tietokoneen rinnalla käytettäväksi sähköisiä kirjoituskoneita. (“Typing Through Time: Keyboard History” 2009) Ensimmäiset myydyt näppäimistöt olivat täysin mekaanisia, ja useimmiten ne täytyi koota itse. Näppäimistöt olivat rakennettu toiminnallisuus edellä eikä niiden visuaaliseen ilmeeseen oltu juurikaan vielä panostettu. (“Typing Through Time: Keyboard History” 2009)

1970-luvun lopulta 1980-luvun alkupuolelle kaikissa tietokoneissa käytettiin jo elektronisia näppäimistöjä (Bellis 2020; “Typing Through Time: Keyboard History” 2009), vaikka käyttäjät joutuivat kokoamaan ne itse. Suuremmassa mittakaavassa näppäimistöjä alettiin valmistamaan vasta 1970-luvun loppupuolella. Merkittävä muutos tapahtui, kun IBM julkaisi ensimmäisen PC:n, ja pian sen jälkeen (1986) PC:n mukana tuli valmiiksi koottu Model M -näppäimistö (kuviossa 3). Näppäimistöä kehuttiin laajasti: sitä oli tarkka, helppo sekä miellyttävä käyttää ja se antoi kirjoittajalle kosketuspalautetta. (“Typing Through Time: Keyboard History” 2009) Näppäimistön kehityksessä oli siis huomioitu muitakin käytettävyysominaisuuksia pelkkien näppäimistön toimintojen sijaan.

1990-luvulla kuluttajien saataville tulivat kädessä pidettävät tietokoneet (Abai 2019; Bellis 2020). Useimpia kämmentietokoneita käytettiin kosketusnäytön ja kynän avulla (Wiggins 2004; Bellis 2020), mutta esimerkiksi ensimmäisenä kämmentietokoneena pidettyä HP



Kuvio 1. QWERTY-asettelu Yhdysvaltain standardin mukaan (MichkaB 2011)



Kuvio 2. Dvorak-asettelu Yhdysvaltain standardin mukaan (Optikos 2010)



Kuvio 3. IBM Model M -näppäimistö (Raymangold22 2014)



95LX -laitetta (kuviossa 4) operoitiin pienen QWERTY-näppäimistön avulla. Tosin näppäimistön oli niin pieni, että sen käyttäminen näppäilemällä ei ollut käytännöllistä. Kämmentietokoneiden kehitys mahdollisti tekstin syöttämisen vaihtoehtoisilla tavoilla, joten myös tekstinsyöttöteknologiat ottivat kehitysaskelaita. Kämmentietokoneiden pienistä näppäimistöissä oli haastavaa saada riittävän tarkkoja ja helppokäyttöisiä. (Bellis 2020) Ratkaisuna kokeiltiin kehittää tekstinsyöttövaihtoehtoja, jotka eivät perustuneet näppäimistöön. (Abai 2019).

Fyysisten näppäimistöjen rinnalle tietokoneen käyttövälineeksi tulivat kosketusnäyttö ja kynä. Kynän käytössä laitteiden kanssa oli ongelmia, sillä kämmentietokoneet eivät tulkinneet käsin kirjoitettua tekstiä erityisen hyvin. Ilman kunnollista merkkien tunnustusta, kynien avulla pystyttiin tuottamaan lähinnä digitaalista mustetta (eng. *digital ink*). Käsinkirjoituksen tulkkaminen ASCII:ksi vaati koneilta muistia ja suorituskykyä, eivätkä nämä olleet useimmissa aikakauden koneissa vielä kovinkaan hyvällä tasolla. 1990-luvulla kynän käsittelyyn kokeiltiin erilaisia vaihtoehtoja (mm. graffiti-tekniikka, Unistrokes) käsinkirjoittamisen rinnalle (Abai 2019).

Teknologian kehittyessä älypuhelimet ja tabletit syrjäyttivät kämmentietokoneet. Kirjoittamiseen liittyvissä ongelmissa yhdeksi ratkaisuksi tulivat ”pehmeät näppäimistöt” eli kosketusnäyttöteknologiaan perustuvat virtuaaliset näppäimistöt. (Abai 2019; Bellis 2020) Kosketusnäyttöissä näppäimistö on esitetty visuaalisesti ja tekstinsyöttäminen tapahtuu koskettamalla näytöllä näkyviä näppäimiä sormilla tai kosketusnäyttökynällä. Kosketusnäytön näppäimistölle on tyypillistä kadota näkyvistä, kun sitä ei käytetä, jolloin muille näytöllä näkyville elementeille on enemmän tilaa. (Bellis 2020) Tavallisesti kosketusnäytön näppäimistöissä käytetään QWERTY-näppäimistöasettelua, mutta muitakin vaihtoehtoja näppäimistöasettelulle on (esim. kuvioissa 5 esitetty OPTI-näppäimistöasettelu ). (Bellis 2020)

Mobiililaitteiden kehityksen myötä on pyritty kehittämään myös erilaisia näppäimistöasetteluita, joiden avulla laitteen pitäminen kädessä ja kirjoittaminen olisi sujuvampaa kuin perinteisellä QWERTY-asettelulla. (Abai 2019) Esimerkiksi 2013 Androidille julkaistu KALQ-näppäimistöasettelu perustuu ajatukseen, että kirjoittaminen tapahtuisi pääasiassa peukaloilla. Tällä näppäimistöasettelulla on otettu QWERTY-asettelua paremmin huomioon tabletilla kirjoittamisen ergonomia, sekä pyritty nimenomaan parantamaan kirjoittamisen nopeutta. Tutkimusten mukaan kosketusnäytöillä kirjoittaminen olisi peräti 34 prosenttia nopeam-

paa KALQ-näppäimistöasettelulla kuin QWERTY-asettelulla. (St Andrews 2013) Huolimatta tutkimuksen positiivisista tuloksista vaikuttaa siltä, että KALQ-näppäimistö ei ole suuremmissa mittakaavassa tullut käyttäjille tutuksi tai laajempaan käyttöön.

QWERTY pitää yhä pintansa, ja sen kanssa pystyvät kilpailemaan vain sellaiset näppäimistöratkaisut, jotka ovat riittävän helposti omaksuttavissa sekä tehokkaita käyttää (Leiva ym. 2015, 1).



Kuvio 4. Kämmentietokone HP 95LX (Brozovsky 2012)



Kuvio 5. OPTI-näppäimistöasettelu on suunniteltu kosketusnäytöillä kirjoittamiseen. (Waddington ym. 2017)

## 3.2 Ihmisen ja tietokoneen välisestä vuorovaikutuksesta (HCI)

### 3.2.1 HCI yleisesti

Ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen (HCI) tutkimuksessa pyritään ymmärtämään paremmin ihmisiin liittyviä toimintamalleja, tietotekniikan toimintaa sekä parantamaan näiden kahden välistä vuorovaikutusta teorian ja suunnittelumallien avulla. Puhtaasti järjestelmän näkökulmasta ja ehdoilla toteutetut laitteet ja järjestelmät voivat toimia tehokkaasti, mutta niiden käytettävyys voidaan kyseenalaistaa, kun käyttäjäkokemusta ei ole huomioitu lainkaan. (Smith-Atakan 2006, 2)

Käyttäjäkokemus (eng. *user experience*) on hyvin voimakkaasti koko tutkimusalan, HCI:n, keskiössä (Rogers ym. 2011, 1), sillä HCI:n lähtökohtana on tarkastella kehitettävää tai kehitettyä järjestelmää tai teknologiaa nimenomaan sen loppukäyttäjän näkökulmasta, sekä systemaattisesti analysoida järjestelmien käytettävyyttä ja saavutettavuutta, sekä arvioida suunnitteluratkaisuja ja -vaihtoehtoja. (Smith-Atakan 2006, 184–185) Rogers ym. (2011, 2) kiteyttääkin, että tähtäimessä on vähentää negatiivisia käyttäjäkokemuksia ja vahvistaa positiivisia kokemuksia hyvän vuorovaikutussuunnittelun avulla.

### 3.2.2 Monialainen HCI

HCI on samaan aikaan useamman tieteenalan yhdistävä sovellusalue, mutta myös oma tieteenä. Se yhdistää tutkimuskentällään niin luonnontieteitä, ihmistieteitä, sosiaalitieteitä, insinööritieteitä kuin suunnittelutieteitäkin. (Oulasvirta 2011, 16–17; Rogers ym. 2011, 9–10) Sovellusalueen ja erityisesti suunnittelukäytänteiden osalta Rogers ym. (2011, 9–10) näkevät, että ihmisen ja tietokoneen väliseen vuorovaikutuksen piiriin voi kuulua toimijoita niin filmiteollisuuden, teollisen suunnittelun ja teollisen muotoilun, taidesuunnittelun, tuotesuunnittelun kuin graafisen suunnittelunkin parista.

Ihmisten ja koneiden välistä vuorovaikutusta on tutkittu vuosikymmeniä, ja tutkimuskenttä on laajentunut ja jakautunut erilaisiin tutkimuslinjoihin ja painotuksiin (Oulasvirta 2011, 16–17; Saariluoma, Kujala ja Kuuva 2010, 22–23). Oulasvirran (2011, 17–18) mukaan HCI:n alle sisältyvät kuusi päätutkimuslinjaa ovat

- ergonomia,
- tietojärjestelmätiede,
- käyttöliittymätutkimus,
- ihminen-tietokone-vuorovaikutus,
- tietokonevälitteinen yhteistyö, ja
- vuorovaikutussuunnittelu.

**Ergonomian** tutkimus, on syntynyt toisen maailman sodan aikana (Saariluoma, Kujala ja Kuuva 2010, 25; Oulasvirta 2011, 18–19). Se on pääasiassa psykologinen suuntaus (Oulasvirta 2011, 18–19), tosin se voidaan jakaa fyysiseen ergonomiaan, kognitiiviseen ergonomiaan sekä organisatoriseen ergonomiaan (Saariluoma, Kujala ja Kuuva 2010, 25). Näissä keskitytään liikeratoihin ja työasentoon (fyysinen ergonomia), inhimillisiin virheisiin koneen käytössä, niiden syihin sekä ennaltaehkäisyyn (kognitiivinen ergonomia) sekä työn mielekkyyteen, työssä hyvinvointiin ja työhön sitoutumiseen (organisatorinen ergonomia). Ergonomiaan liittyy läheisesti myös muita vuorovaikutustutkimuksen osa-alueita, kuten käytettävyystudkimus (eng. *usability research*), kognitiivinen teknologia (eng. *cognitive engineering*) ja ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus. (Saariluoma, Kujala ja Kuuva 2010, 25–26)

Kun 1970-luvulle tultaessa yritysmaailma ja organisaatiot kiinnostuivat tietokoneista enemmän, havahduttiin tarkastelemaan tietokoneistuneen työn johtamista ja tietokoneiden vaikutuksia työntehokkuuteen. **Tietojärjestelmätieteessä** on tietokoneiden käytön ohella kiinnitetty huomiota niiden käyttöympäristöön. Tietojärjestelmään kuuluvat koneet, niitä käyttävät ihmiset ja organisaatiot. Tietojärjestelmätiede yhdistää tutkimukseen vaikutteita psykologian ohella muun muassa sosiologiasta ja kauppatieteistä. (Oulasvirta 2011, 20–22)

**Käyttöliittymätutkimus** institutionalisoitui 1980-luvulla, joskin erilaisia käyttöliittymiä ja syöttölaitteita oli tutkittu edelläkävijöiden toimesta jo aiemmin. Tutkimusala keskittyy erilaisten käyttöliittymäratkaisuihin, vuorovaikutustekniikoihin ja vuorovaikutteisiin järjestelmiin. Erityisiä mainittavia tutkimuskohteita ovat käyttöliittymien suunnittelua ajatellen kehitetyt menetelmät ja prosessit ja niihin liittyvät tekniikat (kuten ohjelmistotyökalut). Tutkimuskohteisiin kuuluvat myös suunnittelun arvioinnin ja vertailun menetelmät, vuorovaikutuksen kokeileva tutkimus ja vuorovaikutuksen mallintaminen. Esimerkkeinä näistä malleista mainittakoon Fittsin laki, joka ennustaa ja mallintaa käyttöliittymien liiketarkkuutta

ja liikenopeutta. Tuoreemmaksi mielenkiinnon kohteeksi Oulasvirta (2011, 24) mainitsee ihmisen sensorimotoristen kapasiteettien laajemman hyödyntämisen käyttöliittymissä. Teknologian kehittyminen – siis näyttötekniologioiden kehittyminen sekä prosessointikapasiteetin kasvu – mahdollistavat nykypäivänä ihmisen aisteihin perustuvien vuorovaikutustapojen hyödyntämisen entistä tehokkaammin esimerkiksi sensortechnologioiden avulla. (Oulasvirta 2011, 24) Käyttöliittymätutkimus tutkii perinteisiä käyttöliittymiä (kuten hypertextiä, graafisia käyttöliittymiä, komentokäyttöliittymiä ja kosketuskäyttöliittymiä) sekä perinteisistä käyttöliittymistä toimintatavoiltaan poikkeavia käyttöliittymiä. Nämä käyttöliittymät voivat esimerkiksi perustua tarkkaavaisuuteen, ruumiin asentoihin tai aivojen toimintaan, ne voivat keskustella käyttäjän kanssa, toimia äänikomennolla tai eleiden avulla, tai ne voivat olla monikosketusnäyttöjä. (Oulasvirta 2011, 24–25; Rogers ym. 2011, 158)

**Ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus** tutkimussuuntauksena syntyi 1980-luvulla palvelemaan tietoteknistä teollisuutta. Siinä yhdistyvät psykologia, sosiaalitiede ja tietojenkäsittely. Ensimmäisinä vuosikymmeninä ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus painottui kognitiivisiin malleihin, kiitos Cardin ja hänen kollegoidensa uraa uurtavan teoksen *The Psychology of Human Computer Interaction* (1983). Näillä malleilla pystyttiin arvioimaan erilaisin prosesseihin menevää aikaa, kun muuttujina olivat ihminen sekä matemaattisesti mallinnettavissa olevat prosessit (esim. painikkeiden painallukset). Oulasvirta (2011, 256–27) kertoo, että HCI:n tutkimuskenttä pirstaloitui myöhemmin, ja Cardin mallit keräsivät kritiikkiä siitä, että ne jättivät muun muassa tilan ja ympäristön vaikutuksen huomioimatta. HCI laajeni hajautetun kognition tutkimukseen ja toiminnan teoriaan. (Oulasvirta 2011, 25–27) 2000-luvulla tutkimus on siirtynyt vuorovaikutuksen perusilmiöiden ymmärtämisestä tutkimaan enemmän teknologian uusia sovelluksia ja ratkaisuja. Oulasvirta (2011, 28) kertoo tutkimuksen tärkeimmiksi kohteiksi nykyään vuorovaikutustekniikat, internetpalvelut, mobiilisovellukset sekä ubiikit, alati läsnäolevat ohjelmistoratkaisut. (Oulasvirta 2011, 28)

**Tietokonevälitteisen yhteistyön** tutkimuksessa mielenkiinnon kohteena ovat ryhmä- ja yhteisötason ilmiöt. Tutkimus keskittyy yrityksissä käyttöön omaksuttuihin teknologioihin kuten alkuvuosinaan 1980-luvulla sähköpostiin. Tutkimussuuntauksen eri osa-alueet tunnetaan nimillä ryhmäsovellukset (eng. *groupware*), tietokoneavusteinen yhteistyö (eng. *computer supported cooperative work, CSCW*) ja työpaikkojen tutkimus (eng. *workplace studies*). Li-

säksi on viestintään keskittyneitä tutkimuksen osa-alueita kuten tietokonevälitteinen kommunikatio (eng. *computer-mediated communication, CMC*) sekä sosiaalisen median tutkimus (eng. *social media*). (Oulasvirta 2011, 28–29)

Design on aina ollut HCI:ssä keskeinen tutkimuskohde, mutta omaksi tutkimusalueekseen se eriytyi 1990-luvulla. Tutkimusaluetta alettiin kutsumaan **vuorovaikutussuunnitteluksi**, ja se sai vaikutteita teollisesta muotoilusta, graafisesta suunnittelusta ja arkkitehtuurista. Vaikka sen kohdalla painotetaan usein käyttöliittymiä ja muotoilua, ei vuorovaikutussuunnittelu rajoitu pelkästään käyttöliittymien suunnitteluun – kiinnostuksen kohteena on koko tuotteen tai palvelun kaari aina konseptista materiaalisuunnitteluun. Vuorovaikutussuunnittelun tutkimusalue on jakautunut vielä kolmeen osaan: suunnittelukäytäntö (eng. *design practice*) keskittyy vuorovaikutussuunnitteluun organisaatioissa, suunnittelututkimuksen (eng. *design studies*) kohteena on suunnittelijan ajattelu, ja eksploraatio (eng. *design exploration*) perehtyy vuorovaikutussuunnitteluun tuotekehityksellisesti luonnostelun ja mallikappaleiden valmistuksen näkökulmasta. (Oulasvirta 2011, 29–30)

### 3.2.3 Syöttölaitetutkimus osana HCI:tä

Isokoski (2011, 172) määrittelee syöttölaitteen seuraavalla tavalla:

*”Syöttölaitteella tarkoitetaan laitetta, jonka avulla tietoa syötetään tietokoneisiin.”*

Määritelmä on laajempi kuin pelkästään kirjoittamiseen ja tekstin syöttämiseen käytettävät syöttölaitteet. Sen mukaan hiiren ja näppäimistön ohella syöttölaitteet ovat mitä tahansa, joilla voidaan syöttää tietoa tietokoneisiin. Niinpä tietokoneisiin kytketyt lämpömittarit, luottokortinlukijat ja monet muut laitteet ovat syöttölaitteita. (Isokoski 2011, 172) Tämän tutkimuksen puitteissa on mielekästä rajata tarkastelu tekstinsyöttöön keskittyviin syöttölaitteisiin. Vielä tarkemmin tässä tutkimuksessa näkökulma rajautuu erityisesti fyysiseen näppäimistöön sekä kosketusnäyttöjen virtuaalisiin näppäimistöihin.

Syöttölaitetutkimus nivoutuu aina osaksi syöttölaitteen käyttötapaa sekä käyttökohdetta. Laitteen käyttökelpoisuus on riippuvainen kulloisestakin tehtävä-, laitteisto- ja ohjelmisto- ympäristöstä. Tämä riippuvuus tarkoittaa, että ilman tietoa, mitä syöttölaitteella tehdään ja missä

olosuhteissa, ei voida ottaa pätevästi kantaa siihen, mikä olisi paras syöttölaite. Syöttölaitetutkimusta tehdessä koko tietokonejärjestelmää ja käyttöolosuhteita ei tarvitse tuntea täydellisesti, vaan riittää, että niistä tunnetaan syöttölaitteen käyttöön olennaisesti liittyvät osat. Tästä kokonaisuudesta käytetään termiä vuorovaikutustekniikat. (Isokoski 2011, 175)

Syöttölaitetutkimuksen ytimessä ovat käyttäjän, syöttölaitteen sekä tietokoneen ja sen järjestelmän vuorovaikutustekniikat. Isokoski (2011, 175) kertoo vuorovaikutustekniikalla käsitteenä tarkoitettavan toistuvaa tapaa käyttää syöttölaitetta ja tietokonetta yhdessä. Vuorovaikutustekniikoiden kehittyminen kytkeytyy usein yhteen teknologian kehityksen kanssa. Uusien teknologioiden kohdalla syöttölaitteiden vuorovaikutustekniikat voivat olla vielä käyttäjäkunnalla vakiintumattomia, jolloin myös niiden kehitys on nopeaa. Kun käyttäjillä vakiintuvat tietynlaiset toimintamallit uusien syöttölaitteiden ja järjestelmien kanssa, myös uusien vuorovaikutustekniikoiden kehittyminen yleensä hidastuu. Isokoski (2011, 176) mainitsee tämän olevan järkevää, sillä muutoin voitaisiin olla tilanteessa, jossa käyttäjät joutuisivat opettelemaan uuden tavan käyttää tietokonetta muutamien vuosien välein.

Syöttölaitetutkimus on osa ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen tutkimusta. Syöttölaitetutkimuksessa pyritään optimoimaan käyttäjän ja tietokoneen yhteistoimintaa. (Isokoski 2011, 172)

### **3.3 Aiempi tutkimus aiheesta**

Virtuaalisen näppäimistön ja fyysisen näppäimistön (QWERTY-näppäimistöasettelulla) vertailevaa tutkimusta on viime vuosina ollut vähän (ergonomian näkökulmasta esim. Kim ym. 2014), varsinkin tablettitietokoneiden kohdalla. Jo vuosien ajan tutkimuksissa ollaan oltu kiinnostuneita joko uusien näppäimistöasetteluiden kehittämisestä tableteille ja muille mobiililaitteille (esim. Mackenzie, Zhang ja Soukoreff 1999; Faleel ym. 2023), pienien puettavien laitteiden näppäimistöistä (esim. Leiva ym. 2015) tai virtuaaliodellisuuden ja virtuaalinäppäimistöjen yhdistämisestä (esim. Yi ym. 2023). Laitteiden erilaisissa vertailuissa voi olla kyse myös yritysten tuotekehityksestä ja kilpailuasetelman parantamisesta. (esim. Hung ym. 2011)

Tässä luvussa esitellään joitain poimintoja virtuaalisten ja fyysisten näppäimistöjen tutki-

muksen parista hieman eri näkökulmista. Tutkimusten esittelyn jälkeen käydään läpi havain-  
toja tutkimuksista ja tutkimuskentästä.

### **3.3.1 Ergonomian näkökulmaa virtuaalisiin näppäimistöihin**

Kim ym. (2014) ovat tutkimuksessaan tarkastelleet virtuaalisten ja fyysisten, mekaanisten näppäimistöjen ergonomisia eroja. Kirjoittamisessa fyysisellä näppäimistöllä ja virtuaalisella näppäimistöllä on merkittäviä eroja kirjoittamisen kuormittavuuden kannalta. Fyysisellä näppäimistöllä kirjoittaessa käyttäjä voi lepuuttaa käsiään pöytää tai näppäimistön reunaa vasten kirjoittaessaan, mutta virtuaalisilla näppäimistöillä tämä ei ole mahdollista, sillä kädet aktivoisivat kosketusnäyttöä. Virtuaalisella näppäimistöllä kirjoittaessa käyttäjä joutuu kannattelemaan käsiään enemmän näppäimistön yllä. Staattinen kuormitus voi kytkeytyä tuki- ja liikuntaelin sairauksiin. Tutkimuksessa on tarkasteltu lihasten aktivoitumista ja kuormitusta tästä näkökulmasta. Tutkimuksessa on huomioitu myös eroja, jotka voivat johtua fyysisten näppäimistöjen antamasta kosketuspalautteesta ja siitä, että virtuaaliset näppäimistöt eivät anna käyttäjälle kosketuspalautetta. (Kim ym. 2014)

Kim ym. (2014) ovat havainneet, että virtuaalisella näppäimistöllä kirjoittaessa henkilöt käyttivät vähemmän voimaa ja sormien koukistuslihaksia kuin mekaanisilla näppäimistöillä kirjoittaessa, mutta olkapäiden lihasten kuormitus kasvoi. Nämä vaikuttivat laskuun kirjoituksen tuottavuudessa verrattuna mekaanisiin näppäimistöihin. Tutkimuksen päätuloksena on todettu, että fyysinen näppäimistö on tuottavampi ja ergonomisempi, varsinkin pitkiä aikoja kirjoittaessa. Myös fyysisen näppäimistön antamasta kosketuspalautteesta havaittiin olevan vaikutusta positiivisiin koetuloksiin. Tutkimuksessa koehenkilöt raportoivat omista kokemuksistaan näppäimistöillä kirjoittamisesta, ja koehenkilöiden havainnot olivat yhteneväisiä mittausten kanssa. Virtuaalisilla näppäimistöillä kirjoittaminen oli huomattavasti tehottomampaa kuin fyysisillä näppäimistöillä kirjoittaminen. Tämän on epäilty johtuvan siitä, että virtuaalisia näppäimistöjä käyttäessään käyttäjät joutuvat katsomaan näppäimistöä eivät tietokoneen ruutua. (Kim ym. 2014)



### 3.3.2 Vaihtoehtoisia näppäimistöasetteluja – onko sittenkään?

Mackenzie, Zhang ja Soukoreff (1999, 235–240) kertovat, että fyysisillä näppäimistöillä kirjoitetaan tyypillisesti näppäimellä (eng. *typing*) ja virtuaalisilla näppäimistöillä naputtelemalla (eng. *tapping*). Heidän mukaansa QWERTY tuki ennen kaikkea näppäilemistä, sillä näppäilyyn sopi kirjoittaminen kahdella kädellä ilman katsekontaktia (eng. ”*touch typing*”). Virtuaalisia näppäimistöjä käytettiin pääasiassa yksikäsisesti koskettamalla yhtä näppäintä kerrallaan, katse näppäimistössä (eng. ”*touch tapping*”). Koska kirjoittamistavat eroavat merkittävästi, Mackenzie, Zhang ja Soukoreff (1999, 236) tutkivat nimenomaan vaihtoehtoisia näppäimistöasetteluita QWERTY:lle virtuaalisilla näppäimistöillä. Tutkimuksessa keskityttiin tarkkailemaan erityisesti kokemattomien käyttäjien sekä kokeneiden käyttäjien suorituksia erilaisten erilaisilla näppäimistöillä. Heidän oletuksensa oli, että käyttäjät eivät halua käyttää virtuaalista näppäimistöä, jos näppäimistö on hidas ja virheherkkä. (Mackenzie, Zhang ja Soukoreff 1999, 235–240)

Mackenzie, Zhang ja Soukoreff (1999, 236–243) ovat arvioineet kirjoitusnopeuksia eri näppäimistöillä Fittsin sekä Hickin ja Hymanin lain avulla. Matemaattisten arvioiden perusteella odotettiin, että osalla näppäimistöistä pitäisi saada kirjoitettua nopeammin kuin QWERTY:llä. Tutkimuksessa havaittiin, että etenkin kokeneiden tietokoneiden käyttäjien kohdalla kirjoitusnopeus oli paras QWERTY:llä huolimatta siitä, että osa näppäimistöistä oli nimenomaan virtuaalisille näytöille suunniteltuja. Kokemattomien käyttäjien kohdalla erot eivät olleet niin selkeitä. QWERTY-näppäimistöasettelu on tullut jäädäkseen niin fyysisillä kuin virtuaalisillakin näppäimistöillä. (Mackenzie, Zhang ja Soukoreff 1999, 236–243)

### 3.3.3 Erityisen pieniä kosketusnäyttöjä

Leiva ym. (2015, 669) ovat keskittyneet tutkimuksessaan *Text entry on Tiny QWERTY Soft Keyboards* erityisesti puettaviin laitteisiin kuten älykelloihin, älylaseihin ja digitaalisiin koruihin. Pienten älylaitteiden toiminnot rajoittuvat usein kirjoittamisen sijaan vain painikkeen painalluksiin tai muihin yksinkertaisiin toimintoihin johtuen älylaitteiden pienistä näytöistä. Tutkimus kohdistui kolmeen QWERTY:yn perustuvaan virtuaaliseen näppäimistöön ja kolmeen erikokoiseen kosketusnäyttöön. (Leiva ym. 2015, 1)

Aiempiin tutkimuksiin nojaten Leiva ym. (2015, 670) ovat todenneet, että virtuaalisille näytöille erityisesti optimoidut, QWERTY:stä poikkeavat näppäimistöasettelut eivät ole menestyneet. Ne voivat olla tehokkaampia kuin QWERTY, mutta ne vaativat harjoittelua, johon jo QWERTY:n oppineet käyttäjät eivät ole valmiita sitoutumaan. Tutkimuksen tuloksena havaittiin, että mitä suurempi näyttö puettavassa älylaitteessa on, sitä helpompaa sillä kirjoittaminen on. Pienillä näytöillä virheherkkyys kasvaa, vaikka osa näppäimistöistä mahdollistaisi tekstin suurentamisen. (Leiva ym. 2015, 676–677)

Leivan ym. (2015) tutkimus on hyvä osoitus siitä, että QWERTY pitää näppäimistöasetteluna yhä pintansa, ja on siirtynyt sellaisenaan uusiin teknologioihin.

### **3.3.4 Tuotetestauksella kohti parempia näppäimistöjä**

Hung ym. 2011 toteavat QWERTY-näppäimistöasettelun käytettävyyden riippuvan paitsi näppäimistöasettelusta itsestään myös muiden muassa näppäimistön kokonaiskoosta, rivien määrästä, korkeudesta, yksittäisten näppäinten väleistä ja näppäinten muodoista. Samsungin tutkimusryhmä (Samsung Electronics America sekä Samsung Design Group Korea) suoritti järjestelmälliset ergonomia- ja käytettävyyssarvioinnit useille mobiililaitteille selvittääkseen suunnittelutekijöiden välisiä suhteita ja luodakseen suunnittelukäytänteitä mobiililaitteiden QWERTY-näppäimistöille. Tutkimuksessa tuotettiin tietoa niin fyysisten kuin virtuaalistenkin näppäimistöjen kehitystä varten yrityksen omaan käyttöön. (Hung ym. 2011, 583)

Tutkimuksen mittareina käytettiin ihmisen suorituskykyä (nopeutta ja kirjoitustarkkuutta), käyttäjätyytyväisyyttä sekä palautetta kirjoittamisen helppoudesta tekstin, symboleiden ja numeroiden kohdalla. Nopeutta mitattiin kirjoitettujen merkkien määrällä ja kirjoitustarkkuutta tarkasteltiin tehtyjen merkkivirheiden tasolla. (Hung ym. 2011, 584) Tutkimuksessa vertailtiin Samsungin mobiililaitteita kilpaileviin tuotteisiin (IPhoneen ja IPadiin). (Hung ym. 2011, 590–591)

Hung ym. (2011) ovat havainneet käyttäjien suosivan mobiililaitteissa samankaltaisia QWERTY-näppäimistöjä kuin PC:llä. Viisiriviset näppäimistöasettelut erillisellä numerorivillä aiheuttavat käyttäjillä vähemmän virheitä. Pienelläkin muutoksella näytön ja näppäimistön koossa voi olla merkitystä. Näytön koon muuttuessa neljästä tuumasta (4") isommaksi (4,3") tuu-

maan, käyttäjän tekemien virheiden määrä vähenee. (Hung ym. 2011, 590–591)

Hungin ja muiden (2011) tekemä tutkimus on esimerkki modernista tuotekehityslähtöisestä tutkimuksesta. Mobiililaitteita valmistavat yritykset pyrkivät tekemään laitteidensa käyttämisestä kuluttajille helpompaa, ja testaavat erilaisia prototyyppejä, sekä vertaavat omia tuotteita kilpailijoiden vastaaviin tuotteisiin. Tutkimuksen haasteena on, että tulokset on usein ilmoitettu ympäripyöreästi, ja tieteen kannalta kenties hedelmällisimmät osat tutkimusta jäävät tutkimuksen tehneen yrityksen sisäiseen käyttöön.

### **3.3.5 Huomioita aiemmista tutkimuksista**

Virtuaalisten näppäimistöjen tutkimus ei ole uusi asia, niitä on tutkittu jo vuosikymmeniä. Siitä pitäen, kun kosketusnäyttöjä on kehitetty, on pyritty tutkimaan myös tehokkaita ja käytettäviä tapoja tuottaa kirjoitusta kosketusnäytöillä. Monissa tutkimuksissa on todettu, että QWERTY:n näppäimistöasettelu pitää pintansa myös virtuaalisissa näppäimistöissä, vaikkei se olisikaan paras tarjolla oleva vaihtoehto. Ongelmana testaamisessa usein on, että testihenkilöillä on kokemusta QWERTY:stä, mutta ei välttämättä verrattavasta näppäimistöstä. Kynnys omaksua uusi näppäimistö ja varsinkin ottaa sellainen käyttöön, on korkea. Erot virtuaalisten ja fyysisten näppäimistöjen välillä ovat selvät, mutta vielä ei ole löytynyt sellaista virtuaalista kirjoitustapaa, jolla QWERTY olisi pystytty korvaamaan käytössä. Jos tehokkaampia tapoja onkin, käyttäjät tuntuvat silti suosivan QWERTY:ä sen tuttuuden takia.

Useimmissa tutkimuksissa käytettiin teoreettisena tarkastelun lähtökohtana Fittsin lakia, Hickin lakia sekä Hick-Hyman lakia. Nämä lait mahdollistavat kirjoittamisnopeuksien arviointia teoriassa tehokkaasti. Nämä mainitut mallit ovat klassisia HCI:n vuorovaikutusmalleja.

## **3.4 Teoreettiset lähtökohdat näppäimistöjen tutkimisessa**

### **3.4.1 Goals, Operators, Methods, Selection Rules (GOMS)**

GOMS lyhenne tulee mallin komponenttien englanninkielisistä termeistä *Goals* (tavoite), *Operators* (toiminnot), *Methods* (menetelmät), ja *Selection rules* (valintasäännöt). (Cox ja Peebles 2008, 71; Card, Moran ja Newell 1983, 140; Rogers ym. 2011, 521–522)

GOMS on yksi vanhimmista ja eniten käytetyistä ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen prosessointimalleista (Cox ja Peebles 2008, 71). Mallin on alun perin kehittänyt Card, Moran ja Newell (1983), ja siitä on sittemmin kehitetty useita johdannaisversioita ja laajennoksia. Tarkemmin sanottuna GOMS on nykyään mallien perhe, johon kuuluu useita erilaisia malleja – näistä tunnetuimmat ovat alkuperäinen GOMS sekä KLM (ks. luku 3.4.2 KLM). GOMS pyrkii olemaan ennakoiva malli, jonka avulla voidaan myös testata ja arvioida käyttäjän suoriutumista. Mallilla pyritään löytämään tehokkain strategia tarkkailtavien toimintojen suorittamiseen sekä optimoimaan käyttäjän suoritus aikaan. (Rogers ym. 2011, 521).

**Tavoitteet (G)** viittaavat käyttäjän päämäärään tietokoneen käytössä (Cox ja Peebles 2008, 71; Card, Moran ja Newell 1983, 140). Card, Moran ja Newell (1983, 140) esittelevät klassikkoteoksessaan *The Psychology of Human-Computer Interaction* esimerkin, jossa käyttäjän tavoitteen tietokoneen käyttämisessä on muokata käsikirjoitusta. Suuremman tavoitteen voi pilkkoa myös pienemmiksi osatavoitteiksi, jolloin tavoitteen tarkastelu siirtyy aina yksityiskohtaisemmalle tasolle myös järjestelmässä. (Card, Moran ja Newell 1983, 140)

Card, Moran ja Newell (1983, 144) kuvaavat, että **toiminnot (O)** ovat erilaisia motorisia tai kognitiivisia toimintoja, joiden avulla pyritään muuttamaan käyttäjän henkistä tilaa tai vaikuttamaan tehtäväympäristöön tavoitteiden saavuttamiseksi. Card, Moran ja Newell (1983, 144) huomioivat myös käyttäjän ja tämän mielentilan osana järjestelmää ja osana tehtävän suorittamista. Cox ja Peebles (2008, 71) keskittyvät tarkastelemaan toimintoja enemmän koneen näkökulmasta. He pelkistävät toiminnot kuvaamaan tietokoneen, sen käyttöjärjestelmän tai käyttöliittymän mahdollistamia toimintoja kuten hiirellä klikkaamista, elementtien vetämistä hiiren cursorilla, uusien ikkunoiden avaamista, näppäinten painamista näppäimistöstä jne. (Cox ja Peebles 2008, 71). Rogers ym. (2011, 522) kuvaa operaattorin kognitiivisiksi prosesseiksi ja fyysisiksi toimiksi. Kaikissa tapauksessa – oli kyse sitten koko tietojärjestelmän toiminnoista sisältäen myös ihmisen tai pelkistetymmin tietokoneen mahdollistamista operaatioista – toiminnoissa on kyse nimenomaan niistä operaattoreista, jotka mahdollistavat osatavoitteiden saavuttamisen.

**Menetelmät (M)** viittaavat prosesseihin, joiden avulla päätavoite voidaan saavuttaa (Card, Moran ja Newell 1983, 145). Card, Moran ja Newell (1983, 145) kertoo kyseessä olevan joukon sellaisia toimintojen yhdistelmiä, jotka ovat käyttäjän ennalta tuntemia ja tietämiä.

(Card, Moran ja Newell 1983, 145–146) Niin ikään Cox ja Peebles (2008, 71–72) näkevät menetelmät alatavoitteiden ja toimintojen yhdistelminä, joiden avulla päätavoite on saavutettavissa, ottamatta kuitenkaan kantaa siihen, kuinka perusteellisesti käyttäjä tuntee menetelmät entuudestaan. Heidän kuvauksensa perusteella menetelmät pyrkivät huomioimaan kaikki mahdolliset erilaiset toimintojen ja osatavoitteiden yhdistelmät, joilla osatavoitteet ja päätavoite ovat saavutettavissa. (Cox ja Peebles 2008, 71–72)

**Valintasäännöt (S)** viittaavat sääntöihin, joiden perusteella käyttäjä valitsee tietyt menetelmät toimintojen suorittamiseen silloin, kun mahdollisia, kilpailevia toimintatapoja on useita (Cox ja Peebles 2008, 71; Card, Moran ja Newell 1983, 140).

### 3.4.2 Keystroke-level model (KLM)

KLM (eng. *Keystroke-level model*) on GOMS-perheeseen kuuluva malli, jonka Card, Moran ja Newell kehittäneet 1980-luvun alussa. Se eroaa alkuperäisestä GOMS:sta siten, että sen avulla voidaan saada numeerisia ennakoarvioita käyttäjän suoriutumisesta. Numeeriset arviot antavat jo teoriatasolla mahdollisuuksia verrata järjestelmien ja ohjelmien ominaisuuksia ja etsiä tehokkainta tapaa tehtävien suorittamisen. KLM:n kohdalla Card analysoi useiden empiiristen tutkimusten tietoja, ja onnistui standardoimaan aikoja, jotka käyttäjältä menee tiettyjen yksittäisten toimintojen – esimerkiksi näppäimen painamisen tai hiiren klikkauksen – suorittamiseen. Näitä standardoituja aikoja ovat muun muassa

- näppäimen painaminen  $K$ ,
- hiiren klikkaaminen  $P$ ,
- päätöksenteko  $M$ , ja
- järjestelmän vastausaika $R$  (lasketaan vain, mikäli käyttäjä joutuu odottamaan). (Rogers ym. 2011, 523)

Edellä esitetty lista ei ole täydellinen, mutta sen pohjalta pystytään saamaan Rogers ym. (2011) ilmoittamaa matemaattista kaavaa mukaileva kaava tavallisista toiminnoista:

$$T_{execute} = T_K + T_P + T_M + T_R$$

Laittamalla käyttäjän tarvitsemat operaattorit peräkkäin järjestykseen, on mahdollista kuvata

tehtävän suoraviivainen eteneminen ja laskea suorittamiseen menevä aika. (Cox ja Peebles 2008, 73)

Huolimatta GOMS:n tunnettuudesta ja pitkästä iästä, sillä on myös omat rajoituksensa. Rogers ym. (2011, 526–527) kertoo, että GOMS soveltuu pääasiassa mallintamaan tietokoneella toteutettavia tehtäviä. Malli ei mahdollista virheiden mallintamista. Todellisen ihmisen toiminnan ennustamiseen ja arvioimiseen se ei ole nykypäivänä riittävän joustava. (Rogers ym. 2011, 526–527)

### **3.4.3 Hickin laki sekä Hickin ja Hymanin laki**

Seow (2005, 322) kertoo Hickin todennäköisesti olleen ensimmäinen, joka yhdisti informaatioteoriaa ja psykologian alan ongelmia. Hickin empiirisillä kokeilla vuonna 1952 oli tavoitteena määritellä suhdetta visuaalisesti havaitun ärsykkeen, valinnan ja reaktioajan välillä. Kokeissa koehenkilön tehtävänä oli painaa annetun ärsykkeen mukaisesti painiketta, joka sytytti lampun – lamppuja oli kymmenen, eli yksi jokaiselle koehenkilön sormelle. Testin eri vaiheissa koehenkilöä ohjeistettiin eri tavoin: koehenkilöä pyydettiin toimimaan mahdollisimman nopeasti virheistä välittämättä, ja toisessa tilanteessa koehenkilöä pyydettiin toimimaan mahdollisimman tarkasti ja virheettömästi. (Seow 2005, 323–325)

Hyman jatkoi saman tutkimusaiheen parissa 1954. Hän teki erilaisia kokeiluja Hickin koeasetelmalla, vaihtoi koeasetelmassa painikkeiden määriä ja muutti ärsykkeiden esiintymisen todennäköisyyksiä. Tavoitteena oli tuottaa kokeeseen vaihtelevia määriä entropiaa ja arvioida sitä kautta Hickin alkuperäisen kaavan toimivuutta. (Seow 2005, 326)

Hickin ja Hymanin laki kuvaa yksinkertaisuudessaan laskennallisesti valintojen määrän ja päätöksen tekoon kuluvan ajan suhdetta: valintojen määrän kasvaessa, päätös- ja reaktioaika kasvaa kaksikantaisen logaritmin tapaan. (Cockburn, Gutwin ja Greenberg 2007; Rosati 2013, 127)

Rosati (2013, 136) mainitsee, että Hick-Hymanin lakia on huomioitu HCI:n alalla verrattain vähän. Sitä pidetään vaikeasti sovellettavana ja epäselvänä. Kuitenkin Hickin ja Hymanin lain vaikutuksia voidaan havaita käyttöliittymäsuunnittelussa, ja sille voisi antaa enemmän painoarvoa suunnittelussa. (Rosati 2013, 136)

#### **3.4.4 Fittsin laki**

Fittsin laki on ennustava malli, jolla pyritään arvioimaan aikaa, joka käyttäjällä menee tietyn kohteen tavoittamiseen osoitinlaitteella. Alunperin 1950-luvulla kehitettyä mallia on käytetty kuvaamaan nopeuden ja tarkkuuden suhdetta, kun lähestytään kohdetta näyttöpäätteellä. Vuorovaikutussuunnittelun puolella mallia on siirrytty käyttämään kuvaamaan kohteen osoittamiseen tarvittavaa aikaa, kun otetaan huomioon kohteen koko ja etäisyys. Mallia käytetään avuksi käyttöliittymien suunnittelussa. (Rogers ym. 2011, 527–528)

Rogers ym. (2011, 527) tiivistää Fittsin lain, että mitä suurempi kohde, sitä helpompaa ja nopeampaa sen saavuttaminen on. Tämän johdosta käyttöliittymissä suositaan riittävän suuria painikkeita.

Fittsin lakia voidaan käyttää paitsi suunnittelussa myös käyttöliittymien arvioinnissa apuna. Erityisen hyödyllisenä se on nähty mobiililaitteiden kohdalla rajoitetun tilan käytön ja painikkeiden ja kuvakkeiden sijoittelun optimoinnin näkökulmasta. Fittsin lakia käytetään usein myös silmänliikeseurannan yhteydessä. (Rogers ym. 2011, 527–528)

#### **3.4.5 Tilastolliset teoriat HCI:ssä**

HCI:ssä tilastolliset ja numeeriset menetelmät ovat yleinen tapa kuvata vuorovaikutussuhteita. Vuorovaikutuksesta saadaan usein numeerista dataa (esim. klikkausten määrä tai tietyn toiminnon suorittamisen nopeus), jonka tarkastelu ja käsittely on mielekästä tilastotieteen keinoin. Tyypillisiä tarkasteltavia tilastollisia tunnuslukuja ovat keskiarvo, moodi, mediaani, keskihajonta, minimi, ja maksimi. (Cairns ja Cox 2008, 112–115)

Edellä mainittujen tunnuslukujen avulla pystytään jo melko perusteellisesti kuvaamaan esimerkiksi tyypillistä käyttäjää, tehtävän suorittamiseen kuluva keskimääräistä aikaa ja väärin klikkausten määrää ja sitä, miten paljon eri käyttäjät voivat toisistaan näissä poiketa (Cairns ja Cox 2008, 113–115).

Tunnuslukujen ohella aineistoa tarkastellaan myös tilastollisten testien avulla, jolloin pystytään selvittämään aineiston muuttujien välisiä riippuvuussuhteita. Numeerisista aineistoista halutaan yleensä myös varmistaa, että mahdollisesti havaitut riippuvuudet eivät johdu vain

sattumasta, esimerkiksi Khiin neliö -testin avulla. Cairns ja Cox (2008, 126) mainitsevat muiksi tilastollisiksi testeiksi, joita kannattaa harkita, kuusi tilastotieteen perustestiä: T-testi, ANOVA, Khiin neliö -testi, Wilcoxonin testi, Mann-Whitneyn testi, ja Pearsonin korrelaatio kerroin. (Cairns ja Cox 2008, 120–126).

Näistä edellä listatuista tilastotieteen menetelmistä kerrotaan lisää luvussa 4.1 niistä, jotka ovat keskeisiä tämän tutkimuksen näkökulmasta.



## 4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus

### 4.1 Kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä

Kvantitatiivinen tutkimus on tieteellisen tutkimuksen menetelmäsuuntaus. Sen ominaisimpina piirteinä on kuvata tutkimuksen kohdetta tilastojen ja numeroiden avulla. Usein kvantitatiivisessa tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita tutkimuksen kohteen piirteiden luokittelusta, siihen kytkeytyvistä syy-seuraussuhteista sekä ilmiöiden selittämisestä numeerisesti. (Williams, Wiggins ja Vogt 2021, 2–3)

Kvantitatiiviseen tutkimukseen kuuluu usein tilastollisia analyysimenetelmiä (Williams, Wiggins ja Vogt 2021, 2–3). Seuraavissa alaluvuissa esitellään tarkemmin kvantitatiiviseen tutkimukseen liittyviä tilastollisia tunnuslukuja sekä tilastollisia analyysimenetelmiä.

#### 4.1.1 Tilastolliset termit ja tunnusluvut analyysimenetelmät

**Keskiarvolla** (eng. *mean*) tarkoitetaan yleensä aritmeettista keskiarvoa. Aritmeettinen keskiarvo on vakaa suure suurilla havaintomäärillä. Pienillä havaintomäärillä ääriarvot ja poikkeamat voivat vaikuttaa keskiarvoon merkittävästi. Aritmeettinen keskiarvo lasketaan jakamalla havaintoarvojen summa havaintojen lukumäärällä. (T. Heikkilä 2010, 83)

**Mediaani** (eng. *median*) on järjestetyn joukon keskimäinen arvo. Se jakaa tarkastellun aineiston kahteen yhtä suureen osaan. Itse mediaani on järjestettyjen havaintoarvojen keskimäinen arvo, mikäli aineistossa on arvoja pariton määrä. Parillisten havaintoarvojen tapauksessa mediaaniksi valitaan toinen keskimmäisistä arvoista. Myös luokitellun aineiston yhteydessä voidaan hyödyntää mediaania, mutta käytännössä mediaani lasketaan silloin luokittelemattomasta aineistosta. (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 72–73)

**Vaihteluväli** kuvaa sitä, miltä arvoväliltä havainnot on saatu. Vaihteluvälissä ilmoitetaan havaintojen pienin (minimi) ja suurin (maksimi) arvo. (T. Heikkilä 2010, 85; Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 81). Muuttujalle voidaan laskea vaihteluväli, mikäli se on mitattu vähintään järjestysasteikolla. Välimatka-asteikkoisille muuttujille voidaan laskea lisäksi myös vaihteluvälin pituus. (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 81)

Hajontalukujen tarkoituksena on kuvailla, kuinka laajalle tai suppealle välille muuttujan havaintoarvot ovat sijoittuneet suhteessa keskilukuun tai toisiinsa. Yksi käytetyimmistä hajontaluvuista on **keskihajonta** (eng. *standard deviation*). Keskihajonta kuvaa havaintojen arvojen hajontaa aritmeettisen keskiarvon ympärillä. Keskihajontaa voidaan tarkastella vain sellaisille muuttujille, jotka ovat välimatka- tai suhdeasteikollisia. (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 79, 82–83; T. Heikkilä 2010, 85–87)

**Keskiarvon keskivirheen** (eng. *standard error; std. error of mean*) avulla pyritään kuvaamaan keskiarvon luotettavuutta. Keskiarvon keskivirheeseen vaikuttaa havaintojen määrän ohella myös muuttujien arvojen keskihajonta. (T. Heikkilä 2010, 88)

**Vinous** (eng. *skewness*) voidaan määrittää, kun tarkasteltava muuttuja on välimatka- tai suhdeasteikollinen (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 85). Vinous kuvastaa jakauman symmetrisyyttä suhteessa sen keskikohtaan, ja sitä kuvataan yleensä erilaisilla vinouskertoimilla. Symmetrisen jakauman vinous on nolla, negatiivinen vinouskerroin viittaa vasemmalle päin vinoon jakaumaan ja positiivinen vinouskerroin oikealle päin vinoon jakaumaan. (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 85–86; T. Heikkilä 2010, 88)

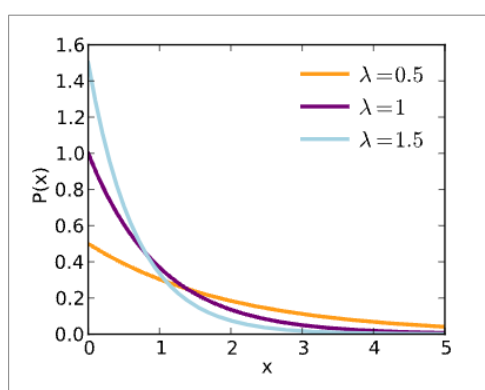
**Huipukkuus** (eng. *kurtosis*) kuvaa jakauman huipun terävyyttä. Normaalijakaumaa muistuttava jakauma saa huipukkuuden arvoksi nollan. (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 86; T. Heikkilä 2010, 88) Normaalijakaumaa loivempaa jakaumaa kuvaa negatiivinen arvo, ja suurempaa huippua positiivinen arvo. (T. Heikkilä 2010, 88)

**Frekvenssillä** viitataan yleensä havaintoarvojen lukumääriin. (Holopainen ja Pulkkinen 2012) Ristiintaulukoinnissa saadaan kaksiulotteinen frekvenssijakauma.

**Normaalijakaumaa** voidaan käyttää tilastollisena mallina todella erilaisissa tilanteissa, ja se on yksi käytetyimmistä todennäköisyysjakaumista. Lähes kaikki satunnaismuuttujat, joiden arvoon vaikuttavaa useita toisistaan riippumattomia tekijöitä, noudattavat tyypillisesti normaalijakaumaa. Normaalijakaumassa on yleensä symmetrinen – puolet arvoista on odotusarvoa suurempia ja puolet pienempiä, ja valtaosa arvoista on keskittynyt hyvin lähelle odotusarvoa. Normaalijakaumassa erittäin pienten ja erittäin suurten arvojen esiintymät ovat sängen harvinaisia. (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 145) Monet tilastotieteessä käytetyistä menetelmistä ja testeistä odottavat aineistolta normaalijakaumaa, jotta ne

toimisivat luotettavasti. Mikäli aineiston jakaumaa ei tunneta tai se ei noudata normaalijakaumaa, tulee aineiston analyysissä käyttää jakaumasta riippumattomia testausmenetelmiä. (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 193)

**Eksponentiaalinen malli** on yksi epälineaarista malleista. Muuttujien väliset yhteydet eivät aina ole lineaarisia, vaan monet yhteyksistä noudattaa jotain muuta muotoa sirontakuvioidensa. Eksponentiaalisen mallin kuvaaja saadaan eksponenttifunktiosta (esimerkki muodosta kuviossa 6). (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019) Tässä tutkimuksessa eksponenttifunktion muotoa kutsutaan **eksponenttijakaumaksi**.



Kuvio 6. Esimerkki eksponenttijakaumasta (Skbkekas 2010).

#### 4.1.2 Tilastolliset analyysimenetelmät

**Ristiintaulukoinnilla** pyritään kuvaamaan kahden muuttujan välistä yhteyttä sekä niiden vaikutusta toisiinsa. Ristiintaulukoinnissa muuttujat esitetään samassa taulukossa sarakkeissa (sarakemuuttuja) ja riveillä (rivimuuttuja). Itse taulukon soluissa esitetään sarake- ja rivimuuttujien frekvenssit. (T. Heikkilä 2010, 210–211) Ristiintaulukointi on menetelmä, ja siitä saatava kaksiulotteinen frekvenssitaulu on varsinaiselta nimeltään kontingenssitaulu (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 43).

**Khiin neliö** eli  $\chi^2$ -testi on yksi yleisimmin käytetyistä jakaumasta riippumattomista testeistä.  $\chi^2$ -testistä on olemassa kaksi eri versiota: yhteensopivuustesti ja riippumattomuustesti. (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 194)  $\chi^2$ -**yhteensopivuustestillä** arvioidaan muuttujien arvojen jakautumista sekä frekvenssijakauman poikkeamia oletetuista jakaumista. (T. Heikkilä 2010, 235; Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 194). **Riippumat-**

**tomuustestissä** arvioidaan kahden kategorisen muuttujan välistä riippuvuussuhdetta (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkinen 2019, 194). Valli (2015, 104) toteaa, että Khiin neliö-testituloksia tulisi aina käyttää yhdessä ristiintaulukoinnin kanssa, sillä yksin sen testitulokset eivät ole merkityksellisiä eivätkä kerro mitään. Valli (2015, 104) myös muistuttaa, että Khiin neliön testauksen yhteydessä otoskoolla on todella paljon merkitystä. Suurien otoskojojen yhteydessä päätelmät muuttujien välisistä riippuvuuksista voivat olla luotettavampia kuin pienien otoskokojen kohdalla. Taanila (2011) toteaa testin käyttöedellytyksiin kuuluvan, että ristiintaulukoinnin kontingenssitauluissa tulee olla riittävän suuret frekvenssit – pienissä taulukoissa ei saa esiintyä alle viiden odotettua frekvenssiä. Sitä suuremmissa taulukoissa alle yhden odotettuja frekvenssejä (siis 0) ei saa olla lainkaan, ja alle viiden suuruisia odotettuja frekvenssejä saa olla korkeintaan viidesosa kaikista taulukossa esiintyvistä odotetuista frekvensseistä. Toisin sanoen taulukon havaintoarvoja tarkastellessa yksittäisten solujen arvojen tulisi olla mieluusti vähintään 5 tai sen yli.

**Pearsonin Khiin neliö** on yksi käytetyistä Khiin neliö testeistä. Se kuvaa muuttujien välisiä riippuvuuksia, ja sen arvon laskeminen perustuu havaittujen ja odotettujen frekvenssien erotusten neliöön.

**Uskottavuusosamäärä** (eng. *likelihood ratio*) on Pearsonin Khiin neliö -testiin verrattava keino tarkastella muuttujien välisiä suhteita. Laskettava suhde arvo perustuu havaittujen ja odotettujen frekvenssien suhteeseen. (“Chi-Square Test for Association” 2024)

**Pearsonin korrelaatiokertoimella** voidaan tutkia muuttujien välistä yhteyttä. Pearsonin korrelaatiokerroin on yleisimmin käytettyjä korrelaatiokertoimia, ja usein pelkästä korrelaatiokertoimesta puhuttaessa viitataan nimen omaan Pearsonin korrelaatiokertoimeen. Jotta tätä voidaan käyttää, tulee tarkasteltavien muuttujien oltava vähintään välimatka-asteikollisia. (Holopainen ja Pulkinen 2012, 233–239) Korrelaatiokerroin vaatii aineistolta myös normaalijakautuneisuutta (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkinen 2019, 225). Pearsonin korrelaatiokerroin korvataan tässä tutkimuksessa Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimella.

**Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimella** voidaan korvata Pearsonin korrelaatiokerroin monissa tapauksissa, kun Pearsonin ehdot eivät ole voimassa. Spearmanin järjestyskorrelaatiokerrointa voidaan käyttää, vaikka molemmat muuttujat eivät olisi välimatka-mitta-asteikol-

lisia. Järjestyskorrelaatiolla voidaan kuvata havaintojen yhden- tai erisuuntaisuutta. Lisäksi se voi antaa selkeämmän kuvan muuttujien välisten yhteyksien muodosta, silloin, kun yhteys ei ole lineaarista. Spearmanin rho, eli arvo, vaihtelee aina välillä  $[-1, 1]$ , ja on erittäin epätodennäköistä, että arvo olisi sattumalta tasan 0. Spearmanin rhoon ohella testi kertoo tilastollisen merkitsevyyden, p-arvon. (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 221–227)

## **4.2 Tutkimuksen toteutus**

### **4.2.1 Aineiston keruu**

Tämän tutkimuksen aineisto kerättiin LUKINO-hankkeen aineiston keruun yhteydessä keväällä 2023. Aineiston keruun tavat, menetelmät sekä otoksen määrittäminen tulivat LUKINO-hankkeiden tarpeista, eikä tällä tutkimuksella vaikutettu hankkeen tavoitteisiin tai aineistoon.

Aineistoa kerättiin peruskoulun 1.–2. luokilta sekä yläkoulun 7. ja 9. luokilta. Alakoulun 3–6 luokkien sekä yläkoulun 8. luokan osalta normiaineistoa ei kerätty tässä aineiston keruussa. Korpivaara (2023a) kertoi, että 3.–6. luokkien aineistoa on kerätty riittävästi aiemmissa aineistonkeruissa vuosina 2021 ja 2022. R. Heikkilä mainitsi, että DLS oli normitettu 8. luokan osalta jo aiemmin, ja Nopean nimeämisen testin osalta aineistoa ei 8. luokalta tarvittu LUKINO-hankkeen tarpeisiin. Koska aineiston kerääminen tähän pro gradu -tutkielmaan tapahtui LUKINO-hankkeen aineistojen keräämisen yhteydessä, jäivät aineistosta puuttumaan 3.–6.-luokkatasot sekä 8. luokka.

LUKINO-hankkeessa kerättiin myös normiaineistoa nopean sarjallisen nimeämisen normitukseen yksilötestien avulla. Sekä ala- että yläkoulun aineiston keruun osalta yksilöarvioinnin kautta saatuja aineistoja ei tässä pro gradu -tutkielmassa hyödynnetty, sillä ne eivät koskeneet arvioinnissa käytettäviä sähköisiä välineitä, jotka ovat tämän tutkimuksen kohteena.

### **Aineiston keruu Arvio-palvelussa**

Alakoulun 1–2 luokkien osalta aineiston keruussa käytettiin Arvio-palvelussa olevaa sähköistä LukiMat-palvelua eli ensimmäisen ja toisen luokan DigiLukiseulaa. LukiMat sisältää tulentarpeen tunnistamisen välineistä seulatehtävät lukusujuvuuden, oikeinkirjoituksen ja peruslaskutaidon sujuvuuden arviointiin (Heikkilä ym. 2024). Nämä tehtävät kulkevat jatkossa

nimillä: Luksu (lukusujuvuus), Sanelu (oikeinkirjoitus), Matsu (laskusujuvuus). Näiden lisäksi 1–2 luokkien aineistoon keruuseen lisättiin tätä pro gradu -tutkielmaa varten erilaisten näppäimistöjen käyttöä arvioiva Näppäimistötesti-tehtävä.

Aineiston keruussa 7.–9.-luokkalaisten osalta käytettiin Yläkoulun DigiLukiseulaa lukemisen ja oikeinkirjoittamisen sähköisten ryhmätehtävien osalta. (Heikkilä ja Korpivaara 2022d) Yläkoulun DigiLukiseulasta oli käytössä aavistuksen muutettu versio. Kokonaiseen, NMI:llä myytävään Yläkoulun DigiLukiseulaan sisältyvät tehtäväkokonaisuudet ovat:

- Luksu,
- Etsi kirjoitusvirheet,
- Täydennä teksti, ja
- Sanelu. (Niskakoski (ent. Paananen) ym. 2022).

Näistä tehtäväkokonaisuuksista aineiston keruussa mukana olivat Luksu, Täydennä tekstit ja Sanelu, mutta LUKINO-hanke tiputti Etsi kirjoitusvirheet -tehtävän pois aineiston keruusta. Lisäksi uutena tehtävänä mukana oli peruslaskutaidon sujuvuutta arvioiva Matsu-tehtäväkokonaisuus sekä Näppäimistötesti-tehtävä.

#### **4.2.2 Tutkimukseen osallistuminen**

Aineiston keruu toteutui osana muuta NMI:n tutkimuksen ja kehityksen aineiston keruuta. Keväällä 2023 LUKINO-hankkeessa toteutettiin normiaineiston keruuta DLS:aan liittyen, ja tämän tutkimuksen aineiston keruu yhdistettiin osaksi LUKINO-hankkeen aineiston keruuta. Hankkeen tutkijat ja tutkimusavustajat vastasivat tutkimuslupien keräämisestä tutkittavilta oppilailta sekä tutkimukseen osallistuvilta kouluilta (Heikkilä ja Korpivaara 2024). Aineiston otos määrittyi hankkeen tarpeiden mukaan.

Tutkimuksen aineiston keruuseen osallistui yhteensä 65 alakoulua ja 32 yläkoulua eri puolilta Suomea (Korpivaara 2023b). Aineiston keruuseen laaditun DLS:n teki yhteensä reilut 2500 oppilasta eri luokkatasoilta. Oppilaita osallistui aineiston keräämiseen seuraavasti:

- 886 oppilasta 1. luokalta,
- 901 oppilasta 2. luokalta,

- 406 oppilasta 7. luokalta, ja
- 315 oppilasta 9. luokalta.

Tutkimus toteutettiin osana oppilaiden koulupäivää opettajien valvonnassa. LUKINO-hanke organisoivat kootusti kaikille opettajille ohjeet DLS:n suorittamiseen sekä järjesti kaksi erillistä koulutusta DLS:n käytöstä sekä tutkimuksen ryhmätehtävien osuudesta, johon tämän tutkimuksen testi osana kuului. Webinaareina toteutetut koulutustilaisuudet järjestettiin erikseen tutkimukseen osallistuneille yläkoulun opettajille (13.2.2023) ja alakoulun opettajille (16.2.2023), johtuen pienistä poikkeamista seulojen ja testien sisällöissä ala- ja yläkoulun välillä. Koulutustilaisuuksien lisäksi LUKINO tarjosi opettajille Moodle-alustan kautta materiaaleja ja lisätietoja hankkeesta sekä koko tutkimuksesta.

Tutkimukseen osallistuneille opettajille toimitettiin oppilaita varten tunnuslistat, joiden avulla kunkin opettajan oppilaat pystyivät osallistumaan tutkimuksen sekä tekemään DLS:n tehtäviä ARVIO-järjestelmässä. Opettajat pystyivät itse tulostamaan tunnuslistat, jotka sisälsivät myös ohjeet oppilaille ryhmätehtäviin kirjautumiseen. Esimerkki järjestelmän yksittäisestä oppilastunnuksesta sekä oppilaille jaetuista ohjeista on nähtävissä kuviossa 7.

Opiskelija	Tehtäviin kirjautuminen
UMDU-S1K1-G5FL-DJ9E	1. Avaa tietokoneelta Mozilla Firefox tai Google Chrome -selain. 2. Mene osoitteeseen: <a href="http://arvio.nmi.fi/tehtavat/">arvio.nmi.fi/tehtavat/</a> 3. Syötä tekstikenttään henkilökohtainen avaimesi: UMDU-S1K1-G5FL-DJ9E

Kuvio 7. Esimerkki oppilaan tunnuksesta ja oppilaan kirjautumisohjeista, esimerkin tunnus-tiedot eivät ole käytössä

### Testin eteneminen

Eri tehtävätyypit ja testin etenemiseen liittyvät kuvat löydät liitteestä B.

Oppilaat osallistuivat opettajan järjestämälle tunnille, jonka aikana suoritettiin LUKINO-hankkeeseen ja tähän tutkimukseen kuuluva tehtäväpaketti ARVIO-järjestelmässä. Testi alkoi oppilaan kirjautumisella saamallaan tunnusavaimella (kuvio 47), jonka jälkeen oppilas siirtyi täyttämään nimensä ennen siirtymistä ensimmäiseen tehtävään (kuvio 48).

Tehtävät tulivat alustalta oppilaalle tehtäväksi yksi kerrallaan automaattisesti. Tehtävät tulivat oppilaalle seuraavassa järjestyksessä:

- Luksu,
- Sanelu,
- Luetun ymmärtäminen,
- Matsu, ja
- Näppis.

Ennen jokaista tehtäväkokonaisuutta oppilas sai ensin tutustua tehtävän ohjeisiin. Ohjesivulla (kuvio 49) oli ohjeet sekä kirjallisena että ääneen luettuna.

Seulaan kuuluneista tehtävistä Luksu, Luetun ymmärtäminen sekä Matsu vaativat oppilaalta lähinnä hiiren käyttöä. Varsinaisissa DLS-tuotteissa olevista tehtävätyypeistä ainoastaan sanelutehtävissä joudutaan kirjoittamaan ja käyttämään tehtävän tekemisessä muuta laitetta kuin pelkästään osoitinlaitetta (hiirtä).

**Luksu**-tehtävissä (eli lukusujuvuus) oppilaalle tulee näytölle yksi kerrallaan väitteitä. Oppilaan tehtävänä on vastata, onko väite totta vai ei totta painamalla tehtävisivulla olevia painiketta. Tehtävässä on tarkoituksena vastata 2 minuutin aikarajan aikana mahdollisimman moneen väitteeseen. (kuviossa 51)

**Sanelu** jakautuu kahteen osaan. Sanelun ensimmäisessä osassa ääneen luetut sanat ovat oikeita sanoja. Sanelun toisessa osassa ääneen luetut sanat ovat keksittyjä sanoja, jotka äännealtaan muistuttavat suomen kieltä. Äänitteeltä kuuluva sana on kuunneltava kahdesti ennen kuin vastauskenttä aktivoituu käyttöön. Oppilas voi kuunnella sanan niin monta kertaa kuin haluaa. Sanan kirjoittamisen jälkeen oppilas pääsee vielä tarkistamaan kirjoittamansa sanan ja korjaamaan sitä halutessaan ennen seuraavaan tehtävään ja sanaan siirtymistä. Sanelutehtävissä ei ole käytössä aikarajaa tehtävälustan puolelta. Esimerkki sanelutehtävästä on nähtävissä kuviossa 50.

**Luetun ymmärtämisen** tehtävät on toteutettu järjestelmässä aukkotehtävinä (kuvio 52). Oppilaalle näytetään lyhyehköjä tekstejä, joista puuttuu tekstin kannalta keskeisiä sanoja. Klikkaamalla tekstissä olevaa vaaleansinistä aluetta avautuu pudotusvalikko, josta oppilaan on



valittava koko tekstiin ja virkkeeseen sopiva sana. Oppilas pääsee tehtävässä eteenpäin vasta, kun kaikki aukkokohdat on täytetty. Tehtävässä ei ole käytössä aikarajaa.

**Matsu** eli yhteen- ja vähennyslaskusujuvuuden tehtäväkokonaisuus jakautuu kahteen erilliseen osaan: yhteenlasku- ja vähennyslaskuosioon. Näissä tehtävissä on käytössä sama tehtävätyyppi kuin lukusujuvustehtävissä. Näytölle tulee yksi kerrallaan laskuja, ja oppilaan tehtävänä on vastata, onko lasku laskettu oikein vai ei (kuvio 53). Molemmissa osioissa on erikseen 2 minuutin aikarajat.

Näppäimistötestissä eli **Näppiksessä** oppilaan tehtävänä on kirjoittaa näytöllä näkyviä merkkijonoja mahdollisimman monta, mahdollisimman oikein (kuvio 54). Seuraavan kirjoitettavan sanan saa painamalla rivinvaihtoa (enter). Merkkijonot (liite A) eivät tarkoita mitään, ja tietyin välein merkkijonojen pituus kasvaa aina yhdellä merkillä kerrallaan. Tehtävässä on käytössä 2 minuutin aikaraja.

Tähän tutkimukseen kuuluva näppäimistötesti-tehtävä oli sijoitettu tehtäväpaketin viimeiseksi tehtäväksi, ennen tutkimukseen kuuluvaa taustatietokyselyä (kuvio 55) ja laitekyselyä (kuvio 56). Tehtyään kaikki tehtävät, oppilas toivottavasti vastasi myös kyselyyn ennen sivustolta poistumista ja selaimen sulkemista.

### 4.2.3 Laitekysely

LUKINO-hankkeessa muokatun DLS:n mukana tehtävien lisäksi on tehtäväpatteriston loppuksi oppilaille suunnattu taustatieto- ja laitekysely, jonka tarkoituksena on saada oppilailta tarpeelliset taustatiedot tutkimuksen tekemistä varten. Koko taustatieto- ja laitekysely kaikkine kysymyksineen on nähtävissä liitteen B lopussa.

Kyselyssä tiedustellaan oppilaalta pääasiassa käytettyä laitetta, hiirtä sekä näppäimistöä. Shenouda-Khalilin (2020) osoitinlaitetutkimuksen myötä taustatietokyselyssä on mukana kysymys käytetyistä osoitinlaitteista sekä siitä, onko käytetty hiiri sellainen, mitä oppilas yleensä käyttää. Koska kysymykset ovat olleet osa DLS:aa jo tovin, päätettiin kirjoituslaitteen osalta mukailla edellisiä kysymyksiä.

#### 4.2.4 Näppäimistötestin suunnittelu

Näppäimistötestin suunnittelussa on huomioitu aiemmin esiteltyjä HCI:n vakiintuneita malleja.

##### **GOMS**

Perinteisesti GOMSin avulla on tarkasteltu uusien käyttöliittymien tai teknologisten ratkaisujen toimivuutta. Tässä tutkimuksessa kuitenkin lähtökohtana oli kahden olemassa olevan teknisen ratkaisun vertaileminen keskenään, ja vieläpä sellaisessa tilanteessa, jossa kaikki käyttäjät eivät välttämättä ole erityisen kokeneita kyseisten laitteiden käyttäjiä tai käyttäjien kokemuksissa saattaa olla suurtakin vaihtelua. Tämän vuoksi testikomponentista haluttiin mahdollisimman yksinkertainen, ja komponentin yksinkertaisuuden tavoittelussa hyödynnettiin GOMS:ia mahdollisimman tehokkaasti. GOMS sopii hyvin myös yksinkertaisten tehtävien kuvaamiseen prosessina.

Testikomponentin päätavoitteena (*Goal*) on kirjoittaa mahdollisimman monta näytöllä näkyvää merkkijonoa annetussa ajassa. Päätavoitteen pystyy pilkkomaan osatavoitteisiin, jolloin pienimpänä osatavoitteena on kirjoittaa näytöllä näkyvästä merkkijonosta yksittäinen merkki, ja toistaa sitä, kunnes kaikki näytöllä näkyvän merkkijonon merkit on kirjoitettu. Kun kaikki merkit on kirjoitettu, siirrytään seuraavaan merkkijonoon painalla Enteriä, ja toistetaan aiempaa vaihetta. Mahdollisen virheen sattuessa käyttäjä pystyy pyyhkimään virheellisen merkin pois, ja kirjoittamaan sen uudelleen.

Tehtävässä olevat toiminnot (*operators*) sekä menetelmät (*methods*) ovat mahdollisimman yksinkertaisia. Käyttäjän on tarkoitus pystyä kirjoittamaan vain näppäimistöllä. Tehtävässä eteenpäin meneminen tapahtuu myös näppäimistön painikkeella. Sivulla ei voi edetä taaksepäin, eikä koko tehtävän etenemisen aikana suoritettavat operaatiot muutu. Hiirtä tai muita osoitinlaitteita ei voi käyttää tehtävässä laisinkaan.

##### **KLM**

KLMja erityisesti sen yhteydessä standardoidut operaatioajat tarjoavat hyvää tietoa siitä, millaisiin operaatioihin ja prosesseihin käyttäjällä voi mennä aikaa. Näppäimistötestissä haluttiin poistaa mahdollisimman tehokkaasti kaikki ylimääräiset operaatiot. Mikäli käyttäjän

huomio ei herpaannu tehtävää tehdessä, aikaa kuluu vain näppäinten painalluksiin ja päätöksen tekoon. ARVIO-palvelussa ei pitäisi olla sellaista järjestelmän vastausaikaa, joka vaikuttaisi käyttäjän suoritukseen tehtävässä.

Koska kyse on suhteellisen kokemattomista laitteiden käyttäjistä – lapsista – ei ole mielekasta KLM:n pohjalta kuitenkaan laskea tarkkoja suoritusajkoja tutkimusta varten. KLM:ia on hyödynnetty ainoastaan testikomponentin suunnittelussa

### **Fittsin laki**

Fittsin lakia sovelletaan usein osoitinlaitteiden kohdalla sekä mobiililaitteissa. Tablettien virtuaalisilla näppäimistöillä kirjoittaminen on enemmän ”osoita ja klikkaa” -tapaista kirjoittamista kuin näppäilemistä kuten fyysisen näppäimistön kohdalla. Fittsin lain sekä ”*touch typing*” ja ”*touch tapping*” -käsitteiden tunteminen auttoi ymmärtämään, että virtuaalisella ja fyysisellä näppäimistöillä kirjoittamisessa on selkeitä eroja kokeneiden käyttäjien kohdalla.

Tutkimuksen kohderyhmänä eivät kuitenkaan olleet erityisen kokeneet näppäimistöjen käyttäjät. Varsinkin alakoulun ensimmäisten luokkien oppilaat opettelevat vielä kirjoittamaan, joten näppäimistöillä kirjoittamisen taidotkin vielä harjaantuvat. Voitaneen olettaa, että lasten kohdalla sekä fyysisillä että virtuaalisilla näppäimistöillä kirjoittaminen vaatii sekä näppäinten katsomista että katseen nostamista näyttöön merkkijonon havaitsemista varten. Molemmilla näppäimistöillä kirjoittaminen tapahtuu todennäköisesti vielä kohdetta katsomalla ja osoittamalla ennemmin kuin monisormisesti kirjoittamalla kuten harjaantuneilla näppäimistöjen käyttäjillä.

### **Hickin sekä Hickin ja Hymanin laki**

Tehtävän suunnittelussa harkittiin, onko näytölle ilmestyvien merkkijonojen syytä olla oikeita sanoja vai tarkoituksettomia merkkejä peräkkäin. Tarkoituksettomiin merkkijonoihin päädyttiin, jotta testiin ei vaikuttaisi mahdolliset lukivaikkeudet tai muut kognitiiviset tekijät. Tehtävästä haluttiin yksinkertainen, jotta se muistuttaisi peruseriaatteiltaan Hickin alkupe-  
räistä koeasetelmaa: käyttäjä saisi visuaalisen ärsykkeen näytöllä (merkkijono) ja joutuisi tekemään päätöksen painaa vastaavia painikkeita oikeassa järjestyksessä. Hickin koeasetelmaan nähden vaihtoehtoja on huomattavasti enemmän kuin kymmenen painiketta.

## **Näppäimistötestin sovittaminen kohdeympäristöön**

Näppäimistötestin kohdalla haluttiin, että se muistuttaa mahdollisimman paljon Arvio-alustalla olevia muita DLS:n tehtäviä – etenkin sanelua, johon siitä saatavia tuloksia tulnaisiin vertaamaan. Koska DLS:ssa testataan kognitiivisia taitoja, käyttöliittymä on yksinkertaistettu ja pelkistetty, jotta testien tekijän huomio keskittyy näytössä olennaiseen. Alue, johon vastaus syötetään, on riittävän suuri ja keskellä näyttöä, ja ohjetekstit tulevat alueen yläpuolelle. Virtuaalisten näppäimistöjen kohdalla tällä on merkitystä, sillä tehtäviä tehdessä tabletilla virtuaalinen näppäimistö peittää noin puolet koko näytön alalaidasta. Näin ollen ruudun alalaitaan ei tule sijoitettu mitään elementtejä. Tehtävä oli toteutettu skaalautumaan erilaisille näyttökoille.

Sanelussa käyttäjä syöttää tekstin näytön keskellä olevaan kenttään ja painaa painiketta tai Enteriä vastauksen lähettämistä varten. Näppäimistötestissä keskitytään tarkastelemaan nimenomaan näppäimistöjen suoritusta, joten vastauksen lähetys ja seuraavaan tehtävään siirtyminen tapahtuvat painikkeen sijaan myös näppäimen (Enter) painalluksella. Tämä vastauksen lähetystapa poikkeaa aavistuksen muista DLS:aan kuuluvista tehtävistä.

Kuten DigiLukiseulan tehtävissä enimmäkseen, myös näppäimistötestissä annetaan oppilaan ensin harjoitella testin tekemistä ennen varsinaisten tehtävien tekemistä. Näin testin suorittaminen tulee oppilaalle tutuksi, ja varsinaisten tallennettavien tehtävien kohdalla oppilaalle ei anneta enää ohjeita tehtävän tekemiseen. Tällä tavalla tehtävä pysyy visuaalisesti yksinkertaisena, kun ohjeet eivät vie ruudulta tilaa. Ohjeteksteistä ei tule tehtävän tekijälle myöskään ylimääräisiä visuaalisia ärsykeitä arvioitavien tehtävien aikana.

### **4.2.5 Näppäimistötestin eteneminen**

Ennen näppäimistötestiä oppilas on tehnyt jo kaikki muut seulaan kuuluvat tehtävät. Näppäimistötesti on sijoitettu tehtäväpaketin viimeiseksi tehtäväkokonaisuudeksi ennen taustatieto- ja laitekyselyä. Ennen varsinaisen testin aloittamista oppilas ohjataan ohjesivulle (kuvio 8). Ohjesivulle kirjoitetut ohjeet on mahdollista kuunnella myös ääneen luettuna.

Ohjesivun jälkeen, ennen varsinaisia tehtäviä, oppilas pääsee vielä harjoittelemaan testikomponentin käyttöä lyhyesti (kuvio 9). Harjoitussivulla vielä kerrotaan, kuinka komponentti

toimii (”Kirjoita näytöllä näkyvä merkkijono kenttään. Saat seuraavan merkkijonon painamalla rivinvaihtoa (Enter).”) Vastaavia komponentin käyttöön liittyviä ohjeita ei ole enää varsinaisilla tehtävisivuilla.

Oppilaalle tulee harjoitussivulla muutamia lyhyitä merkkijonoja kirjoitettavaksi. Oppilas saa palautteen harjoituksesta kirjoitettuaan kaikki merkkijonot yksi kerrallaan. Palaute tulee sivun ylälaitaan vihreällä tai punaisella tekstillä sen mukaan, miten tehtävä on mennyt. Kuviossa 10 on nähtävissä palaute, jonka oppilas saa tehtyään kaikki tehtävät oikein. Mikäli jokin vastauksista ei ole mennyt oikein, palaute on punaisella tekstillä ”Hyvä! Kaikki sanat eivät menneet täysin oikein, mutta pääset tehtävässä eteenpäin.”

Harjoitustehtävien palautteen jälkeen oppilas siirtyy aloittamaan varsinaisia tehtäviä. Tehtäväpaketin alussa on ilmoitetaan oppilaalle aikarajallisen, arvioitavan tehtävän alkamisesta (kuvio 11).

Varsinaisissa tehtävissä oppilaalle tulee vastaan tehtävän edetessä piteneviä merkkijonoja. Kaikki mahdolliset tehtävässä olevat merkkijonot löytyvät liitteestä A. Tehtävä päättyy automaattisesti, kun aikaraja on tullut täyteen tai oppilas on saanut kaikki näppäimistötestiin kuuluvat tehtävät tehtyä. Kaikkien merkkijonojen kirjoittaminen huolella oikein annetun aikarajan puitteissa ei pitäisi olla mahdollista.

# Näppäimistötesti - Näppis

Tällä tehtävällä selvitetään, miten näppäimistö vaikuttaa kirjoittamiseen.

Tehtävässä kirjoitetaan näytöllä näkyviä merkkijonoja. Kaikki näytöllä näkyvät merkkijonot on kirjoitettu pienaakkosin. Merkkijonot ovat satunnaisia eivätkä ne tarkoita mitään. Tehtävässä isoilla ja pienillä kirjaimilla ei ole merkitystä. Voit kirjoittaa merkkijonot kummilla vain.

Sinun tehtäväsi on kirjoittaa merkkijono kenttään. Saat seuraavan merkkijonon painamalla rivinvaihtonäppäintä ("enter").

Tehdään ensin muutama harjoitus. Kun olet valmis, paina vihreää painiketta.



Kuvio 8. Ennen näppäimistötehtävän alkua on ohjesivu

Harjoitus

Kirjoita näytöllä näkyvä merkkijono kenttään. Saat seuraavan merkkijonon painamalla rivinvaihtoa (enter).

pi

Kuvio 9. Ennen varsinaisia tehtäviä harjoitellaan näppäimistötestin tekemistä

Harjoitus

Hyvä!

asdie

Kuvio 10. Näppäimistötestin harjoituksen palaute

# Hyvä!

Nyt alkaa varsinainen tehtävä.

Kirjoita mahdollisimman monta merkkijonoa tehtävän aikana. Kun aloitat, sinulla on 2 minuuttia aikaa suorittaa tehtävä. Et voi keskeyttää tehtävän tekemistä.

Oletko valmis? Paina vihreää painiketta, niin tehtävä alkaa.



Kuvio 11. Siirtyminen varsinaisiin näppäimistötestin tehtäviin

## 5 Tulokset

### 5.1 Aineiston käsittely ennen analyysiä

*Laatua tilastoissa* -käsikirjan (Tilastokeskus 2002, 60) mukaan aineiston tilastollisella editoinnilla pyritään parantamaan aineiston laatua. Huolimattomuus aineistojen laadussa voi altistaa virheille tilastanalyysissä ja tulosten tulkinnoissa. Havaintojen puuttuminen, kelvottomat tai puutteelliset vastaukset tai vastausten ja muiden tietojen epäloogisuudet aineistossa vaativat aineiston editointia. (Tilastokeskus 2002, 60)

Ennen aineiston tarkempaa analyysia, aineisto käsiteltiin ja siistittiin. Aineiston käsittelyllä varmistettiin, että aineistosta ei puutu oppilaskohtaisesti yhtään havaintoja. Käsittelyllä pyrittiin myös minimoimaan kelvottomien vastausten määrä tai muut epäloogisuudet aineistosta. Taulukossa 1 on nähtävissä vastaajien määrät sekä eri syistä poistettujen vastausten määrät.

Tutkimusta varten jokaisen luokka-asteen aineistoista poistettiin mahdollisuuksien mukaan kaikki testitunnukset. Testitunnuksilla tarkoitetaan aineiston keruuseen osallistuneita opettajia, tutkijoita, tutkimusavustajia sekä ARVIO-järjestelmän kehittäjiä, jotka olivat kokeilleet tehtävien toimivuutta ennen aineiston keruuta sekä sen aikana.

Kerätystä aineistosta poistettiin myös kaikki tunnukset, joilla ei oltu suoritettu näppäimistötestiä tai vastattu taustatieto- ja laitekyselyyn. Ilman näppäimistötestin vastauksia tai taustatietoja, analyysin tekeminen on mahdotonta. Mikäli näppäimistötestiin ja taustatietoihin oli vastattu, aineistossa ei ollut mahdollista olla mukana niiden kohdalla analyysiin vaikuttavia tyhjiä arvoja.

Aineistot käytiin läpi laadullisesti näppäimistötestin vastausten osalta. Aineistossa oli havaittavissa tapauksia, joissa ei oltu vastannut ohjeiden mukaisesti. Vastaajat olivat esimerkiksi kirjoittaneet sanoja, jotka alkoivat tehtävässä annetulla merkkijonolla tai sisälsivät sen. Osa vastaajista oli pyrkinyt etenemään testissä mahdollisimman nopeasti vain näpyttelemällä. Etenkin nuorimpien oppilaiden osalta vastauksissa oli nähtävissä paikoin pilailua (esim. vastattu pelkästään emojiilla).



Aineistoa käytiin läpi myös vastausten määrien, oikeiden vastausten määrien sekä korjausten määrien osalta, ja pyrittiin löytämään muusta aineistosta selkeästi poikkeavat tapaukset SPSS-ohjelmasta saatavien kuvaajien avulla. Mahdollisten poikkeavien havaintojen taustalla saattoi olla opettajia tai muita tutkimuksen aineistonkeräämiseen osallistuneita aikuisia, joiden tulokset aineistossa voisivat aiheuttaa vääristymiä. Poikkeavien havaintojen taustalla voisi olla myös testillä leikitteleviä oppilaita, jotka eivät tehneet tehtäviä tosissaan.

Aineisto oli analyysivaiheessa anonymisoitu: aineistossa ei ollut mukana suoria tunnistetietoja, ei lapsen tai opettajan nimitietoa, ei koulutietoa eikä ikää.

Taulukko 1. Aineistosta poistetut vastaukset

Poiston syy / Lkm	1. luokka	2. luokka	7. luokka	9. luokka
Lähtötilanne	928	938	416	329
Tunnistettu testitunnus	39	34	10	13
Ei näppäimistötestiä	21	14	2	1
Ei laite- tai taustatietoja	43	23	11	3
Kelvottomat vastaukset	51	50	10	4
Poikkeavat havaintoarvot	3	3	1	0
N	771	814	382	308

## 5.2 Aineiston kuvailu taustamuuttujien osalta

### 5.2.1 Sukupuoli

Tutkimuksen aineistossa oli 771 **ensimmäisen luokan oppilasta**. Eri sukupuolet olivat suhteellisen hyvin edustettuina vastaajissa: 47,3 % vastaajista ilmoitti olevansa poikia ja 49,7 % vastaajista kertoi sukupuolekseen tytön. (Ks. taulukko 2).

**Toisen luokan** aineistossa oli mukana 814 oppilasta. Hieman suurempi osa vastaajista oli tyttöjä (52,1 %) kuin poikia (45,1 %).

Aineisto koostui 382 **seitsemännen luokan oppilaasta** vastauksineen. Seitsemännen luokan vastaajista yli puolet (53,7 %) oli poikia, ja vajaa puolet (43,2 %) oli tyttöjä.

Kaikista aineiston keruuseen osallistuneista oppilaista, **yhdeksäsluokkalaisia** osallistui kaikista vähiten (308 oppilasta). Yhdeksäsluokkalaisista 52,3 % oli tyttöjä, 44,5 % poikia.

Kaikilla luokka-asteilla oli muutamia prosenttiyksiköitä oppilaita, jotka eivät halunneet ilmoittaa sukupuoltaan tai ilmoittivat sukupuolekseen vastausvaihtoehdon ”muu”.

Taulukko 2. Vastaajien jakautuminen sukupuolen mukaan

Sukupuoli	1. lk		2. luokka		7. lk		9. lk	
	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%
En halua sanoa	20	2,6 %	18	2,2 %	8	2,1 %	6	1,9 %
Muu	3	0,4 %	5	0,6 %	4	1,0 %	4	1,3 %
Poika	365	47,3 %	367	45,1 %	205	53,7 %	137	44,5 %
Tyttö	383	49,7 %	424	52,1 %	165	43,2 %	161	52,3 %
Yhteensä	771	100,0 %	814	100,0 %	382	100,0 %	308	100,0 %

## 5.2.2 Käytetyt laitteet

**Ensimmäisen luokan oppilaat** käyttivät lukiseulan ja näppäimistötestin tekemiseen enimmäkseen pöytätietokonetta tai kannettavaa tietokonetta (56,8 %). Tablettia käytti tehtävien tekemisessä 43,2 % ensimmäisen luokan oppilaista, joten aineistoa tabletin ja tietokoneiden vertailuun tehtävien tekemisessä saatiin runsaasti molempien laitteiden käyttäjien osalta. Tarkempia lukuja eri laitteiden käyttäjämääristä on taulukossa 3.

Suurin osa **toisen luokan oppilaista** käytti tehtäviä tehdessä pöytätietokonetta tai kannettavaa tietokonetta (60,7 %). Tabletteja toisen luokan oppilaista käytti vajaat 40 %.

Yläkoulussa oppilaat käyttivät testin tekemiseen selvästi enemmän tietokoneita kuin tabletteja. Peräti 96,3 % **seitsemäsluokkalaisista** käytti tietokonetta, ja vain 3,7 % käytti tehtävien tekemisessä tablettia. Tabletteja käyttäneiden vastaajien määrä on luotettavia vertailuja ajatellen todella pieni.

Lähes kaikki **yhdeksäsluokkalaiset** tekivät tehtävät tietokoneella (99,0 %). Vain kolme oppilasta ilmoitti käyttäneensä tabletteja. Laitteiden epätasainen jakautuminen vaikuttaa siihen, ettei laitekohtaisia eroja voida tarkastella luotettavasti yhdeksäsluokkalaisten aineiston

osalta. Tarkempi aineiston analyysi esimerkiksi ristiintaulukoimalla vaatisi enemmän testitauksia kuin 3 (ks. luvusta 4).

Taulukko 3. Tehtävien tekemiseen käytetyt laitteet kaikkien luokka-asteiden osalta

Käytetty laite	1. lk		2. lk		7. lk		9. lk	
	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%
Tietokone	438	56,8 %	494	60,7 %	368	96,3 %	305	99,0 %
Tabletti	333	43,2 %	320	39,3 %	14	3,7 %	3	1,0 %
Yhteensä	771	100,0 %	814	100,0 %	382	100,0 %	308	100,0 %

### 5.2.3 Osoitinlaitteet

Taulukoon 4 on koottuna tiedot tehtävien tekemisessä käytetyistä osoitinlaitteista kaikkien luokka-asteiden osalta. **Ensimmäisen luokan oppilaista** 46,7 % teki tehtävät hyödyntäen kosketusnäyttöä. Kosketusnäytön lisäksi oppilaat käyttivät tietokoneen ulkopuolista hiirtä (19,7 %) sekä kannettavissa tietokoneissa tyypillisesti olevaa kosketuslevyä (29,6 %) (taustatietokyselyssä ”levy-/laattahiiri”). Käytetyt osoitinlaitteet olivat valtaosalle (69,3 %) entuudestaan tuttuja (taulukko 5). Vajaalle viidennekselle käytetty osoitinlaite ei ollut sellainen, jota yleensä käyttävät. Vastauksissa kuitenkin näkyi myös, että merkittävän moni (n. 13,0 %) oppilaista ei kuitenkaan osannut sanoa, oliko käytetty laite samanlainen, kuin mitä he yleensä käyttävät

**Toisen luokan oppilaista** 39,1 % käytti osoitinlaitetta vaativissa tehtävissä kosketusnäyttöä. Vastaus sopii hyvin yhteen tiedon kanssa, että 39,3 % oppilaista oli käyttänyt vastaamisessa tablettia. Tablettien kanssa on mahdollista käyttää myös ulkoisia osoitinlaitteita, joten 0,2 % ero luvuissa voi selittyä esimerkiksi ulkoisella hiirellä, tai oppilaiden epävarmuudella käytetystä laitteesta. Tietokoneen ulkopuolella olevaa hiirtä käytti vastanneista 22,7 % ja kannettavassa tietokoneessa kiinni olevaa kosketuslevyä käytti 30,8 % oppilaista. Yllättävän moni (17,9 %) ei osannut sanoa, onko heidän käyttämänsä hiiri samanlainen, mitä he yleensä käyttävät. Suurimmalle osalle (60,1 %) käytetty osoitinlaite oli entuudestaan tuttu.

Suurin osa **7. luokan oppilaista** käytti kannettavan tietokoneen kosketuslevyä (54,7 %) tai tietokoneen ulkopuolella olevaa hiirtä (37,2 %). Tehtävissä kosketusnäyttöä oli hyödyntänyt

vain 6,8 % seitsemäsluokkalaisista. Koska 3,7 % oppilaista ilmoitti käyttäneensä tablettia, antaa lukema ymmärtää osan oppilaista käyttäneen kosketusnäytöllisiä kannettavia tietokoneita (esim. Chromebook) tai oppilaiden vastauksissa on käytettyjen laitteiden osalta epätarkkuutta. Käytetyt osoitinlaitteet olivat oppilaille enimmäkseen tuttuja. Hieman yli puolet (52,9 %) käytti samanlaista hiirtä tai välinettä, mitä he yleensä käyttävät. Alle kolmanneksella väline ei ollut samanlainen mitä he yleensä käyttävät. Joukossa oli oppilaita, jotka eivät osanneet sanoa, vastasiko testitilanteessa käytetty laite sellaista hiirtä, joita he yleensä käyttävät.

Lähes puolet **yhdeksäsluokkalaisista oppilaista** käytti tehtävien tekemisessä kannettavassa tietokoneessa olevaa kosketuslevyä (48,7 %) tai tietokoneen ulkopuolella olevaa hiirtä (46,1 %). Vain 4,5 % (siis 14 oppilasta) ilmoitti käyttäneensä valintojen tekemisessä kosketusnäyttöä. Nämä sopivat hyvin yhteen sen kanssa, että suurin osa yhdeksäsluokkalaisista ilmoitti käyttäneensä tehtävien tekemiseen tietokonetta. Yhdeksäsluokkalaiset käyttivät enimmäkseen (61,4 %) sellaisia osoitinlaitteita, joita he yleensä käyttivät. Vajaa kolmannes käytti sellaista osoitinlaitetta, joita he eivät yleensä käytä, ja pieni osa yhdeksäsluokkalaisista ei osannut sanoa.

Taulukko 4. Tehtävien tekemiseen käytetyt osoitinlaitteet kaikkien luokka-asteiden osalta

Osoitinlaite	1. lk		2. lk		7. lk		9. lk	
	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%
EOS/Muu	31	4,0 %	60	7,4 %	5	1,3 %	2	0,6 %
Kosketusnäyttö	360	46,7 %	318	39,1 %	26	6,8 %	14	4,5 %
kosketuslevy	228	29,6 %	251	30,8 %	209	54,7 %	142	46,1 %
Ulk. hiiri	152	19,7 %	185	22,7 %	142	37,2 %	150	48,7 %
Yhteensä	771	100,0 %	814	100,0 %	382	100,0 %	308	100,0 %

Taulukko 5. Tehtävissä käytetyn osoitinlaitteen tuttuus

Tuttu o.laite	1. lk		2. lk		7. lk		9. lk	
	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%
En	137	17,8 %	180	22,1 %	114	29,8 %	98	31,8 %
En osaa sanoa	100	13,0 %	146	17,9 %	66	17,3 %	21	6,8 %
Kyllä	534	69,3 %	488	60,0 %	202	52,9 %	189	61,4 %
Yhteensä	771	100,0 % <sup>1</sup>	814	100,0 %	382	100,0 %	308	100,0 %

#### 5.2.4 Näppäimistöt

Laitekyselyssä ei ollut vastausvaihtoehtoa ”muu” tai ”en osaa sanoa”, sillä erilaiset vastausvaihtoehdot yritettiin kartoittaa mahdollisimman hyvin. Hiiren osalta vastauksissa havaittiin, että kaikki oppilaat eivät olleet aivan varmoja käyttämästään laitteesta tai olivat käyttäneet muunlaista hiirtä. Samaa epävarmuutta saattoi olla myös käytettyjen näppäimistöjen kohdalla. Vaihtoehto ”en osaa sanoa” tai ”muu” olisi ollut hyödyllinen näppäimistöjen kohdalla.

Kirjoittamisen sujuvuutta ja kirjoitusnopeutta tarkastellessa fyysisten näppäimistöjen ja tabletien erojen osalta osa alkuperäisen laitekyselyn kysymyksen vastausvaihtoehtoja yhdistettiin. Taulukossa 6 on yhdistetty kaikkien erilaisten fyysisten näppäimistöjen käyttäjät yhteen luokkaan. Tähän luokkaan kuuluvat vastausvaihtoehdot:

- ”käytin kannettavan tietokoneen omaa näppäimistöä”,
- ”käytin näppäimistöä, joka on tietokoneen ulkopuolella”, ja
- ”käytin tabletin kanssa erillistä näppäimistöä”.

Lisäksi vastaus ”käytin tabletin kosketusnäyttöä” vaihdettiin taulukkoon näppäimistötyypiksi ”virtuaalinen näppäimistö”. Yksityiskohtaisempia tietoja erilaisista näppäimistöistä voi tarkastella liitteestä D taulukoista 31 ja taulukoista 32.

Fyysisiä näppäimistöjä käytti tehtävien tekemiseen 67,8 % **ensimmäisen luokan** oppilaista.

1. Pystysarakkeen prosenttiluvut on pyöristetty yhden desimaalin tarkkuuteen. Mahdollinen poikkeama 100 %:ssa johtuu pyöristyksestä (n 771 = 100,0 %).

Kosketusnäytön virtuaalista näppäimistöä tehtävissä kirjoittamiseen käytti 32,2 %. Suurin osa (74,3 %) oppilaista vastasi näppäimistön olleen sellainen, jota he yleensä käyttivät. Yllättävästi kymmenisen prosenttia vastaajista ei osannut sanoa, oliko käytetty laite sellainen, jota he yleensä käyttivät. Samaa epävarmuutta käytetyn oheislaitteen osalta oli havaittavissa hiiren käytön osalta (taulukko 5).

Suurin osa (72,0 %) **toisen luokan oppilaista** käytti tehtävissä kirjoittamiseen fyysistä näppäimistöä. Reilu neljännes (28,0 %) oppilaista käytti kosketusnäytön virtuaalista näppäimistöä tehtävien tekemiseen. Noin viidennes toisen luokan oppilaista käytti sellaista näppäimistöä tai laitetta, jota he eivät yleensä käytä. Sen sijaan yli puolet (64,5 %) oppilaista käytti samanlaista laitetta kuin yleensä. Oppilaiden vastauksissa oli huomionarvoista, että peräti 14,7 % oppilaista ei osannut sanoa, oliko heidän käyttämänsä näppäimistö tai laite sellainen, jota he yleensä käyttivät.

Koska suurin osa **seitsemäsluokkalaisista** käytti tietokonetta, oli odotettavissa, että valtaosa (97,4 %) oppilaista käytti myös fyysistä näppäimistöä. Virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien osuus jäi lähes yksittäistapauksiin. Seitsemäsluokkalaiset käyttivät enimmäkseen sellaisia näppäimistöjä tai välineitä, joita he useimmiten käyttivät (lähes 58 %). Hieman vajaa 30 % käyttäjistä ei yleensä käyttänyt testissä käyttämäänsä näppäimistöä. Seitsemäsluokkalaistenkin joukossa yllättävän suuri osuus (12,3 %) ei osannut sanoa, käyttikö testitilanteessa samankaltaista laitetta, mitä yleensä käyttivät.

**Yhdeksäsluokkalaiset** tekivät tehtävät pääosin tietokoneella, ja 99,4 % käytti tehtävien tekemisessä fyysistä näppäimistöä. Virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjiä oli vain kaksi (0,6 %). Yhdeksäsluokkalaisista oppilaista 65,9 % käytti samanlaista näppäimistöä, mitä he yleensä käyttivät, kun taas 26,9 % ilmoitti, ettei käyttänyt samanlaista välinettä, mitä yleensä. Pieni osa (7,1 % yhdeksäsluokkalaisista vastaajista) ei osannut sanoa, oliko käytetty näppäimistö samanlainen kuin heidän yleensä käyttämänsä. Virtuaalisten näppäimistöjen määrän jäädessä näin matalaksi, ei luotettavaa analysointia voida tehdä yhdeksäsluokkalaisten osalta.

Tarkastelemalla käytettyjä näppäimistöjä suhteessa käytettyihin laitteisiin (taulukko 6), pyrittiin varmistamaan, että ilmoitetut laiteyhdistelmät olivat loogisia ja oppilaiden antamat vastaukset luotettavia. Käytettyjen näppäimistöjen ja laitteiden ristiintaulukoinnit paljasti-

vat joitain epäloogisuuksia laitteiden yhdistelmissä. Tämä herättää kysymyksiä siitä, oliko taustatieto- ja laitekyselyyn vastattu tosissaan tai että tunnistavatko (erityisesti 1. ja 2. luokan) oppilaat käyttämänsä laitteet. On mahdollista, että kouluilla oli käytössään kannettavia tietokoneita, joissa oli kosketusnäyttö näppäimistön ja kosketuslevyn lisäksi<sup>2</sup>. Yksityiskoh-  
taisemmat kontingenssitaulut käytetyistä laitteista ja näppäimistöistä löytyvät liitteestä D. Taulukosta 33, käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen kontingenssitaulusta, voidaan havai-  
ta, että ensimmäisen luokan oppilaista 22 tabletin käyttäjää ilmoitti käyttäneensä kannetta-  
van tietokoneen omaa näppäimistöä. Toisen luokan osalta taulukosta 35 erottuu tapaus, jossa  
yksi tietokoneen käyttäjä käytti tabletin kosketusnäyttöä tehtäviin vastaamisessa.

Seitsemännen ja yhdeksännen luokan oppilaiden vähäinen virtuaalisten näppäimistöjen käyt-  
täjien määrä aineiston analysointiin ja tuloksiin. Liian pienellä vastaajamäärällä vertailu eri  
näppäimistöjen välillä on mahdotonta ja tulokset ovat epäluotettavia erityisesti yhdeksäs-  
luokkalaisten osalta. Esimerkiksi Khiin neliö -testi vaatii pienissä, (2x2 taulukoissa) alle vii-  
den havainnon soluja ei saa olla lainkaan, ja sitä suuremmissa taulukoissa alle viiden ha-  
vaintoarvon soluja saa olla ainoastaan viidesosa. (Taanila 2011) Tämän perusteella yhdek-  
säsluokkalaisten aineistoa ei lähdetty analysoimaan tämän pidemmälle.

Taulukko 6. Fyysinen vs. virtuaalinen näppäimistö

Näppäimistö	1. lk		2. lk		7. lk		9. lk	
	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%
Fyysinen	523	67,8 %	586	72,0 %	372	97,4 %	306	99,4 %
Virtuaalinen	248	32,2 %	228	28,0 %	10	2,6 %	2	0,6 %
Yhteensä	771	100,0 %	814	100,0 %	382	100,0 %	308	100,0 %

2. Tarjontaa kosketusnäyttöisistä, kannettavista tietokoneista on melko runsaasti. Esimerkkinä Verkkokaup-  
pa.com:n valikoimassa oli tutkimuksen kirjoittamisen aikoihin (15.5.2024) 101 kappaletta erilaisia kosketus-  
näyttöllisiä tietokoneita: <https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/4711c/Kosketusnaytolliset>

Taulukko 7. Kirjoitinlaitteen tutuus

Vastaus	1. lk		2. lk		7. lk		9. lk	
	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%
En	124	16,1 %	169	20,8 %	114	29,8 %	83	26,9 %
En osaa sanoa	74	9,6 %	120	14,7 %	47	12,3 %	22	7,1 %
Kyllä	573	74,3 %	525	64,5 %	221	57,9 %	203	65,9 %
Yhteensä	771	100,0 %	814	100,0 %	382	100,0 %	308	100,0 %

### 5.3 Näppäimistötehtävän tulosten analysointia

Näppäimistötehtävän osalta tutkittiin sitä, kuinka moneen tehtävään oppilas ehti vastata, kuinka moni vastauksista oli oikein ja kuinka paljon oppilas teki korjauksia vastauksessa. Tehtävien korjauksissa laskettiin vastausmerkkijonon pituudessa tapahtuneita muutoksia – siis kirjainten poistamisia ja uudelleen kirjoittamisia. Näppäimistötehtävän analyysissä tarkkailtiin **kirjoittamisessa nopeutta, oikeellisuutta ja tarkkuutta**.

Aineiston normaalius tarkastettiin mittareiden osalta sekä laitetyypeittäin. Arviointi tehtiin silmämääräisesti kuvaajien pohjalta, ja normaalius tarkastettiin myös tilastollisten testien avulla. Näiden havaintojen pohjalta tehtiin päätökset aineistolle sopivista tilastollisista menetelmistä. Aineiston normaaliutta tarkasteltiin sekä Kolmogorovin ja Smirnovin testillä (myöhemmin K-S-testi) että Shapiron ja Wilkinin (myöhemmin S-W-testi) testillä. Tulokset aineiston normaaliuden suhteen vaikuttivat valittaviin tilastollisiin testeihin ja analyysihin.

Näppäimistötehtävän osalta käytettyjen näppäimistöjen ja näppäimistötehtävän tuloksia arvioitiin ristiintaulukoinnilla. Sen yhteydessä saatiin Khiin neliö -testin tulokset, jotka kertovat muuttujien riippuvuudesta sekä havainnon tilastollisesta merkitsevyydestä.

#### 5.3.1 Ensimmäinen luokka: aineiston jakauma ja tunnusluvut

##### Koko aineiston jakauman tarkastelu

Kuviossa 12 näkyy, kuinka moneen tehtävään oppilaat ehtivät vastata käytetystä laittees-



ta huolimatta. Kuviosta havaitaan, etteivät vastausmäärät noudata täysin normaalijakaumaa. Normaalijakauman huipun kohdalla on havaittavissa vastausten määrissä korkeampi huippu sekä huipun jakautuminen kahteen osaan.

Kuviosta 13 nähdään, kuinka moneen tehtävään oppilaat vastasivat oikein. Oikeiden vastausten määrät vaikuttavat myötäilevän kellokäyrää, joskin jakauma painottuu enemmän pienempiin arvoihin kuin suuriin arvoihin vastausten määrässä.

Kuvion 14 perusteella korjausten määrä ei noudata normaalijakaumaa, vaan asettuu lähemmäs käännteistä eksponenttijakaumaa. Kuviossa pienimmät tapaukset eivät kunnolla erotu, ja niitä kannattaa tarkastella myös kuvion 15 pisteiden avulla.

Aineiston normaaliutta testattiin myös tilastollisin testein. K-S-testin ja S-W-testin tulokset näkyvät taulukossa 8. K-S-testissä nollahypoteesi – tarkasteltavan muuttujan jakautuminen normaalijakauman mukaan – hylätään, kun tilastollista merkittävyyttä kuvaava p-arvo  $< 0,05$ . Myös S-W-testissä on käytössä sama raja-arvo (p-arvo  $< 0,05$ ). Kaikkien näppäimistötyyppien osalta vastausten määrät, oikeiden vastausten määrät ja korjausten määrät eivät ole normaalisti jakautuneesta joukosta.

### **Näppäimistötestin tulosten jakaumat ja tunnusluvut näppäimistötyypeittäin**

Fyysistä näppäimistöä käyttäneiden oppilaiden näppäimistötestin vastausmäärien jakautuminen näkyy kuviossa 16. Pylväskuvaajasta havaitaan jakauman on kallistuneen enemmän pienempien vastausmäärien kuin suurempien vastausmäärien puolelle. Kuviosta on nähtävillä yllättäviä korkeampia vastausmääriä (vastauksia kahdessa minuutissa yli 30) siitä huolimatta, että selkeimpiä poikkeamia oli jo aiemmin poistettu aineistosta.

Kuviossa 17 tarkastellaan ensimmäisen luokan oppilaiden oikeiden vastausten määrien jakautumista suhteessa normaalijakaumaan fyysisten näppäimistöjen käyttäjien osalta. Kuviosta havaitaan, ettei aineisto täysin noudata normaalijakaumaa: normaalijakauman huipun vasemmalta puolelta on erotettavissa pienempiin arvoihin painottuva toinen huippu, sekä oikealta puolelta suurempiin vastauksiin painottuva pidempi häntä.

Virtuaalisten näppäimistöjen osalta on havaittavissa kuvaajassa pientä vinoumaa. Kuviossa 19 on esitettyinä näppäimistötehtävän vastausten määrät suhteessa normaalijakaumaan.

Kuviosta on havaittavissa voimakas huippu normaalijakauman keskialueella sekä jakauman kallistuminen vasemmalle. Muun muassa nämä piirteet antavat jo kuvaajan osalta viitteitä siitä, että vastausten määrät eivät noudata normaalijakaumaa.

Siinä missä virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien vastausten määrät eivät noudattaneet normaalijakaumaa edes silmämääräisesti arvioituna, eivät noudata myöskään oikeiden vastausten määrät. Kuviossa 20 on esitetty oikeiden vastausten määrien jakautuminen suhteessa normaalijakaumaan. Oikeiden vastausten osalta kuviosta havaitaan arvojen painottumista ja vinoumaa pienempiin arvoihin päin sekä useampia huippuja.

Taulukossa 8 esitetään aineiston normaalijakauman testin tuloksia eriteltynä kaikkien näppäimistöjen käyttäjien osalta. K-S-testin perusteella fyysisten näppäimistöjen käyttäjien osalta aineisto ei noudata normaalijakaumaa vastausten määrien, oikeiden vastausten määrien tai korjausten määrien kohdalla. Nollahypoteesi aineiston jakautumisesta normaalijakauman mukaan on hylättävä fyysisen näppäimistön osalta. Virtuaalisten näppäimistöjen kohdalla K-S-testin perusteella aineisto ei ole normaalisti jakautunut, sillä aineiston saamat p-arvot ( $<0,001$  ja  $0,002$ ) ovat huomattavasti vähemmän kuin testin raja-arvo (p-arvo)  $0,05$ . S-W-testin tulokset ovat aiempaan verrattuna aavistuksen ristiriitaiset. Oppilaiden oikeiden vastausten määrät olisivat testin perusteella normaalisti jakautuneet p-arvon ollessa yli  $0,05$  (p-arvo =  $0,089$ ), mutta vastausten määrät eivät olleet normaalisti jakautuneet (p-arvo =  $0,018$ ).

Normaaliustestejä – etenkin K-S-testiä – on toisinaan kritisoitu sen ehdottomuudesta. Suuresta datamäärästä huolimatta pienetkin muuttujan vaihtelut voivat vaikuttaa siihen, että testi antaa nollahypoteesin hylkäävän tuloksen<sup>3</sup>. Aineisto kuitenkin silmämääräisenkin arvioinnin perusteella vaikuttaa siltä, ettei se täytä normaalijakauman olettamaa. Analyseissa käytetään sellaisia tilastollisia menetelmiä, jotka eivät vaadi aineistolta normaalijakaumaa.

Taulukossa 9 on 1. luokan vastausten määrää kuvaavia tunnuslukuja. Oppilaat ehtivät kahden minuutin aikarajan sisällä vastata 1–32 näppäimistötestin tehtävään. Siinä missä vastausten minimimäärä on todella pieni (vain yksi tehty tehtävä), on vastausten määrän vaihteluväli sängen suuri, ja pienimpien vastausmäärien kohdalla voidaan esittää kysymyksiä, että oliko oppilailla teknisiä vaikeuksia suorittaa tehtävää tai oliko testiä tehty tosissaan. Koska tes-

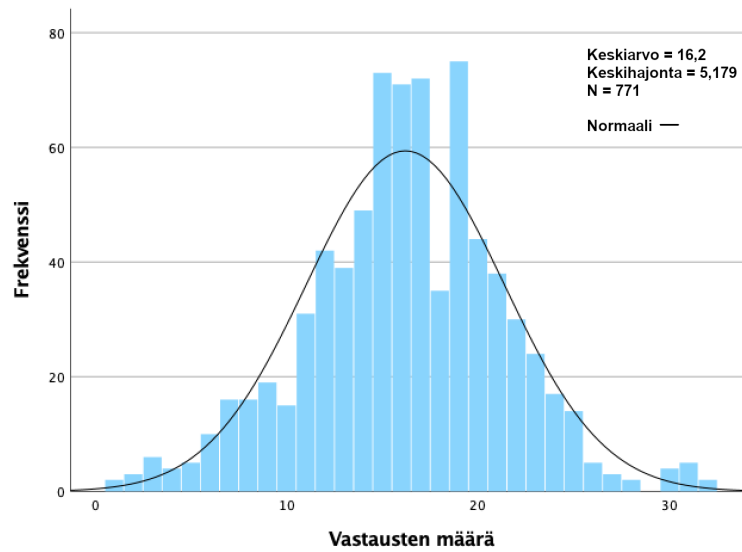
---

3. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/hypoteesi/harjoitus1/>

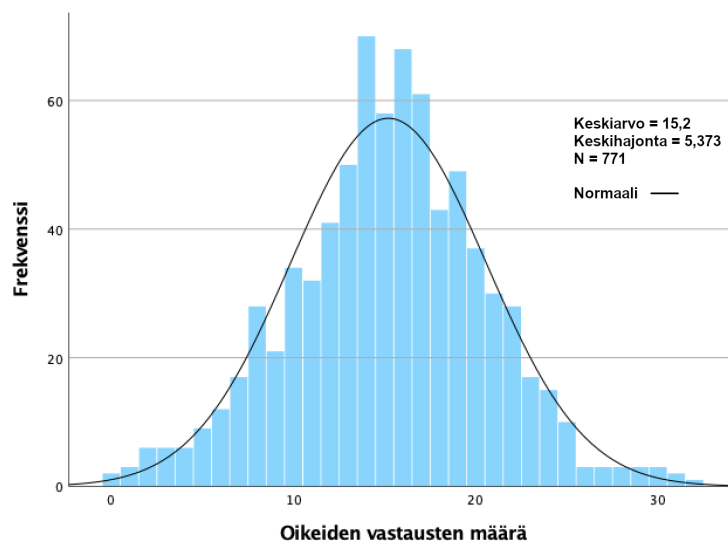
taustilannetta ei tarkasteltu, ei aineistosta poistettu testitapauksia, mikäli näppäimistötestiin oli kertynyt edes jokin yritetyn oloinen vastaus. Oppilaiden tekemien tehtävien (vastattujen tehtävien lukumäärä) keskiarvo on 16,20. Keskiarvon perusteella fyysisten näppäimistöjen käyttäjät ehtivät kahdessa minuutissa tehdä hieman enemmän tehtäviä (16,73 tehtävää) kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät (15,08 tehtävää). Taulukosta tulee esiin pienempiin vastausmääriin kallellaan oleva vinous vasemmalle fyysisen näppäimistötyyppien osalta, josta mainittiin jo aiemmin pylväsdiagrammin 16 tulokinnan yhteydessä. Virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien kohdalla vinous on aavistuksen verran oikealle.

Taulukkoon 10 on koottu vastausten määrien tunnuslukuja. Taulukosta havaitaan, että keskiarvon perusteella fyysisten näppäimistöjen käyttäjät saivat tehtävässä enemmän oikeita vastauksia kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät. Fyysisten näppäimistöjen käyttäjillä myös keskihajonta ja vaihteluväli olivat jokseenkin pienempiä kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä. Yllättäen kuitenkin fyysisten näppäimistöjen käyttäjien osalta taulukosta nousee esiin myös pieni vinous vasemmalle (-0,085) eli pienempien arvojen painottuminen, kun taas virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä jakauma on enemmän lievästi vino oikealle (0,090). Havaittu vinous jää molempien kohdalla kuitenkin melko pieneksi.

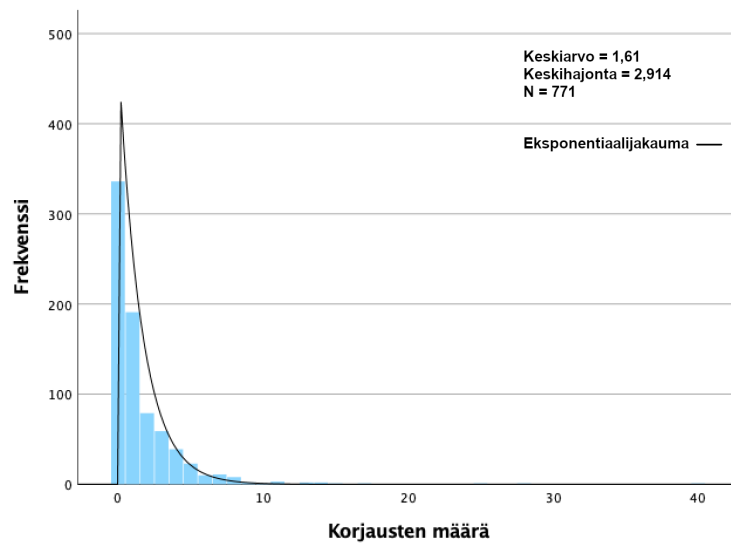
Aineistossa kerättiin myös tietoa siitä, kuinka paljon oppilaat tekivät korjauksia vastatessaan tehtäviin. Taulukossa 11 on korjausten määrien tunnuslukuja. Havaitaan, että keskiarvon perusteella oppilaat tekivät sangen vähän korjauksia – yhteensä tehtävissä kaikkien näppäimistötyyppien osalta korjausten määrän keskiarvo on 1,61 per kirjoitettu merkkijono. Vaihteluväli on fyysisten näppäimistöjen käyttäjillä huomattavan suuri, kun minimi korjausmäärä on kaikkien tehtävien osalta 0 ja maksimi on 40 korjausta. Mediaani (1,00) kuitenkin kertoo, että suurimmalla osalla oppilaista korjauksia on kuitenkin vähäinen määrä, ja vaihteluväli pitää sisällään poikkeuksellisen suuria havaintoarvoja.



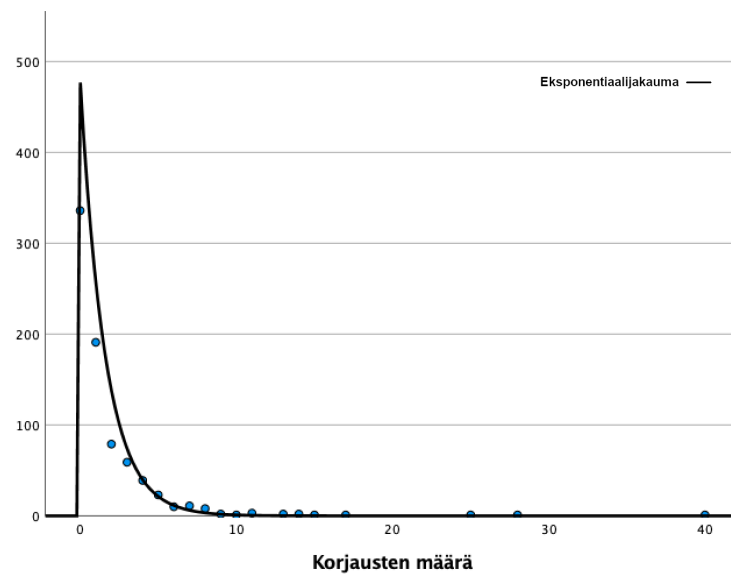
Kuvio 12. Ensimmäisen luokan oppilaiden vastausten määrät suhteessa normaalijakaumaan näppäimistötehtävässä (N = 771)



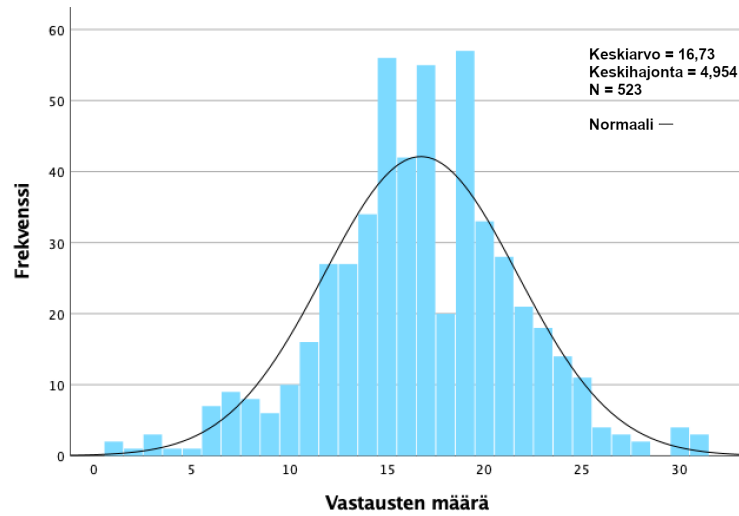
Kuvio 13. Ensimmäisen luokan oikeiden vastausten määrät suhteessa normaalijakaumaan (N = 771)



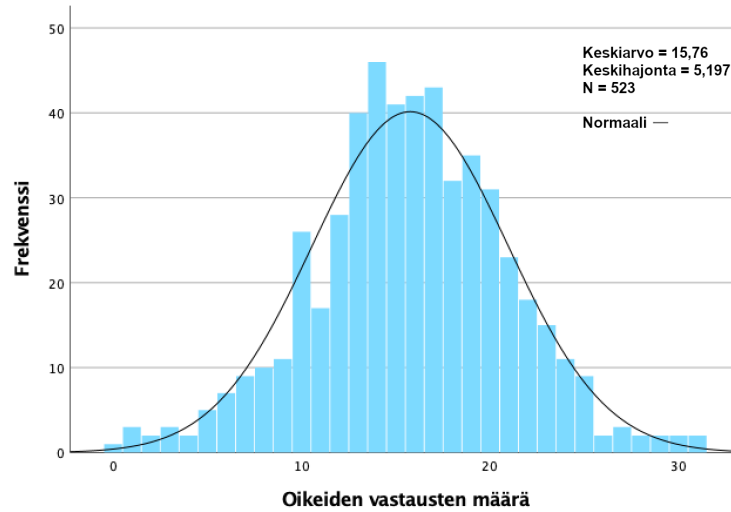
Kuvio 14. Ensimmäisen luokan näppäimistötestin korjausten määrät (N = 771)



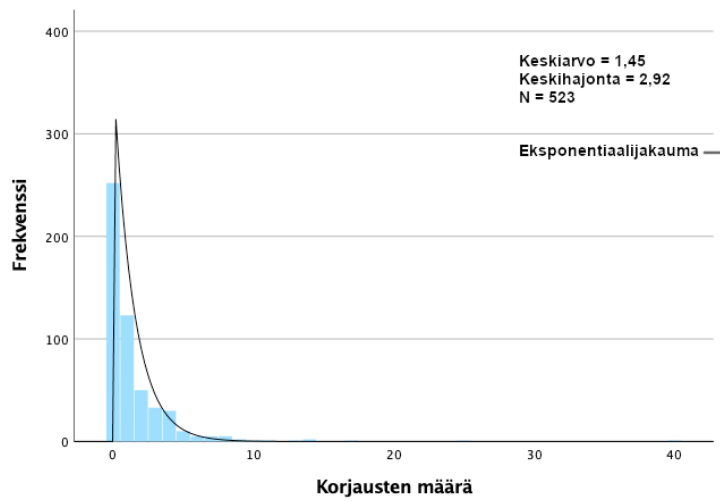
Kuvio 15. 1. lk: Korjausten määrä esitettyinä pistekaaviona (N = 771)



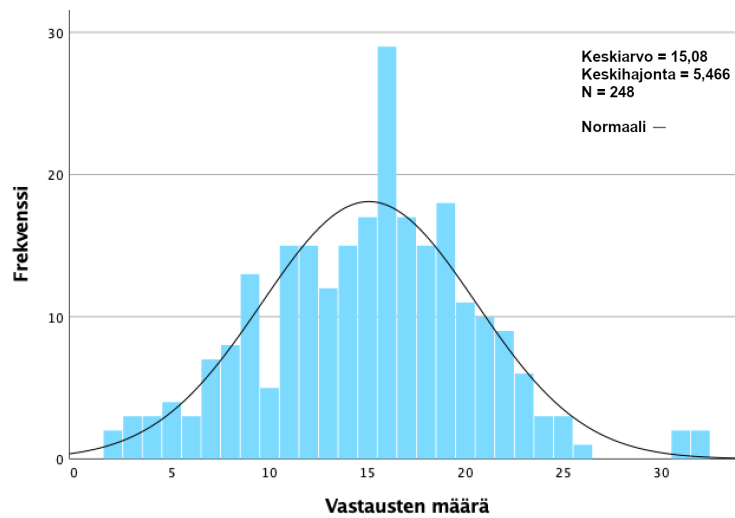
Kuvio 16. Ensimmäisen luokan näppäimistötestin vastausten määrien jakautuminen fyysisen näppäimistön käyttäjillä (N = 523)



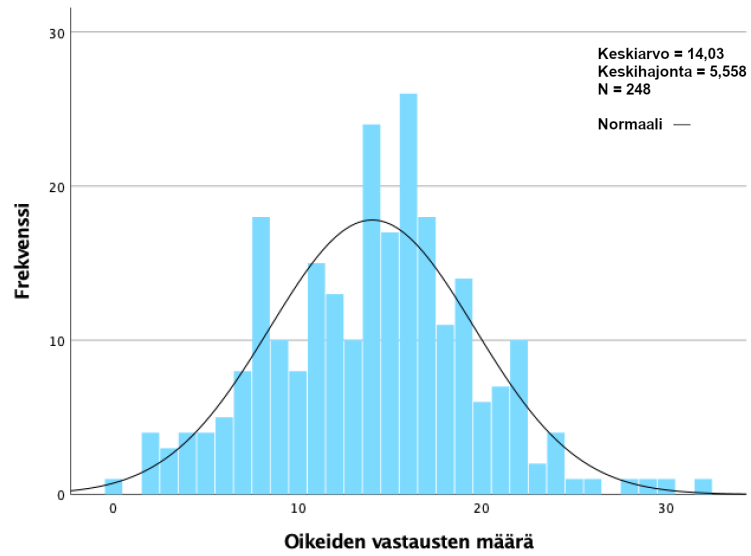
Kuvio 17. Näppäimistötestin oikeiden vastausten määrien jakautuminen fyysisen näppäimistön käyttäjillä ensimmäisellä luokalla (N = 523)



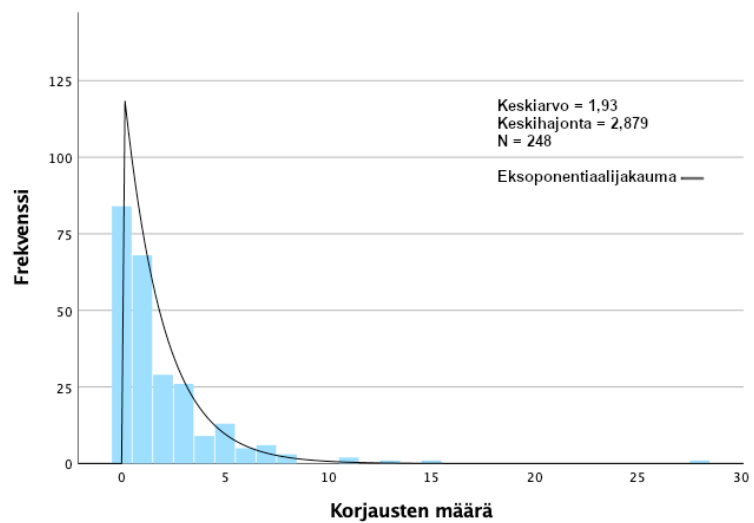
Kuvio 18. Näppäimistötestin korjausten määrien jakautuminen fyysisten näppäimistöjen käyttäjillä ensimmäisen luokan oppilailla (N = 523)



Kuvio 19. 1. lk: Näppäimistötestin vastausten määrien jakautuminen virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä ensimmäisen luokan oppilaiden osalta (N = 248)



Kuvio 20. Ensimmäisen luokan oppilaiden näppäimistötestin oikeiden vastausten määrien jakautuminen virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä (N = 248)



Kuvio 21. Ensimmäisen luokan oppilaiden näppäimistötestin korjausten määrien jakautuminen virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä (N = 248)



Taulukko 8. 1. lk: aineiston normaaliuden testaaminen kaikkien käytettyjen näppäimistöjen osalta

Muuttuja	Lkm	K-S		S-W	
		Arvo	p-arvo	Arvo	p-arvo
<b>Kaikki näppäimistötyypit</b>	771				
Oikeiden vastausten määrät		0,065	<0,001	0,994	0,002
Vastausten määrät		0,075	<0,001	0,990	<0,001
Korjausten määrä		0,291	<0,001	0,533	<0,001
<b>Fyysinen näppäimistö</b>	523				
Oikeiden vastausten määrät		0,061	<0,001	0,993	0,014
Vastausten määrät		0,073	<0,001	0,988	<0,001
Korjausten määrä		0,310	<0,001	0,484	<0,001
<b>Virtuaalinen näppäimistö</b>	248				
Oikeiden vastausten määrät		0,082	<0,001	0,990	0,089
Vastausten määrät		0,075	0,002	0,986	0,018
Korjausten määrä		0,251	0,001	0,630	< 0,001

Taulukko 9. 1. lk: Kuvailevia tunnuslukuja vastausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E. <sup>4</sup>	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	771		523		248	
Keskiarvo	16,20	0,187	16,73	0,217	15,08	0,347
95 % ka. luottamusväli, alaraja	15,83		16,31		14,39	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	16,57		17,16		15,76	
5 % leikattu keskiarvo	16,23		16,78		15,06	
Mediaani	16,00		17,00		16,00	
Varianssi	26,820		24,541		29,877	
Keskihajonta	5,179		4,954		5,466	
Minimi	1		1		2	
Maksimi	32		31		32	
Vaihteluväli	31		30		30	
Kvartiiliväli	6		6		8	
Vinous	-0,091	0,088	-0,132	0,107	0,081	0,155
Huipukkuus	0,427	0,176	0,569	0,213	0,353	0,308

4. Lyhenne S.E. viittaa keskivirheeseen (eng. *standard error*). Vinouden ja huipukkuuden keskivirhe perus-

Taulukko 10. 1. lk: Kuvailevia tunnuslukuja oikeiden vastausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	771		523		248	
Keskiarvo	15,20	0,194	15,76	0,227	14,03	0,353
95 % ka. luottamusväli, alaraja	14,82		15,31		13,34	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	15,58		16,20		14,73	
5 % leikattu keskiarvo	15,22		15,79		14,00	
Mediaani	15,00		16,00		14,00	
Varianssi	28,868		27,008		30,890	
Keskihajonta	5,373		5,197		5,558	
Minimi	0		0		0	
Maksimi	32		31		32	
Vaihteluväli	32		31		32	
Kvartiiliväli	7		6		7	
Vinous	-0,051	0,088	-0,085	0,107	0,090	0,155
Huipukkuus	0,214	0,176	0,344	0,213	0,140	0,308

Taulukko 11. 1. lk: Kuvailevia tunnuslukuja korjausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	771		523		248	
Keskiarvo	1,61	0,105	1,45	0,128	1,93	0,183
95 % ka. luottamusväli, alaraja	1,40		1,20		1,57	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	1,81		1,70		2,29	
5 % leikattu keskiarvo	1,20		1,03		1,55	
Mediaani	1,00		1,00		1,00	
Varianssi	8,491		8,528		8,291	
Keskihajonta	2,914		2,920		2,879	
Minimi	0		0		0	
Maksimi	40		40		28	
Vaihteluväli	40		40		28	
Kvartiiliväli	2		2		3	
Vinous	5,753	0,088	6,562	0,107	4,173	0,155
Huipukkuus	54,984	0,176	68,449	0,213	29,037	0,308

tuu otoskoko(N). Kun otoskoko pysyy samana, ei myöskään näiden keskivirhe muutu.

### **5.3.2 Toinen luokka: aineiston jakauma ja tunnusluvut**

#### **Koko aineiston jakauman tarkastelu**

Tutustutaan toisen luokan oppilaiden suoriutumiseen näppäimistötehtävissä kokonaisuutena ennen yksityiskohtaisempaa laitekohtaista tarkastelua. Kuviosta 22 nähdään toisen luokan oppilaiden vastausten määrän jakautumista verrattuna normaalijakaumaan kaikkien näppäimistötyyppien käyttäjien osalta. Kuvion perusteella aineisto ei täysin noudata normaalijakaumaa monihuippuisuuden ja lievän vinouden takia.

Oikeiden vastausten määrän jakautumista ja sen suhdetta normaalijakaumaan tarkastellaan kuviossa 23. Voidaan havaita, että oikeiden vastausten määrien kohdalla jakauma on kallistunut enemmän pienempien määrien suuntaan. Kuviosta erottuu myös toinen huippukohta. Vaikuttaa siltä, ettei normaalijakautuneisuuden oletta täyty.

Näppäimistötehtävän korjausten kohdalla (kuvio 24) kertoo, ettei aineisto noudata normaalijakaumaa. Korjausten määrän jakauma viittaa käänteiseen eksponenttijakaumaan.

Toisen luokan aineisto testattiin myös tilastollisin testein K-S- ja S-W-testeillä (ks. taulukko 12). Testien perusteella aineisto ei noudata normaalijakaumaa, sillä vastausten määrien, oikeiden vastausten määrien ja korjausten määrien osalta testien p-arvo jää alle 0,05:n raja-arvon ( $0,001 < 0,05$ ).

#### **Näppäimistötestin tulosten jakaumat ja tunnusluvut näppäimistötyypeittäin**

Tarkastellaan yksityiskohtaisemmin aineiston kuvaajia. Vastausten määrien kohdalla (kuvio 25), fyysisten näppäimistöjen osalta, voidaan havaita, ettei jakauma noudata normaalijakaumaa. Kuvaajassa näkyy useampi huippu, ja häntä on oikealle päin paksumpi ja lyhyempi – toisin sanottuna vastausten määrien arvot painottuvat enemmän suurempien arvojen puolelle.

Oikeiden vastausten määrien (kuvio 26) pylväskuvaaja noudattelee normaalijakaumaa aavistuksen paremmin. Molemmilta puolilta hännistä on havaittavissa puutteita, sekä kuviossa on nähtävissä myös normaalijakaumasta poikkeavaa huipukkuutta.

Toisen luokan oppilaiden kohdalla korjausten määrä myötäilee käänteistä eksponenttijakau-

maa sekä fyysisen (kuvio 27) että virtuaalisen näppäimistön osalta (kuvio 30).

Vastausten määrän jakautumista tarkastellessa kuviosta 28 virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien osalta, havaitaan, ettei aineisto vaikuta noudattavan normaalijakaumaa. Kuvasta havaitaan huipukkuutta sekä vinoumaa oikealle suurempiin arvoihin päin.

Kuviossa 29 tarkastellaan virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien oikeiden vastausten määrien jakautumista suhteessa normaalijakaumaan. Silmämääräisesti arvioituna vaikuttaa, ettei jakauma täysin noudata normaalijakaumaa. Jakaumassa on pienempiin arvoihin painottuva pitkä häntä, sekä havaittavissa useampia huippuja mediaanin molemmilla puolilla.

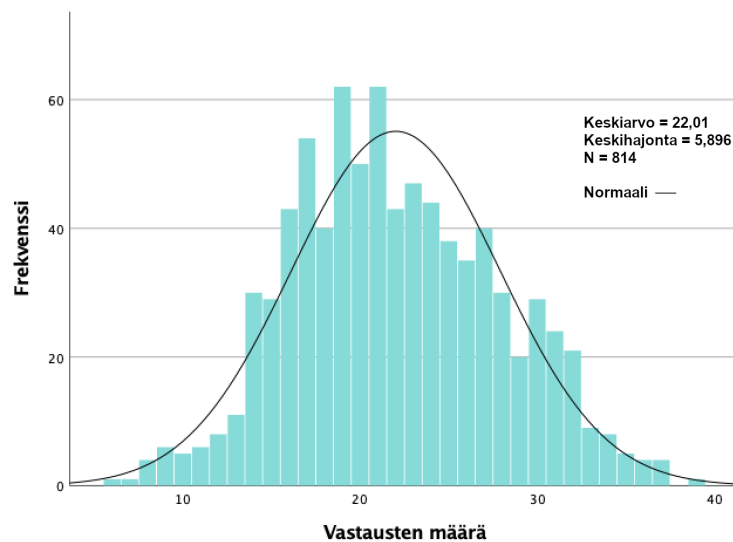
K-S- ja S-W-testien perusteella fyysisen näppäimistön kohdalla normaalijakaumaolettamus on hylättävä (vastausten määrissä, oikeiden vastausten määrissä sekä korjausten määrissä testien p-arvo on alle raja-arvon). Virtuaalisen näppäimistön ja erityisesti oikeiden vastausten määrien sekä vastausten määrien kohdalla S-W testi antaa poikkeavaa tulosta verrattuna K-S-testiin. S-W-testin perusteella virtuaalisen näppäimistön vastausten määrät ja oikeiden vastausten määrät täyttäisivät normaalijakaumaolettamuksen raja-arvon (ks. taulukko 12). Ristiriitaisista tuloksista johtuen jatkossa käytetään aineiston analysointiin sellaisia analyysimenetelmiä, jotka eivät vaadi aineistolta normaalijakaumaolettamusta.

Tunnuslukuja vastausten määristä tarkastellaan taulukosta 13. Keskiarvon perusteella todetaan, että erot fyysisen ja virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien välillä vaikuttavat pieniltä vastausten määrien osalta. Näppäimistöstä riippumatta vastaajat ehtivät vastata keskimäärin 22:een näppäimistötestin tehtävään. Fyysisen näppäimistöjen käyttäjien kohdalla vaihtelua vastausten määrissä oli jonkin verran vähemmän kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien kohdalla. Mielenkiintoista on myös havaita, että vaikka molemmilla on sama vaihteluväli (31), niin fyysisen näppäimistön käyttäjien osalta minimi- ja maksimivastausmäärät ovat suuremmat kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä.

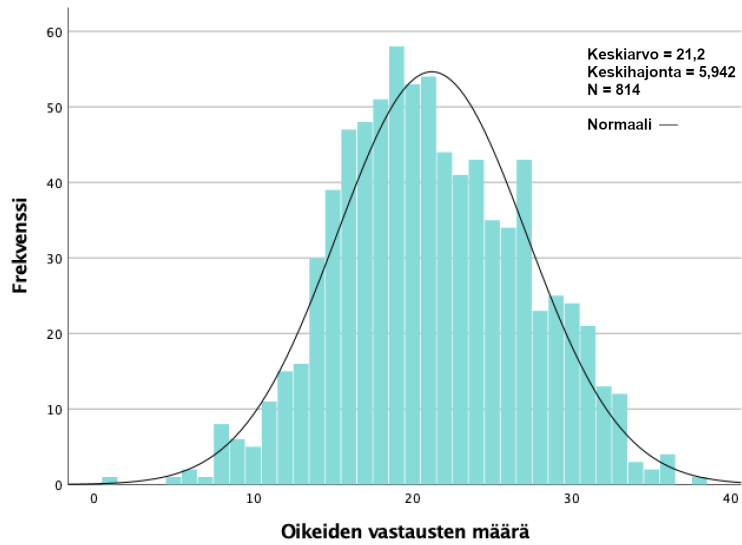
Näppäimistötestin oikeiden vastausten määrien kuvailevia tunnuslukuja on taulukossa 14. Erot keskiarvoissa näppäimistötestin oikeiden vastausten määrissä eri näppäimistötyyppien käyttäjien välillä ovat lähinnä sadasosissa. Fyysisen näppäimistöjen käyttäjät ovat saaneet tehtävissä vähän enemmän vastauksia oikein kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät. Hajontaa oikeiden vastausten määrissä on virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä hiukan

enemmän, mutta vastausten vaihteluväli on huomattavasti fyysisten näppäimistöjen käyttäjien vaihteluväliä pienempi. Fyysisten näppäimistöjen käyttäjien oikeiden vastausten määrän minimi on 1 oikea vastaus, ja maksimi 38 kun vastaavat luvut virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien osalta ovat minimi 5 oikeaa vastausta ja maksimi 36. Molempien näppäimistötyyppien käyttäjien osalta oikeiden vastausten määrien osalta vinous on suhteellisen pientä (lähinnä sadasosia), mutta sen sijaan aineistossa on havaittavissa huipukkuutta, joka voi vaikuttaa aineiston normaaliusolettamaan.

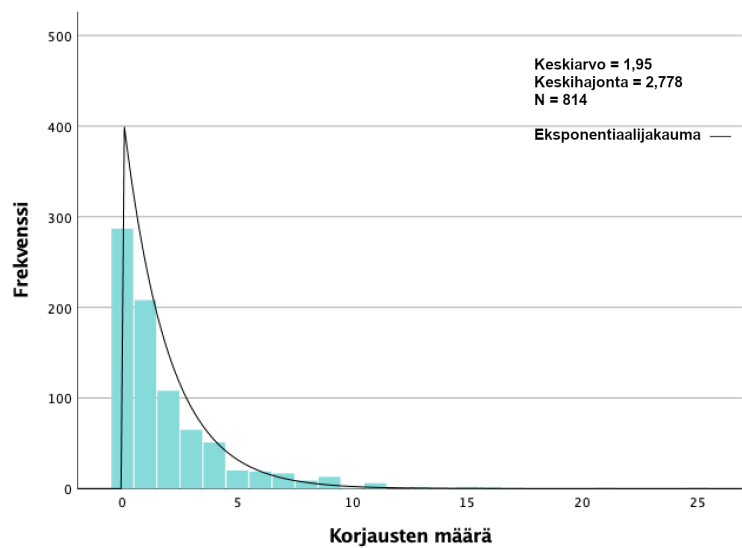
Taulukossa 15 on kuvailevia tunnuslukuja näppäimistötestin korjausten määrien osalta. Verrottuna vastausten määriin sekä oikeiden vastausten määriin voidaan havaita, että jo keskiarvossa on korjausten määrien osalta suurempaa eroa fyysisten näppäimistöjen ja virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien osalta – virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät ovat keskiarvon perusteella tehneet enemmän korjauksia kuin fyysisten näppäimistöjen käyttäjät. Korjausten määrissä on toki paljon hajontaa oppilaiden välillä. Molempien näppäimistötyyppien käyttäjien osalta minimimäärä korjauksia oli 0, mutta maksimissa oli eroa näppäimistötyyppien välillä. Vinouman ja huipukkuuden perusteella aineisto ei noudata normaalijakaumaa kummankaan näppäimistötyypin osalta.



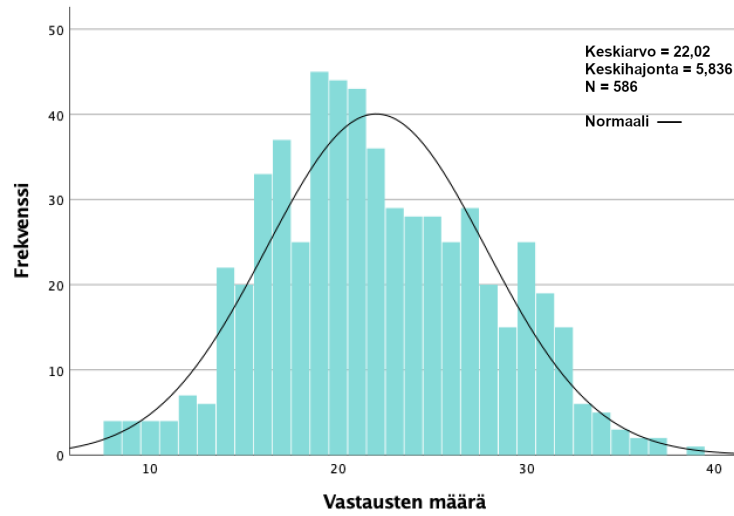
Kuvio 22. 2. luokan aineiston normaalijakautuneisuuden tarkastelu vastausten määrien osalta (N = 814)



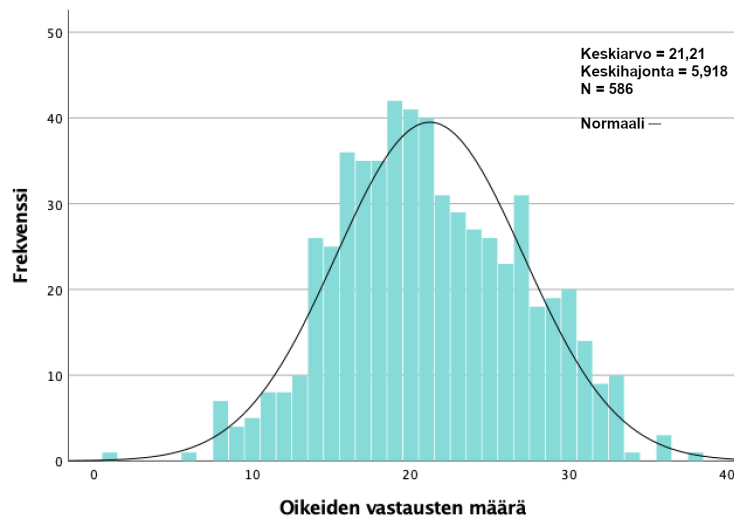
Kuvio 23. 2. luokan aineiston normaalijakautuneisuuden tarkastelu oikeiden vastausten määrien osalta (N = 814)



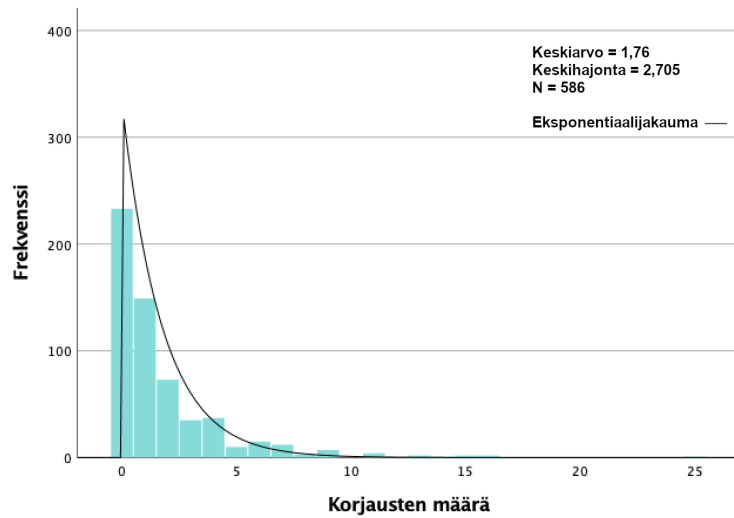
Kuvio 24. 2. luokan aineiston jakauman tarkastelu korjausten määrien osalta verrattuna käänteiseen eksponenttijakaumaan. (N = 814)



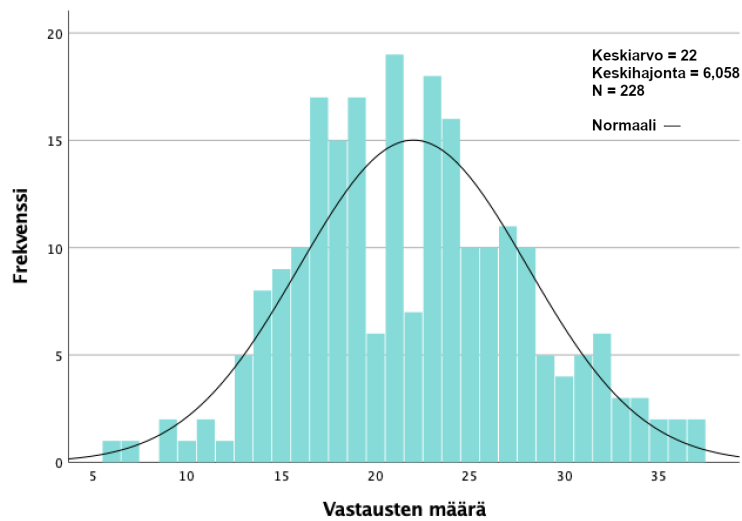
Kuvio 25. 2. luokan vastausten määrään jakautuminen suhteessa normaalijakaumaan fyysisten näppäimistöjen käyttäjien osalta (N = 586).



Kuvio 26. 2. luokan oikeiden vastausten määrä suhteessa normaalijakaumaan fyysisten näppäimistöjen käyttäjien osalta (N = 586)

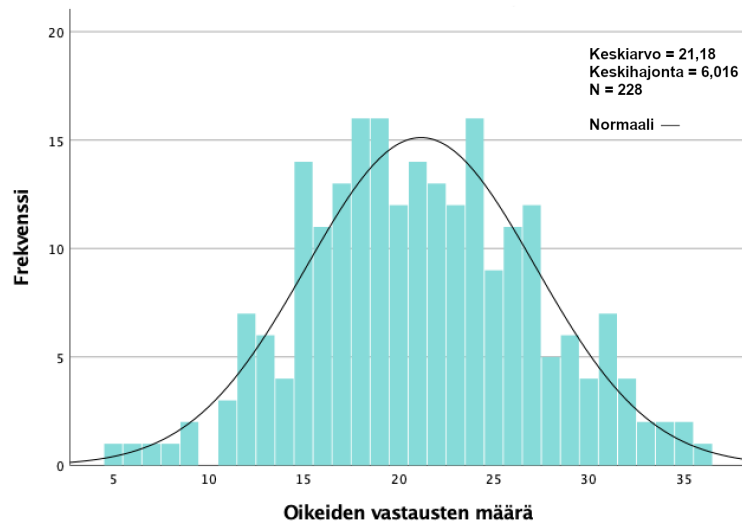


Kuvio 27. 2. luokan korjausten määrän jakautuminen myötäilee käänteistä eksponenttijakaumaa fyysisten näppäimistöjen käyttäjien kohdalla (N = 586)

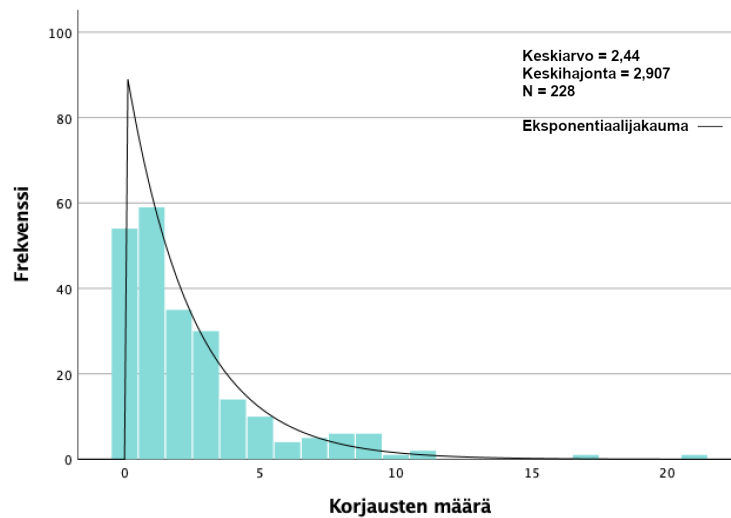


Kuvio 28. 2. luokan virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien vastausten määrät suhteessa normaalijakaumaan (N = 228)





Kuvio 29. 2. luokan virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien oikeiden vastausten määrä suhteessa normaalijaukaumaan (N = 228)



Kuvio 30. 2. luokan virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien korjausten määrän jakautuminen suhteessa käänteiseen eksponenttijakaumaan (N = 228)

Taulukko 12. 2. luokan aineiston normaaliuden testaaminen kaikkien käytettyjen näppäimistöjen osalta (N = 814)

Muuttuja	Lkm	K-S		S-W	
		Arvo	p-arvo	Arvo	p-arvo
<b>Kaikki näppäimistötyypit</b>	814				
Oikeiden vastausten määrät		0,062	<0,001	0,993	<0,001
Vastausten määrät		0,074	<0,001	0,990	<0,001
Korjausten määrä		0,242	<0,001	0,688	<0,001
<b>Fyysinen näppäimistö</b>	586				
Oikeiden vastausten määrät		0,067	<0,001	0,991	0,002
Vastausten määrät		0,078	<0,001	0,989	<0,001
Korjausten määrä		0,262	<0,001	0,655	<0,001
<b>Virtuaalinen näppäimistö</b>	228				
Oikeiden vastausten määrät		0,062	0,032	0,993	0,368
Vastausten määrät		0,080	0,001	0,989	0,086
Korjausten määrä		0,209	<0,001	0,751	<0,001

Taulukko 13. 2. luokan kuvailevia tunnuslukuja vastausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	814		586		228	
Keskiarvo	22,01	0,207	22,02	0,241	22,00	0,401
95 % ka. luottamusväli, alaraja	21,61		21,55		21,21	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	22,42		22,49		22,79	
5 % leikattu keskiarvo	21,97		21,99		21,93	
Mediaani	21,00		21,00		21,50	
Varianssi	34,759		34,063		36,705	
Keskihajonta	5,896		5,836		6,058	
Minimi	6		8		6	
Maksimi	39		39		37	
Vaihteluväli	33		31		31	
Kvartiiliväli	8		8		9	
Vinous	0,181	0,086	0,174	0,101	0,199	0,161
Huipukkuus	-0,373	0,171	-0,430	0,202	-0,235	0,321

Taulukko 14. 2. luokan kuvailevia tunnuslukuja oikeiden vastausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	814		586		228	
Keskiarvo	21,20	0,208	21,21	0,244	21,18	0,398
95 % ka. luottamusväli, alaraja	20,79		20,73		20,39	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	21,61		21,69		21,96	
5 % leikattu keskiarvo	21,20		21,22		21,16	
Mediaani	21,00		21,00		21,00	
Varianssi	35,305		35,018		36,198	
Keskihajonta	5,942		5,918		6,016	
Minimi	1		1		5	
Maksimi	38		38		36	
Vaihteluväli	37		37		31	
Kvartiiliväli	9		9		8	
Vinous	0,069	0,086	0,071	0,101	0,067	0,161
Huipukkuus	-0,306	0,171	-0,316	0,202	-0,263	0,321

Taulukko 15. 2. luokan kuvailevia tunnuslukuja korjausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	814		586		228	
Keskiarvo	1,95	0,097	1,76	0,112	2,44	0,193
95 % ka. luottamusväli, alaraja	1,76		1,54		2,06	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	2,14		1,98		2,82	
5 % leikattu keskiarvo	1,56		1,37		2,09	
Mediaani	1,00		1,00		2,00	
Varianssi	7,717		7,316		8,450	
Keskihajonta	2,778		2,705		2,907	
Minimi	0		0		0	
Maksimi	25		25		21	
Vaihteluväli	25		25		21	
Kvartiiliväli	3		2		2	
Vinous	2,921	0,086	3,170	0,101	2,500	0,161
Huipukkuus	12,892	0,171	15,099	0,202	9,631	0,321

### 5.3.3 Seitsemäs luokka: aineiston jakauma ja tunnusluvut

#### Koko aineiston jakauman tarkastelu

Tarkastellaan vastausten määrien osalta kuviota 31. Kuviosta havaitaan normaalijakaumaan verrattuna poikkeavan korkea huippu jakauman keskikohdilla. Myös oikealle päin oleva häntä on pidempi ja paksumpi kuin vasemmanpuoleinen häntä.

Kuviossa 32 on oikeiden vastausten määrien jakauma. Siinä on havaittavissa normaalijakaumaan verrattuna leveämpi ja korkeampi huippua jakauman keskikohdilla. Kuten vastausten määrissä, myös oikeiden vastausten kohdalla oikeanpuoleinen häntä on paksumpi ja pidempi verrattuna jakauman vasempaan häntään.

Korjausten määrän jakautumista verrataan normaalijakaumaan kuviossa 33 ja laskevaan eksponenttijakaumaan kuviossa 34. Alemmilla luokkatasoilla korjausten määrän oli havaittu myötäilevän ennemmin eksponenttijakaumaa, mutta niin ei ole täysin seitsemännen luokan kohdalla. Jakauman huippukohta ei ole pienimpien arvojen kohdalla. Jakauma ei tosin noudata myöskään normaalijakaumaa, sillä vasemman puoleinen häntä katkeaa liian nopeasti, ja oikeanpuoleinen häntä on taas todella pitkä.

Aineiston normaaliuden testit (taulukossa 16) osoittivat, että seitsemäsluokkalaisten kohdalla normaalijakaumaolettamus tuli hylätä. Niin vastausten määrän, oikeiden vastausten määrän kuin korjausten määränkin osalta sekä K-S- että S-W-testien p-arvo jäi alle 0,05:n raja-arvon ( $p = <0,001 < 0,05$ ).

Tarkastellaan seitsemännen luokan aineiston kuvailevia tunnuslukuja kaikkien näppäimistöjen osalta (taulukko 33). Näppäimistötestin vastausten määrien keskiarvo on 46,73 ja mediaani (46,0) osuu lähelle keskiarvoa. Vastausten määrät vaihtelevat oppilaiden kesken paljon: minimi on 21, maksimi 76 ja vaihteluväli 55. Vaikuttaa siltä, että seitsemännen luokan oppilaat ovat vastanneet tehtävässä melko tosissaan, sillä poikkeuksellisen pieniä vastausmääriä (esimerkiksi alle 5 vastausta) ei oppilailta ole. Vinous (0,566) ja huipukkuus vahvistavat aiemmin kuvaajasta tehtyjä havaintoja.

Oikeiden vastausten määrien tunnuslukuja on esillä taulukossa 33. Keskiarvo on 43,27, mikä on vain hieman vähemmän kuin vastausten määrien keskiarvo. Oikeiden vastausten mediaani

on myös lähellä keskiarvoa (43,0). Minimimäärä oikeita vastauksia tehtävässä on 15, maksimi 70 ja vaihteluväli on 55. Vinous (0,491) ja huipukkuus (0,249) vahvistavat kuvaajasta tehtyjä havaintoja.

Tilastollisia tunnuslukuja korjausten määrien osalta on taulukossa 33. Korjausten määrien keskiarvo on 8,08 ja mediaani on 6,06. Vaihteluväli on 43, oppilaiden korjausten määrän vaihdellessa nollan (minimi 0) ja neljäkymmenen kolmen (maksimi 43) välillä. Vinous (1,692) ja huipukkuus (4,179) vahvistaa kuvaajasta tehtyä tulkintaa, että korjausten määrät eivät noudata normaalijakaumaa.

### **Näppäimistötestin tulosten jakaumat ja tunnusluvut näppäimistötyypeittäin**

Tarkastellaan seitsemännen luokan aineiston jakautumista eri näppäimistötyyppien osalta. Fyysisten näppäimistöjen käyttäjien kohdalla vastausten määrien jakauma (kuvassa 35) myötäilee normaalijakaumaa, mutta jakauman keskitienoilla arvot ovat normaalijakaumaan verrattuna poikkeavan korkeita. Jakauman häntä on oikealle päin paksumpi.

Oikeiden vastausten määrien jakauma (kuvassa 36) muistuttaa normaalijakaumaa, mutta jakauman huippu on normaalijakaumaan verrattuna korkea ja kapea. Vastausten määrien tapaan myös oikeiden vastausten kohdalla häntä on oikealle päin paksumpi, ja vasemman puoleinen häntä ei ole yhtenäinen vaan hännässä on havaittavissa katkoksia.

Fyysisten näppäimistöjen käyttäjien kohdalla korjausten määrien kuvaaja (kuvassa 37) ei muistuta kunnolla normaalijakaumaa eikä eksponenttijakaumaa. Epätasaine jakauma painottuu enemmän pienempiin arvoihin, ja lähtee laskemaan eksponenttijakauman tapaisesti suurempiin arvoihin päin lähestyttäessä. Eksponenttijakaumaan verrattuna jakauman huipun korkein kohta ei ole pienimmässä arvossa.

Virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjiä oli seitsemännellä luokalla vain kymmenen. Pienestä havaintomäärästä huolimatta, vastausten määrät myötäilevät normaalijakaumaa (kuvassa 38). Jakaumassa on havaittavissa normaalijakaumaan verrattuna korkeampi huippukohta, sekä katkeamaa oikeanpuoleisessa hännässä. Kovin suuria tulkintoja jakaumasta ei voida tehdä pienestä havaintotapausten määrästä johtuen, ja havainnot voivat johtua sattumasta.

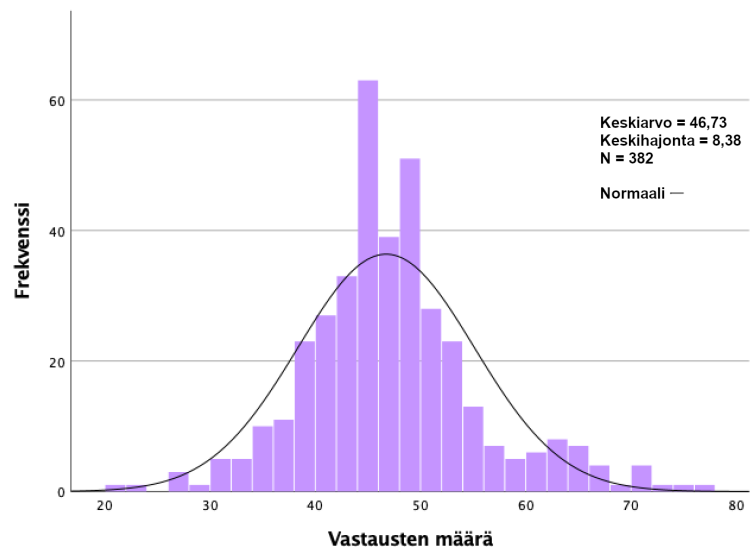
Kuvasta 39 voidaan havaita, että oikeiden vastausten määrän jakauma ei muistuta millään

tavalla normaalijakaumaa – eikä oikein mitään muutakaan käytetyimmistä todennäköisyysjakaumista. Tämä selittyy virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien pienellä määrällä.

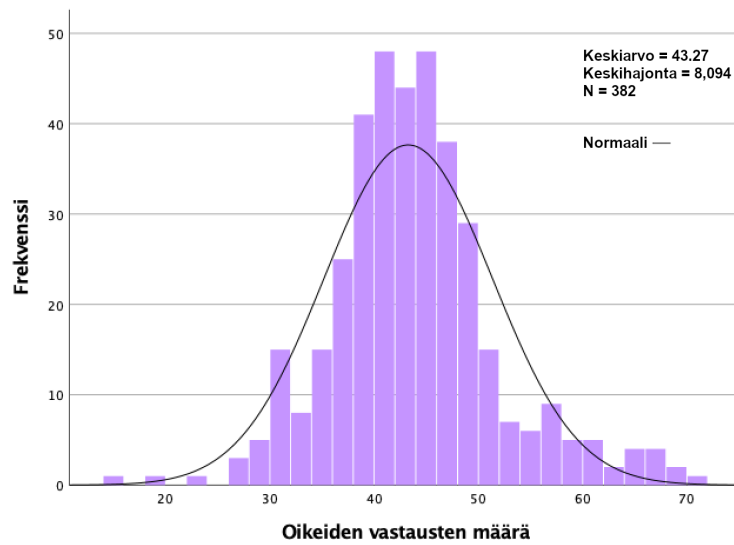
Kuvassa 40 verrataan virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien korjausten määrää eksponenttijakaumaan. Voidaan havaita, että jakaumat eivät muistuta toisiaan, ja korjausten määrä ei vaikuta noudattavan erityisemmin mitään käytetyimmistä todennäköisyysjakaumista.

Seitsemännen luokan virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien määrät ovat todella pienet tulkintojen tekemistä varten jakaumista. Jo jakaumien tarkastelun kohdalla voidaan nähdä, että ristiintaulukointi tulee aineiston kohdalla olemaan mahdotonta.

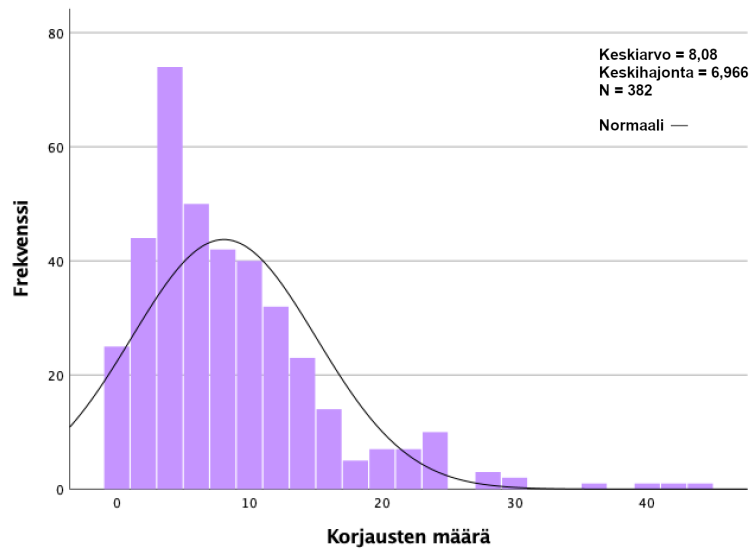
Tarkastellaan seitsemännen luokan aineiston normaalijakautuneisuutta K-S ja S-W -testien tulosten pohjalta eri näppäimistötyyppien osalta (taulukko 16). Fyysisten näppäimistöjen käyttäjien kohdalla K-S-testin p-arvot jäävät alle raja-arvon ( $< 0,001 < 0,05$ ), ja normaali oletus hylätään. Seitsemännellä luokalla virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjiä oli vain kymmenen, mikä voi aiheuttaa testeissä havaittavan poikkeavuuden: virtuaalisten näppäimistöjen vastausten ja oikeiden vastausten määrät sekä korjausten määrät noudattavat testien perusteella normaalijakaumaa ( $p = 0,200 > 0,05$ ). Suurin osa aineistosta ei noudata normaalijakautuneisuutta, joten aineiston analysointi vaatisi ei-parametrisia menetelmiä, mikäli aineistoa lähdetäisiin analysoimaan pidemmälle. Virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien vähäisyyden vuoksi, aineiston tarkempi analysointi muilla tilastollisilla testeillä ja tulkitseminen jätetään väliin, sillä luotettavaa analyysia ja tulkintoja ei voida aineistosta tehdä. Myös aineiston tunnuslukujen vertailu näppäimistötyyppien osalta jätetään väliin.



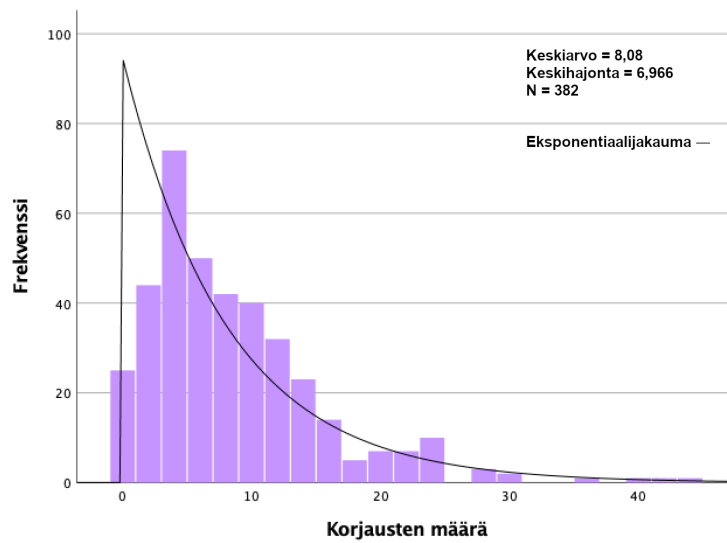
Kuvio 31. 7. luokan vastausten määrän jakautuminen suhteessa normaalijakaumaan (N = 382)



Kuvio 32. 7. luokan oikeiden vastausten määrän jakautuminen suhteessa normaalijakaumaan (N = 382)

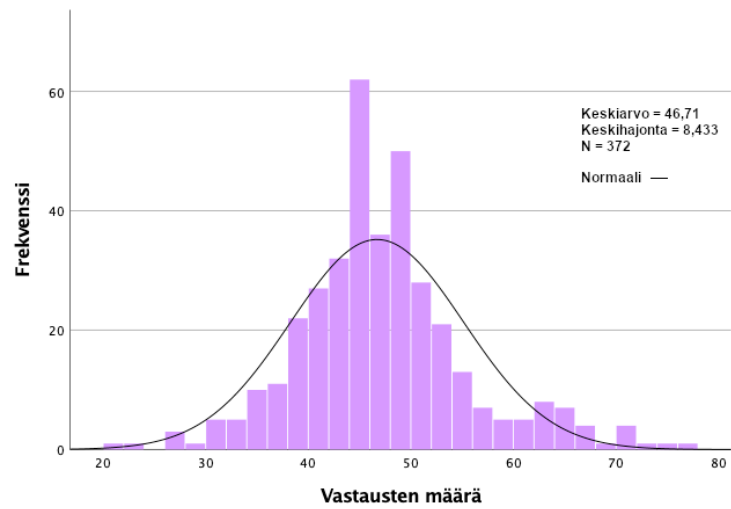


Kuvio 33. 7. luokan korjausten määrän jakautuminen suhteessa normaalijakaumaan (N = 382)

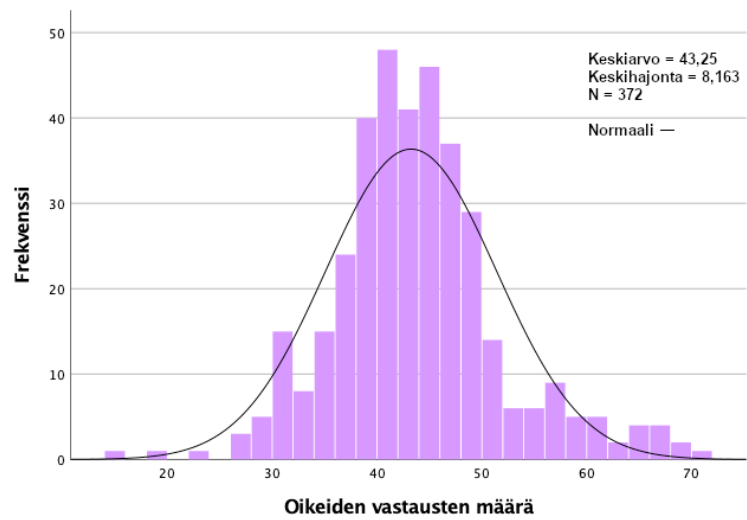


Kuvio 34. 7. luokan korjausten määrän jakautuminen (N = 382) poikkeamien poistamisen jälkeen, käännteinen eksponenttijakauma

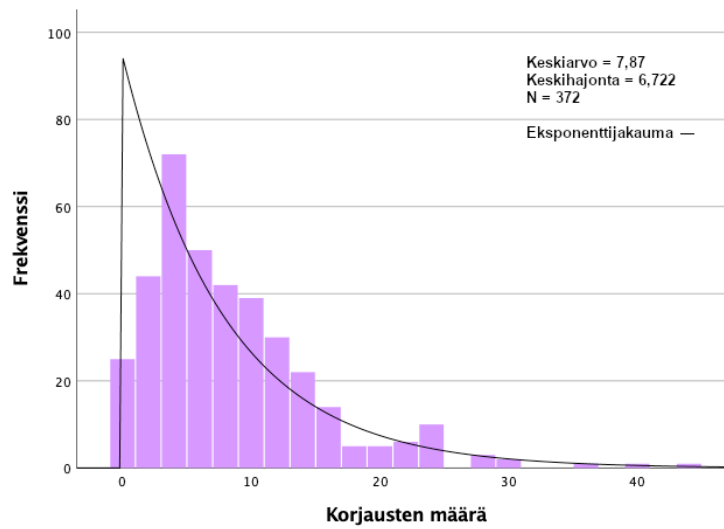




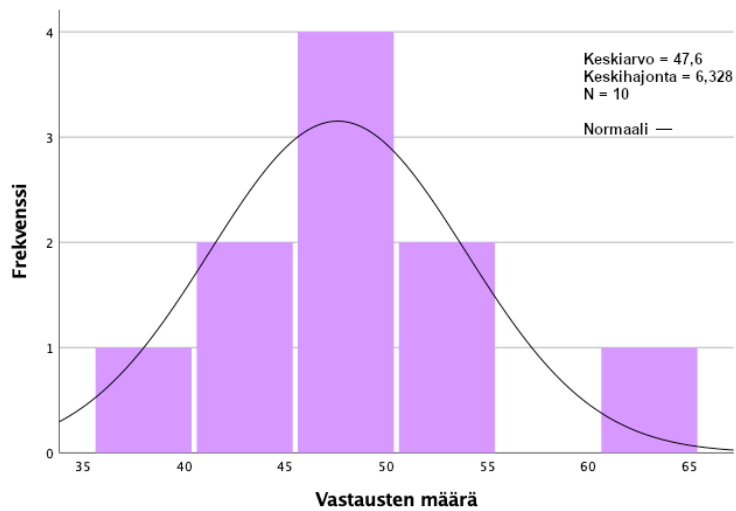
Kuvio 35. 7. luokan vastausten määrän jakautuminen fyysisten näppäimistöjen käyttäjillä (N = 372)



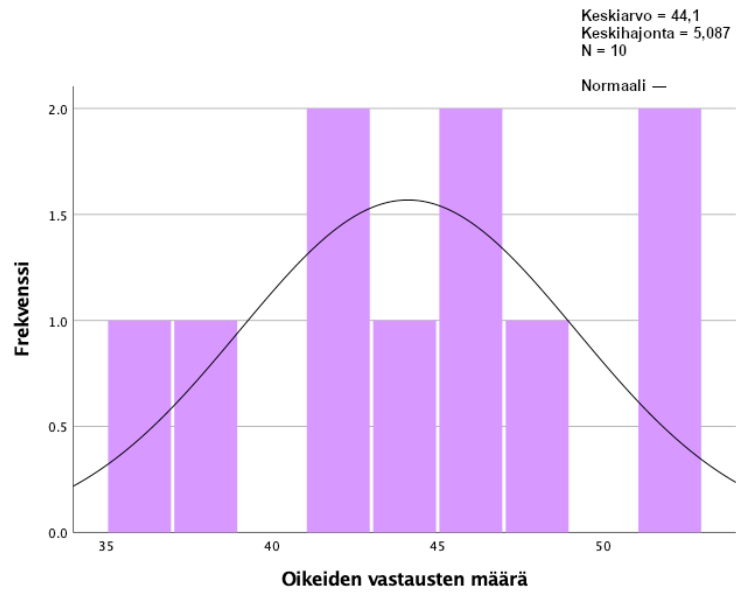
Kuvio 36. 7. luokan oikeiden vastausten määrän jakautuminen fyysisten näppäimistöjen käyttäjillä (N = 372)



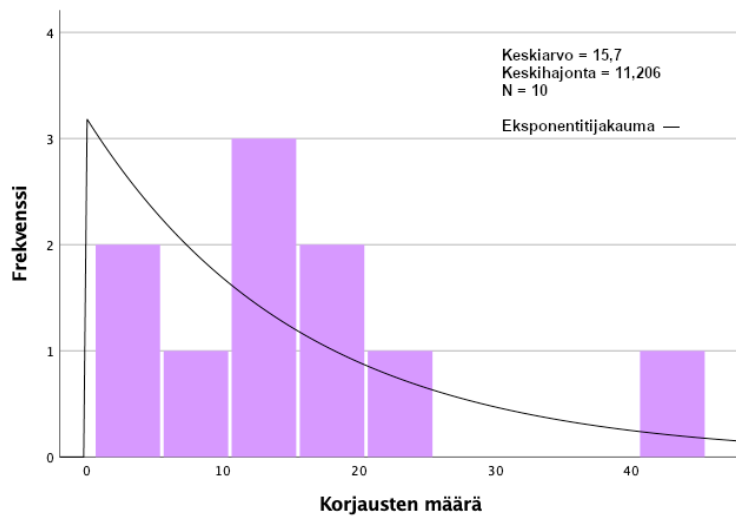
Kuvio 37. 7. luokan korjausten määrän jakautuminen fyysisten näppäimistöjen käyttäjillä (N = 372)



Kuvio 38. 7. luokan vastausten määrän jakautuminen virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä (N = 10)



Kuvio 39. 7. luokan oikeiden vastausten määrän jakautuminen virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä (N = 10)



Kuvio 40. 7. luokan korjausten määrän jakautuminen virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä (N = 10)

Taulukko 16. 7. lk: aineiston normaaliuden testaaminen

Muuttuja	Lkm	K-S		S-W	
		Arvo	p-arvo	Arvo	p-arvo
<b>Kaikki näppäimistötyypit</b>	382				
Oikeiden vastausten määrät		0,108	<0,001	0,962	<0,001
Vastausten määrät		0,096	<0,001	0,965	<0,001
Korjausten määrät		0,136	<0,001	0,862	<0,001
<b>Fyysinen näppäimistö</b>	372				
Oikeiden vastausten määrät		0,108	<0,001	0,962	<0,001
Vastausten määrät		0,098	<0,001	0,965	<0,001
Korjausten määrät		0,135	<0,001	0,869	<0,001
<b>Virtuaalinen näppäimistö</b>	10				
Oikeiden vastausten määrät		0,175	0,200* <sup>5</sup>	0,948	0,647
Vastausten määrät		0,140	0,200*	0,963	0,820
Korjausten määrä		0,187	0,200*	0,878	0,124

Taulukko 17. 7. luokan Kuvailevia tunnuslukuja vastausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	382		372		10	
Keskiarvo	46,73	0,429	46,71	0,437	47,60	2,001
95 % ka. luottamusväli, alaraja	45,89		45,85		43,07	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	47,58		47,57		52,13	
5 % leikattu keskiarvo	46,48		46,45		47,39	
Mediaani	46,00		46,00		46,50	
Varianssi	70,217		71,118		40,044	
Keskihajonta	8,380		8,433		6,328	
Minimi	21		21		38	
Maksimi	76		76		61	
Vaihteluväli	55		55		23	
Kvartiiliväli	8		8		9	
Vinous	0,566	0,125	0,568	0,126	0,801	0,687
Huipukkuus	1,382	0,249	1,368	0,252	1,466	1,334

5. Todellinen merkitsevyyden raja-arvo.

Taulukko 18. 7. lk: Kuvailevia tunnuslukuja oikeiden vastausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	382		372		10	
Keskiarvo	43,27	0,414	43,25	0,423	44,10	1,609
95 % ka. luottamusväli, alaraja	42,46		42,42		40,46	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	44,09		44,08		47,74	
5 % leikattu keskiarvo	43,01		42,98		44,11	
Mediaani	43,00		42,50		44,00	
Varianssi	65,511		66,630		25,878	
Keskihajonta	8,094		8,163		5,087	
Minimi	15		15		36	
Maksimi	70		70		52	
Vaihteluväli	55		55		16	
Kvartiiliväli	8		8		7	
Vinous	0,491	0,125	0,497	0,126	0,073	0,687
Huipukkuus	1,388	0,249	1,355	0,252	-0,440	1,334

Taulukko 19. 7. lk: Kuvailevia tunnuslukuja korjausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	382		372	10		
Keskiarvo	8,08	0,356	7,87	0,348	15,70	3,544
95 % ka. luottamusväli, alaraja	7,38		7,19		7,68	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	8,78		8,56		23,72	
5 % leikattu keskiarvo	7,41		7,23		14,94	
Mediaani	6,00		6,00		13,00	
Varianssi	48,527		45,180		125,567	
Keskihajonta	6,966		6,722		11,206	
Minimi	0		0		3	
Maksimi	43		43		42	
Vaihteluväli	43		43		39	
Kvartiiliväli	8		8		12	
Vinous	1,692	0,125	1,626	0,126	1,437	0,687
Huipukkuus	4,170	0,249	3,819	0,252	2,955	1,334

### 5.3.4 Ristiintaulukoinnit ja riippumattomuustestit

Ristiintaulukointia ja riippumattomuustestejä varten aineisto luokiteltiin uudestaan niin, että aineistolle oli mahdollista tehdä Khiin neliö -testi. Testi vaatii, että jokaisessa luokassa tulisi olla 5 havaintoarvoa. Luokat pyrittiin luomaan tasavälein niin, että myös suurimmassa ja pienimmässä luokassa oli riittävästi arvoja mukana. Kaikki aiemmissa taulukoissa esitetyt tilastolliset tunnusluvut on laskettu alkuperäisillä muuttujien arvoilla eikä uudelleen luokitelluilla arvoilla.

Jo aiemmin yläkoulun aineistoa tarkastellessa todettiin, että aineistossa oli mukana liian vähän virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjiä. Aineiston analysointi luotettavasti ja yleistettävästi on mahdotonta. Aineiston uudelleen luokittelun yhteydessä havaittiin, ettei pienistä vastausmääristä johtuen pystytty tekemään sellaista luokittelua, jossa jokaiseen luokkaan olisi tullut mukaan riittävästi havaintotapauksia ja luokittelu olisi ollut riittävän yksityiskohtainen antaakseen mielekästä tietoa jatkoanalyseissa. Tämä sama ongelma koski niin seitsemän kuin yhdeksän luokan aineistoa. Yläkoulun osalta aineistoa ei ole mielekästä analysoida tämän pidemmälle.

Ristiintaulukoinnin yhteydessä aineistolle tehtiin myös Khiin neliö -testi. Nollahypoteesina testissä oli, että vastausten määrä ei riipu käytetystä laitteesta, ja testin merkitsevyytensä oli 0,5 %. Tulokset löytyvät kontingenssitauluista kohdasta Pearsonin  $\chi^2$ .

#### **Vastausten määrien ja näppäimistötyyppien ristiintaulukointi**

Alakoulun vastausten määrää verrattiin käytettyihin näppäimistötyyppeihin taulukossa 20 ja Khiin neliö -testien tulokset ovat taulukossa 20. Luokitellusta aineistosta voidaan havaita, että fyysisen näppäimistön käyttäjät ehtivät vastata yleensä useampaan testiin kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät. Khiin neliö -testin tuloksena havaittiin ensimmäisen luokan kohdalla, että riski siitä, että mahdollinen riippuvuus johtuisi sattumasta, on alle 0,001 % (p-arvo  $0,01 < 0,05$ ). Näin ollen nollahypoteesi kumoutuu, ja tarkasteltujen muuttujien välillä on tilastollisesti merkittävä riippuvuus. Voidaan todeta, että ensimmäisen luokan oppilaiden vastausten määrät ovat riippuvaisia käytetystä näppäimistöstä.

Toisen luokan kohdalla ristiintaulukoinnin tuottaman kontingenssitaulun tarkastelu tuottaa

samankaltaisia havaintoja, mutta erot ovat ensimmäiseen luokkaan verrattuna pienempiä. Taulukosta havaitaan, että ensimmäisessä vastausten määrien luokassa (vastauksia alle 10) on yhdessä taulukon solussa alle 5 havaintoa (merkitty sinisellä taulukossa 20). Tästä Khiin neliö -testi antaa huomautuksen, vaikka liian vähäiset havainnot koskevat alle 20 %:ia soluista ja yksikään soluista ei ole tyhjä. Näin ollen testin ehtojen pitäisi täyttyä. Toisen luokan oppilaiden osalta on havaittavissa, että vastausten määrä ei ole riippuvainen käytetystä laitteesta ( $p = 0,612 > 0,05$ ), ja nollahypoteesi jää voimaan. Toisen luokan oppilaiden vastausten määrät eivät ole riippuvaisia käytetystä laitteesta vaan havaitut erot johtuvat sattumasta.

### **Oikeiden vastausten määrien ja näppäimistötyyppien ristiintaulukointi**

Oikeiden vastausten määrien ja käytettyjen näppäimistöjen ristiintaulukoinnin kontingenssitaulu esitetään taulukossa 22 ja Khiin neliö -testin tulokset taulukossa 23. Ensimmäisen luokan oppilaiden osalta huomataan, että oikeat vastaukset painottuvat fyysisten näppäimistöjen käyttäjien kohdalla enemmän suurempiin arvoihin kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä. Khiin neliö -testin tulokset vahvistavat, että oikeiden vastausten määrä on ensimmäisen luokan kohdalla riippuvainen käytetystä laitteesta. Ensimmäisen luokan oppilaat saavat enemmän oikeita vastauksia käyttäessään fyysisistä näppäimistöä virtuaalisen näppäimistön sijaan.

Toisen luokan oppilaat ovat saaneet enemmän vastauksia oikein kuin väärin. Vaikuttaa siltä, että suhteelliset erot fyysisten ja virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjillä eivät ole kovinkaan suuria oikeiden vastausten määriä tarkastellessa eri vastausmääräluokissa. Khiin neliö -testi kertoo toisen luokan osalta, että mahdolliset erot johtuvat sattumasta eikä näppäimistötyypin ja oikeiden vastausten määrillä ole keskinäistä riippuvuutta ( $p = 0,954 > 0,05$ ).

Korjausten määrien ja käytettyjen näppäimistötyyppien ristiintaulukoinnin kontingenssitaulua tarkastellessa (taulukko 24) ensimmäisen luokan tulosten osalta vaikuttaa siltä, että fyysisten näppäimistöjen käyttäjät tekivät suhteellisesti vähemmän korjauksia kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät. Ero on prosentuaalisesti hyvin pieni, vain muutamia prosenttiyksiköitä. Khiin neliö -testin tulosten (taulukko 25) perusteella ero ei ole tilastollisesti merkittävä ( $p = 0,249 > 0,05$ ), ja ero voi johtua sattumasta. Ensimmäisen luokan korjausten määrän osalta ei voida todeta, että korjausten määrät olisivat riippuvaisia käytetystä näppäimistöä.

Toisen luokan osalta korjausten määrien uudelleen luokittelussa luokkia tuli vain kolme, jotta saatiin ristiintaulukoinnin kontingenssitaulun soluihin riittävästi havaintoarvoja, ja jotta saatiin luokista suunnilleen tasamittaisia. Sekä fyysisten että virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien kohdalla korjausten määrät mukailivat aiemmin kerrotulla tavalla eksponentijakaumaa, ja pieniin korjausmääräluokkiin tuli enemmän havaintotapauksia. Ristintaulukoinnin kontingenssitaulusta arvioituna fyysisten näppäimistöjen käyttäjät tekivät aavistuksen vähemmän korjauksia vastatessaan tehtäviin, mitä virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät, mutta ero on muutaman prosenttiyksikön kokoluokkaa. Khiin neliö -testin perusteella korjausten määrien ja käytetyn näppäimistön välillä on riippuvuus ( $p = 0,033 < 0,05$ ). Testin tuloksia tarkastellessa kannattaa huomioida, että yhdessä taulukon solussa havaintojen määrä jäi alle suositellun viiden (kuitenkin alle 20 % kaikista taulukon soluista on alle 5), muutoin havaintotapausten määrät täyttivät testin ehdot ja testin tulosten pitäisi olla luotettavia.

Taulukko 20. Alakoulu: Vastausten määrät  $\times$  Näppäimistötyyppi

1. lk				2. lk			
Määrä	Fyysinen	Virtuaalinen	Yht.	Määrä	Fyysinen	Virtuaalinen	Yht.
$\leq 5$	8	12	20	$\leq 9$	8	4	12
6–11	56	51	107	10–17	96	36	132
12–17	241	105	346	18–25	287	115	402
18–23	177	69	246	26–32	176	61	237
24 $\leq$	41	11	52	33 $\leq$	19	12	31
Yht.	523	248	771		586	228	814

Taulukko 21. Alakoulu: Khiin neliö, Vastausten määrät  $\times$  Näppäimistötyyppi

	1. lk, N = 771			2. lk, N = 814		
	Arvo	df <sup>6</sup>	p-arvo <sup>7</sup>	Arvo	df	p-arvo
Pearsonin $X^2$	24,205a	4	<0,001	2,642a	4	0,619
Uskottavuusosamäärä	23,178	4	<0,001	2,537	4	0,638

6. Vapausastelukua merkitään SPSS-ohjelmistossa kirjainlyhenteellä *df*.

7. SPSS-ohjelmistossa *Asymp. Sig. 2-sided*



Taulukko 22. Alakoulu: Oikeiden vastausten määrät × Näppäimistötyyppi

1. lk				2. lk			
Määrä	Fyysinen	Virtuaalinen	Yht.	Määrä	Fyysinen	Virtuaalinen	Yht.
<=5	16	16	32	<=9	13	6	19
6–11	80	64	144	10–17	118	45	163
12–17	240	108	348	18–24	280	112	392
18–23	154	50	204	25–32	151	54	205
24<=	33	10	43	33<=	24	11	35
Yht.	523	248	771		586	228	814

Taulukko 23. Alakoulu: Khiin neliö, Oikeiden vastausten määrät × Näppäimistötyyppi

	1. lk, N = 771			2. lk, N = 814		
	Arvo	df	p-arvo	Arvo	df	p-arvo
Pearson $\chi^2$	21,863a	4	<0,001	0,680a	4	0,954
Uskottavuusosamäärä	21,409	4	<0,001	0,676	4	0,954

Taulukko 24. Alakoulu: Korjausten määrät × Näppäimistötyyppi

1. lk				2. lk		
Määrä	Fyysinen	Virtuaalinen	Yht.	Fyysinen	Virtuaalinen	Yht.
<=5	498	229	727	527	192	719
6–10	17	14	31	47	32	79
11<=	8	5	13	12	4	16
Yht.	523	248	771	586	228	814

Taulukko 25. Alakoulu: Khiin neliö, Korjausten määrät × Näppäimistötyyppi

	1. lk, N = 771			2. lk, N = 814		
	Arvo	df	p-arvo	Arvo	df	p-arvo
Pearsonin $X^2$	2.784a	2	0,249	6,798a	2	0,033
Uskottavuusosamäärä	2.648	2	0,266	6,376	2	0,041

## **5.4 Sanelun tulokset**

### **5.4.1 Sanelun vastausten tarkastelu**

#### **Ensimmäinen luokka**

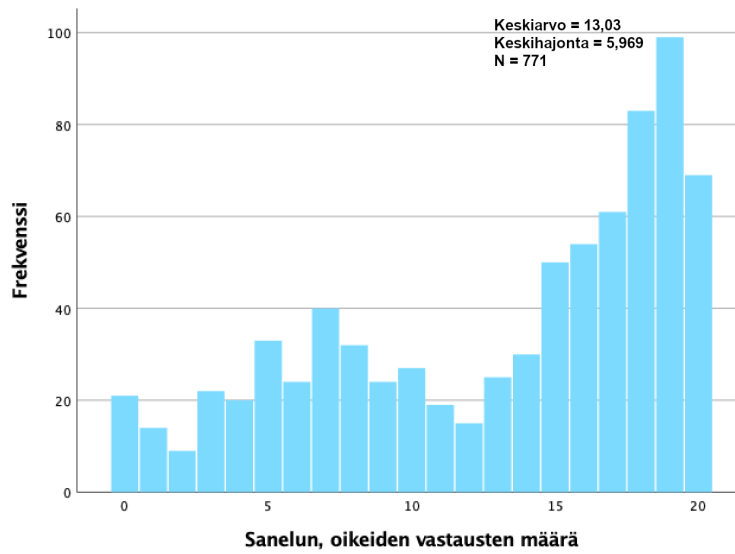
Sanelun oikeiden vastausten kuvaajia tarkastellessa (kuviot 41, 42 ja 43) voidaan nopeasti havaita, että oikeiden vastausten määrät eivät noudata normaalijakaumaa tai eksponenttijakaumaa minkään näppäimistötyypin osalta. Sanelun kohdalla oikeiden vastausten määrät painottuvat selvästi suuriin arvoihin ( $15 < \text{oikeaa vastausta}$ ), mutta jakaumassa on toinenkin huippukohta. Sanelussa oppilaat saivat tehdä tehtäviä ilman aikarajaa ja korjata vastauksiaan – tällä voi olla vaikutuksensa jakauman muotoon.

Sanelun oikeiden vastausten määrien tilastollisia tunnuslukuja tarkastellaan taulukossa 26. Ensimmäisen luokan oppilaiden keskiarvo sanelusta oli 13,03 tehtävää oikein kaikkien laitteiden osalta. Fyysisten näppäimistöjen käyttäjät pärjäsivät aavistuksen verran paremmin (keskiarvo 13,08) kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät (12,94). Mediaani oli kaikkien laitetyyppien osalta 15,00 – mediaani painottuu selvästi oikeiden vastausten määrissä yläpäähän, kun sanelutehtävien kokonaismäärä oli 20. Vaihteluväli oli 0–20, minimin ollessa nolla ja maksimin ollessa 20.

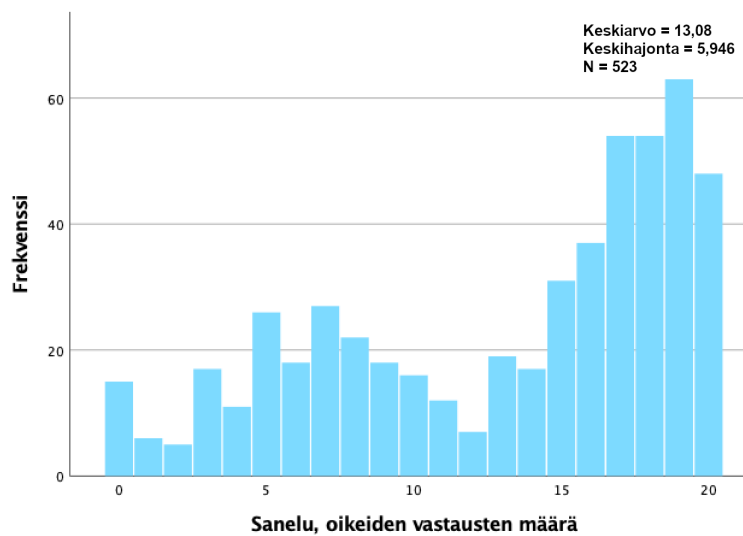
#### **Toinen luokka**

Tarkastellaan sanelun oikeiden vastausten kuvaajia kuvioista 44, 45 ja 46. Jakaumat eivät myöskään noudata normaalijakaumaa, vaan pikemmin eksponenttijakaumaa kaikkien erilaisten näppäimistöjen kohdalla.

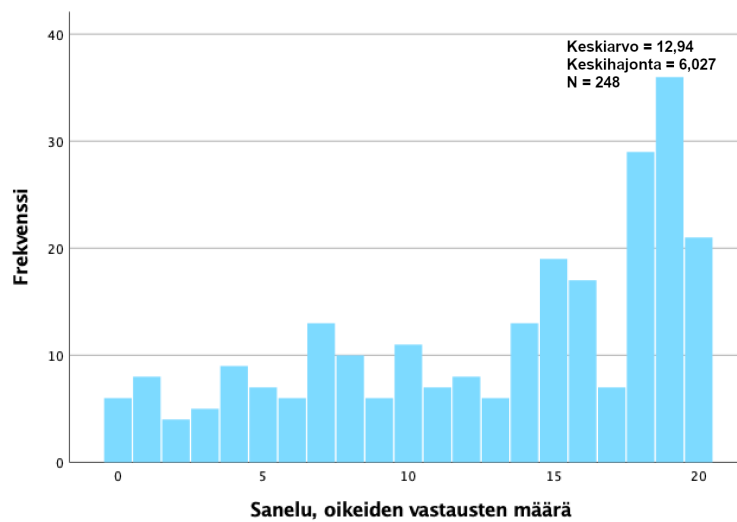
Toisen luokan osalta sanelun tulosten tunnuslukuja on koottuna taulukkoon 26. Tunnusluvuista voidaan havaita, että fyysisten näppäimistöjen käyttäjät saivat tehtävässä vähemmän oikeita vastauksia kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät. Myöskin fyysisten näppäimistöjen käyttäjien osalta mediaani (15,00) oli huomattavasti pienempi kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien mediaani (19,0). Tunnusluvuista vinous ja huipukkuus vahvistavat kuvaajista tehdyn tulkinnan, että aineisto noudattaa normaalijakaumaa.



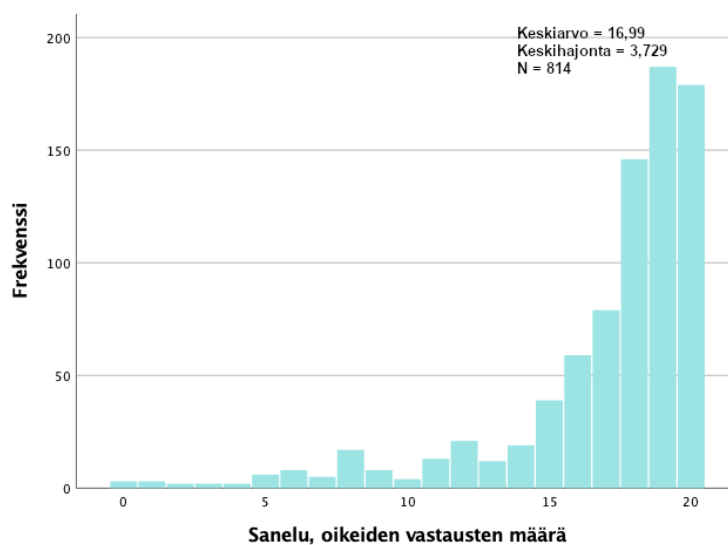
Kuvio 41. Ensimmäisen luokan sanelun oikeiden vastausten jakautuminen (N = 771)



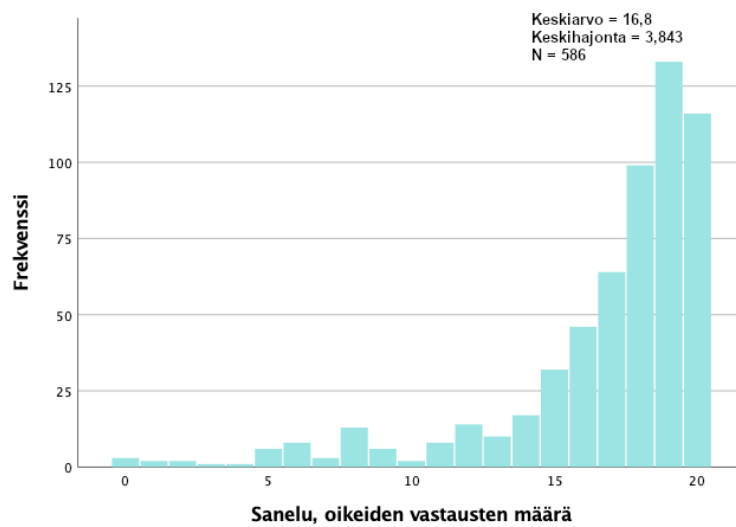
Kuvio 42. Ensimmäisen luokan sanelun oikeiden vastausten jakautuminen fyysisten näppäimistöjen käyttäjien osalta(N = 523)



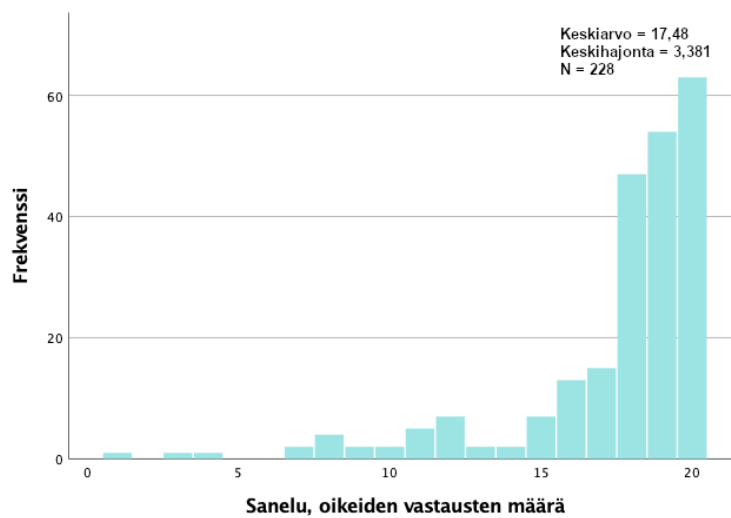
Kuvio 43. Ensimmäisen luokan sanelun oikeiden vastausten jakautuminen (N = 248) virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien osalta



Kuvio 44. Toisen luokan sanelun oikeiden vastausten jakautuminen (N = 814)



Kuvio 45. Toisen luokan sanelun oikeiden vastausten jakautuminen fyysisten näppäimistöjen käyttäjien osalta(n = 586)



Kuvio 46. Toisen luokan sanelun oikeiden vastausten jakautuminen (N = 228) virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien osalta

Taulukko 26. 1. lk: Sanelun tunnuslukuja oikeiden vastausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	771		523		248	
Keskiarvo	13,03	0,215	13,08	0,260	12,94	0,383
95 % ka. luottamusväli, alaraja	12,61		12,57		12,18	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	13,46		13,59		13,69	
5 % leikattu keskiarvo	13,34		13,39		13,23	
Mediaani	15,00		15,00		15,00	
Varianssi	35,625		35,354		36,328	
Keskihajonta	5,969		5,946		6,027	
Minimi	0		0		0	
Maksimi	20		20		20	
Vaihteluväli	20		20		20	
Kvartiiliväli	10		10		10	
Vinous	-0,616	0,088	-0,619	0,107	-0,614	0,155
Huipukkuus	-0,922	0,176	-0,937	0,213	-0,888	0,308

Taulukko 27. 2. lk: Sanelun tunnuslukuja oikeiden vastausten määrien osalta

	Kaikki		Fyysinen		Virtuaalinen	
	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.	Arvo	S.E.
N	814					
Keskiarvo	16,99	0,131	13,03	0,159	17,48	0,224
95 % ka. luottamusväli, alaraja	16,74		12,61		17,04	
95 % ka. luottamusväli, yläraja	17,25		13,46		17,92	
5 % leikattu keskiarvo	17,48		13,34		17,94	
Mediaani	18,00		15,00		19,00	
Varianssi	13,909		35,625		11,431	
Keskihajonta	3,729		5,969		3,381	
Minimi	0		0		1	
Maksimi	20		20		20	
Vaihteluväli	20		20		19	
Kvartiiliväli	3		10		3	
Vinous	-2,089	0,086	-0,616	0,101	-2,235	0,161
Huipukkuus	4,535	0,171	-0,922	0,202	5,372	0,321

#### 5.4.2 Sanelun ja näppäimistötyyppien riippuvuuksien tarkastelu

Koska sanelun tunnuslukuja tarkastellessa havaittiin eroja fyysisten ja virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien välillä, on tärkeää tarkastaa, ovatko havaitut erot todella tilastollisesti merkittäviä, vai johtuvatko ne sattumasta.

Ristiintaulukointia varten aineistoa luokiteltiin uudestaan. Oikeiden vastausten määrät jaettiin viiteen tasaväliseen luokkaan, jotta ristiintaulukoinnin muodostamassa kontingenssitaulussa (taulukossa 28) olisi sarakkeiden ja rivien soluissa riittävästi havaintotapauksia.

Kontingenssitaulun perusteella näyttää siltä, että ensimmäisen luokan virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien oikeat vastaukset ovat jakautuneet paljon tasaisemmin eri luokkiin kuin fyysisten näppäimistöjen käyttäjien oikeiden vastausten määrät. Huomionarvoista on, että vastausluokassa " $\leq 4$ " (siis vastauksia oikein neljä tai alle) kuuluu virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjistä lähes 12 %, kun fyysisten näppäimistöjen käyttäjistä siihen kuului vain 1,5 %.

Ristiintaulukoinnin perusteella on siis havaittavissa eroja fyysisten ja virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien välillä ensimmäisen luokan kohdalla. Khiin neliö -testin perusteella (taulukossa 29) oikeiden vastausten määrä ei ole riippuvainen käytetystä näppäimistöstä, vaan havaitut erot johtuvat todennäköisesti sattumasta ( $p$ -arvo = 0,346 > 0,05).

Tarkastellaan kontingenssitaulua toisen luokan oppilaiden osalta. Taulukosta 28 havaitaan, että virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjistä noin 79 % on saanut tehtävästä oikein yli seitsemäntoista tehtävää ja fyysisten näppäimistöjen käyttäjistä noin 70 %. Virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät saivat sanelussa suhteellisesti enemmän vastauksia oikein kuin fyysisten näppäimistöjen käyttäjät. Fyysisten näppäimistöjen käyttäjät ovat kuitenkin saaneet muutoin melko paljon vastauksia oikein: toiseksi suurimpaan oikeiden vastausten luokkaan (13–16 vastausta oikein kahdestakymmenestä) kuuluu lähes 18 % havaintotapauksista.

Toisen luokan kohdalla havaittiin tunnuslukujen ja kontingenssitaulun kohdalla eroja sanelussa pärjäämisessä eri näppäimistötyypeillä. Havaitut erot ovat tilastollisesti merkittäviä, ja Khiin neliö -testit paljastavat, että sanelun oikeiden vastausten määrällä ja käytetyllä näppäimistöllä on keskinäinen riippuvuus. Havainnon osalta kannattaa huomioda, että toisen luokan kohdalla yhdessä kontingenssitaulun solussa (merkitty sinisellä) havaintomäärät olivat

alle suositellun viiden, mutta täyttivät muilta osin testin ehdot.

Taulukko 28. Alakoulu: Sanelun vastausten määrät × Näppäimistötyyppi

Määrä	1. lk			2. lk		
	Fyysinen	Virtuaalinen	Yht.	Fyysinen	Virtuaalinen	Yht.
<= 4	8	32	86	9	3	12
5 – 8	56	36	129	30	6	36
9 – 12	241	32	85	30	16	46
13 – 16	177	55	159	105	24	129
17 <=	41	93	312	412	179	591
Yht.	523	248	771	586	228	814

Taulukko 29. Alakoulu: Khiin neliö, Sanelu × Näppäimistötyyppi

	1. lk, N = 771			2. lk, N = 814		
	Arvo	df	p-arvo <sup>8</sup>	Arvo	df	p-arvo
Pearsonin $X^2$	4,469a	4	0,346	10,577a	4	0,032
Uskottavuusosamäärä	4,446	4	0,349	11,250	4	0,024

### 5.4.3 Sanelun ja näppäimistötestin korrelaation tarkastelu

Sanelun ja näppäimistötestin korrelaatioita tutkittiin Spearmanin korrelaatiokerroimen avulla. Spearmanin korrelaatiokerroin sopii aineiston välisten korrelaatioiden tarkasteluun tilanteissa, kun aineisto ei ole normaalisti jakautunutta ja parametrisia testejä (kuten Pearsonin korrelaatiokerrointa) ei voida käyttää (Nummenmaa, Holopainen ja Pulkkinen 2019, 221–227). Alakoulun Spearmanin korrelaatiotestin tulokset ovat taulukossa 30.

Spearmanin korrelaation tuloksista voidaan havaita, että sanelun tulokset korreloivat näppäimistötehtävän suoritusten kanssa. Sekä ensimmäisellä luokalla että toisella luokalla voidaan huomata, että vastausten määrä ja oikeiden vastausten määrä korreloivat sanelun oikeiden vastausten määrien kanssa merkitsevyysarvon (p-arvo) ollessa alle 0,001. Korrelaatio on

8. SPSS-ohjelmistossa *Asymp. Sig. 2-sided*



voimakkuudeltaan heikon ja kohtalaisen välissä, ja positiivista. Korjausten määrä ei korreloi sanelun tulosten kanssa.

Taulukko 30. Alakoulu: Näppäimistötehtävän ja sanelun korrelaatio

	Sanelun oikeiden vastausten määrä			
	1. lk, N = 771		2. lk, N = 814	
	S. rho <sup>9</sup>	p-arvo	S. rho	p-arvo
Vastausten määrä	0,304** <sup>10</sup>	<0,001	0,325**	<0,001
Oikeiden vastausten määrä	0,325**	<0,001	0,304**	<0,001
Korjausten määrät	0,035	0,315	0,035	0,315

10. Spearmanin rho, järjestyskorrelaatiokerroin

## 6 Johtopäätökset

Aiemmat tutkimukset osoittivat, että erilaisten näppäimistötyyppien vertaaminen ja tutkiminen ei ole uusi ilmiö, vaan sillä on jo vuosikymmenten perinteet. Fyysistä näppäimistöä ja virtuaalista näppäimistöä ei ole enää vähään aikaan vertailtu, sillä aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet fyysisen näppäimistön olevan kirjoittamiseen tehokkaampi kuin virtuaalisten näppäimistöjen. Kuitenkin virtuaalisia näppäimistöjä käytetään runsaasti, kun tablettitietokoneiden käyttö on lisääntynyt.

Virtuaalisille näppäimistöille on pyritty löytämään QWERTY-näppäimistöasettelulle vaihtoehtoja, parempaa näppäimistöasettelua. Näitä näppäimistöasetteluita on kehitetty paljon ja tutkittu runsaasti, ja vaikka tutkimuksissa olisikin löydetty parempia vaihtoehtoja, ne eivät ole juurikaan juurtuneet käyttöön. QWERTY pitää myös mobiililaittepuolella pintansa, ja osoittaa todeksi sen, mistä on HCI:n alalla pitkään keskusteltu: käyttäjät eivät siirry käyttämään uusia innovaatioita, jos vanha ratkaisu toimii riittävän hyvin, ja jos uuden tekniikan käyttöön otto on liian vaivalloista.

### 6.1 Alakoulu

Tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita käytetyn näppäimistön vaikutuksista DigiLukiseulan tehtävissä suoriutumiseen. DigiLukiseulan tehtävistä ainoastaan Sanelu-tehtävässä kirjoitetaan, joten tarkempi mielenkiinto kohdistui nimenomaan sanelu-tehtävässä suoriutumiseen.

Tutkimusta varten tehdyn näppäimistötestin avulla kerättiin tietoa oppilaiden kirjoittamisen nopeudesta, oikeellisuudesta sekä tarkkuudesta erilaisilla laitteilla. Näitä tietoja verrattiin sanelutehtävästä saatuihin tuloksiin.

#### 6.1.1 Havainnot ensimmäisestä luokasta

Tutkimuksessa havaittiin, että kirjoitusnopeutta, -oikeellisuutta ja -tarkkuutta tarkastellessa käytetyllä laitteella on vaikutusta siihen, kuinka oppilaat suoriutuvat tutkimusta varten laaditussa näppäimistötehtävässä. Fyysisten näppäimistöjen käyttäjät pärjäsivät näppäimistötestin

kaltaisessa tehtävässä hieman paremmin kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät, kun tarkastellaan kirjoitusnopeutta sekä oikeellisuutta. Kirjoittamisen tarkkuutta arvioitavissa korjausten määrän avulla ei näppäimistöjen välillä havaittu tilastollisesti merkittäviä eroja.

Ensimmäisen luokan kohdalla sanelutehtävässä havaittiin, että fyysisten näppäimistöjen käyttäjät saivat tehtävässä keskiarvoon perustuen parempia tuloksia kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät. Kuitenkin on mielenkiintoista, että havainto ei ole testien perusteella tilastollisesti merkittävä, eikä näppäimistötestissä havaitut riippuvuudet tulleet näin ollen ilmi DLS:n sanelutehtävän kohdalla. Kuitenkin näppäimistötestin vastausten ja oikeiden vastausten määrän kohdalla löydettiin tilastollisesti merkittävä korrelaatio, joskin heikohko, sanelutehtävän oikeiden vastausten määrään.

### **6.1.2 Havainnot toisesta luokasta**

Näppäimistötestillä pyrittiin mittaamaan kirjoitusnopeutta, kirjoittamisen oikeellisuutta sekä kirjoittamisen tarkkuutta. Tutkimuksessa havaittiin, että näppäimistötestin kohdalla käytetyllä laitteistolla on vaikutusta näppäimistötestin tuloksiin. Toisen luokan oppilaat pärjäsivät tehtävässä aavistuksen paremmin käyttäessään fyysistä näppäimistöä kirjoittamiseen. Testit kuitenkin osoittivat, että havainto ei ollut tilastollisesti merkittävä, vaan johtui todennäköisesti sattumasta vastausten määrän sekä oikeiden vastausten määrän osalta. Sen sijaan toisen luokan kohdalla oli korjausten määrällä ja käytetyllä näppäimistötyypillä tilastollisesti merkittävä riippuvuus: fyysisten näppäimistöjen käyttäjät korjasivat vastauksiaan näppäimistötehtävässä vähemmän kuin virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät.

DLS:n sanelutehtävän kohdalla havaittiin, että virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjät pärjäsivät sanelutehtävässä merkittävästi fyysisten näppäimistöjen käyttäjiä paremmin. Havainto paljastui tilastollisesti merkittäväksi. Sanelutehtävän tuloksia analysoitaessa havaittiin, että sanelun oikeiden vastausten määrä korreloi näppäimistötehtävän vastausten määrän ja oikeiden vastausten määrän kanssa, ja havainto on tilastollisesti merkittävä. Suhteessa korjausten määrään ei havaittu enää vastaavaa korrelaatiota.

## 6.2 Yläkoulu

LUKINO-hankkeen aineiston keruussa oli laitteiden osalta toiveena, että oppilailla olisi käytössään Chrome- tai Firefox-selain sekä kuulokkeet. Kaikki aineiston keruussa olleissa kouluissa käytettiin niitä laitteita (tietokoneita tai tabletteja) ja oheislaitteita (hiiret, näppäimistöt ja kuulokkeet), joita niillä oli saatavilla. Otoksen suhteen ei oltu erikseen varmistettu, että siihen tulisi riittävästi sekä fyysisten näppäimistön että virtuaalisten näppäimistön käyttäjiä. Näin varmistettiin, että LUKINO-hanke sai omiin tarpeisiinsa sopivat ja riittävät otokset, tiedostaen sen riskin, että tämän tutkimuksen osalta, kaikkien mukana olleiden luokka-asteiden osalta ei tarvittavaa aineistoa tulisi riittävästi. Saadusta aineistosta voidaan kuitenkin päätellä, millaisia laitteita eri luokka-asteilla todella käytetään ja millaista laitetukea ja laitesuosituksia kannattaa eri DLS-tuotteissa tarjota.

Yläkoulun 7. ja 9. luokan oppilaista valtaosa käyttää DLS:n tehtävien tekemiseen tietokoneita ja fyysisiä näppäimistöjä. Hiukan vajaasta 700 oppilaasta vain 17 käytti oman ilmoituksensa mukaan tehtävien tekemiseen tablettia – tämä tarkoittaa alle 2,5 % kaikista aineistossa mukana olevista seitsemäs- ja yhdeksäsluokkalaisista. Virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien osalta aineisto jäi liian pieneksi, jotta siitä olisi voitu tehdä luotettavia analyysejä. Vähäinen tablettien näyttö kuitenkin kuvastaa, että kouluissa tablettien ja virtuaalisten näppäimistöjen käyttö on vähäistä, ja DigiLukiseulaa käytetään pääasiassa tietokoneilla ja fyysisillä näppäimistöillä. Mikäli yläkoulun osalta halutaan tarkempaa tutkimuksellista tietoa nimeämään DigiLukiseulan toimivuudesta tablettien ja virtuaalisten näppäimistöjen kohdalla, täytyy siihen kerätä aineisto varta vasten tästä näkökulmasta.

## 6.3 Tutkimuksen puutteet ja rajoitteet

Tutkimuksen aineisto kohdistui peruskoulun kahteen ensimmäiseen luokkaan sekä yläkoulun 7. ja 9. -luokkiin. Tutkimuksen aineistosta jäi puuttumaan suurin osa peruskoulun alaluokista sekä yläkoulun 8. luokka. Aineiston rajaukseen vaikutti yhteistyö LUKINO-hankkeen kanssa, sekä hankkeen omat tarpeet aineiston suhteen. Ilman LUKINO-hanketta tämän tutkimuksen aineisto olisi varmasti jäänyt otoskooltaan suppeammaksi.

Koska otos määräytyi muiden tutkimusten tarpeiden mukaan, ei pystytty varmistamaan, että

aineistossa olisi riittävästi virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjiä kaikissa tutkituissa luokkatasoissa. Vaikka aineisto kerättiin yläkoulusta, ei aineistosta pystytty tekemään syvällisiä analyyseja virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjien vähäisyyden vuoksi. Toisaalta otos kuvaa realistisesti sitä, millaisia laitteita yläkoulussa käytetään.

Neljän vuosiluokan aineiston käsittely vaati resursseja. Tutkimuksessa olisi voinut olla perusteellisemmat ja monipuolisemmat analyysit ja tilastolliset testit, mikäli tutkimuskohde olisi rajattu tiukemmin esimerkiksi yhteen vuosiluokkaan. Tilastolliset analyysit jäivät osittain suppeiksi, ja aineistoa olisi voinut tarkastella laajemminkin.

## 6.4 Suositukset

Tutkimukseen osallistuneissa alakouluissa käytettiin runsaasti laitteita, joissa oli virtuaaliset näppäimistöt. Mikäli DLS:n laitteistosuosituksissa lähdetäisiin rajaamaan pois virtuaalisia näppäimistöjä tai fyysisiä näppäimistöjä, koulujen mahdollisuudet teettää digitaalisia luki-vaikuisseuloja kaventuisi huomattavasti. Kirjoituslaitteista johtuvat erot kohdistuvat yhteen ainoaan tehtävätyyppiin nykyisissä DLS:n tehtäväkokonaisuuksissa. Ensimmäisen luokan kohdalla erot tuloksissa ovat niin pieniä, että konkreettinen hyöty laitteistosuositusten rajaamisessa voisi olla ennemmin haitaksi. Toisen luokan kohdalla voi olla syytä tarkastella tulevaisuudessa enemmän – tämän hetkisten tulosten perusteella virtuaalisia näppäimistöjä voidaan suositella käytettäväksi ainakin toisen luokan oppilaiden kohdalla DLS:n tehtävien tekemiseen sanelitehtävän tulosten perusteella. Yläkoulun osalta virtuaalisten näppäimistöjen käyttö oli niin vähäistä, että muutokset laitteistosuosituksissa eivät välttämättä ole relevantteja.

Rajaavien laitteistosuositusten sijaan voi olla järkevää tarkastella myös ohjeistuksia, joita opettajille annetaan tulosten tulkitsemisesta. Ohjeistuksissa voisi mainita, että seulojen tulosten tulkinnassa voi kiinnittää huomiota myös käytettyihin laitteisiin. Pelkän näppäimistötyypin ohella tuloksiin voi vaikuttaa myös käytetyn näppäimistön tuttuus seulan tekijälle ja yleinen harjaantuneisuus digitaalisten välineiden käytössä.

DigiLukiseulojen ja ARVIO-palvelun kehittämisen näkökulmasta eri näppäimistöjen vaikutuksia voi olla syytä huomioida lisää tulevaisuuden hankkeissa. Koska näppäimistö voi vaikuttaa

kirjoittamisen nopeuteen, oikeellisuuteen ja tarkkuuteen, voi olla suositeltavaa välttää aikarajojen käyttämistä kirjoittamista vaativissa tehtävissä tai huomioida erilaiset laitteet esimerkiksi tehtävien tarkastuksen ja pisteyttämisen yhteydessä. Kosketusnäyttöjen runsas käyttö puoltaa tuotekehityksen näkökulmasta laitteistotuen tarjoamista jatkossakin tableteille ja muille kosketusnäyttöisille laitteille. Tarkempaa tuotekehitystä ajatellen suositellaan, että jatkossa laitekyselyissä tiedusteltaisiin oppilailta myös käytettyä näppäimistöä. Näin NMI:n käyttöön kertyisi tietoa käytetyistä näppäimistöistä kaikilta luokkatasoilta.

## **6.5 Jatkotutkimusaiheet**

Tämä pro gradu -tutkielma jätti jälkeensä vielä runsaasti tutkittavaa näppäimistöjen vaikutuksista kirjoittamiseen ja DLS:jen tehtävissä suoriutumiseen. Aineistosta jäivät puuttumaan kokonaan peruskoulun 3.–6. ja 8. luokat sekä toisen asteen opiskelijat, joten tutkimusta voisi täydentää tutkimalla puuttumaan jääneitä ikäryhmiä. Lisäksi 7. ja 9. luokan osalta aineistossa ei ollut mukana riittävästi virtuaalisten näppäimistöjen käyttäjiä. Jatkotutkimuksissa otoksen suunnittelussa olisi hyvä ottaa huomioon kattavasti erilaiset näppäimistötyypit, jotta aineistoa tulee riittävästi analyysija varten.

Tutkimuksessa ei juurikaan otettu kantaa laitteiston tuttuuden vaikutuksiin kirjoittamisessa. Aiemmat tutkimukset antoivat olettaa (esim. Mackenzie, Zhang ja Soukoreff 1999), että kokemuksella laitteiston käytössä voi olla suuriakin vaikutuksia kirjoittamisessa. Koska DLS kattaa koko peruskoulun, voisi olla mahdollista tarkastella koulutaipaleen ajalta pitkäikäistutkimuksena, kuinka erilaisten näppäimistöjen käyttöön harjaantuu vuosien varrella, ja millaisia vaikutuksia sillä voi olla DLS:n tehtävissä suoriutumiseen.

Tässä tutkimuksessa ei lähdetty myöskään vertailemaan kosketusnäyttöjen käyttäjien ja muiden laitteiden käyttäjien eroja muissa DLS:n tehtävissä kuin sanelutehtävässä. Vaikka Shenouda Khalil (2020) tutki osoitinlaitteiden vaikutuksia DLS:ssa suoriutumisessa, tutkimuksessa ei huomioitu kosketusnäyttöjä. Kosketusnäyttöjen lisääntynyt käyttö voisi kannustaa tarkastelemaan myös osoitinlaitteiden vaikutusta uudelleen.

Leivan ja muiden (2015) tutkimuksessa havaittiin näyttökokojen vaikutus mobiililaitteissa kirjoittamiseen. Vaikka tutkimus koskikin ennen kaikkea puettavia laitteita, ei ole mahdo-

tonta, etteikö laitteiston koolla voisi olla merkitystä myöskin tablettien kokoluokassa. Tällä hetkellä DLS:n tablettituki koskee ainoastaan IPadeja. Kouluilla ja lapsilla voi olla käytössä paljon muitakin tabletteja. Eri laitteistovalmistajilla tableteissa voi olla hyvinkin erikokoisia näyttöjä, joten voisi olla mielenkiintoista tarkastella myös erilaisten näyttökokojen vaikutuksia kirjoittamiseen DLS:n näkökulmasta.

## 7 Yhteenveto

Tutkielman tavoitteena oli tuottaa NMI:lle tietoa erilaisten näppäimistöjen vaikutuksista DLS:n tehtävissä suoriutumiseen ja tehtävien tuloksiin erityisesti sanelutehtävän osalta. Päämääränä oli saada tietoa, jonka perusteella voitaisiin tehdä suosituksia DLS:n tekemiseen käytettävistä laitteista, ja selvittää, onko DLS:n kohdalla tarpeen rajoittaa tabletteja tai muita kosketusnäytöllisiä laitteita.

Aineisto kerättiin LUKINO-hankkeen yhteydessä keväällä 2023 normiaineistojen keruun ohella. Aineistossa on mukana yli 2200 oppilasta neljältä eri peruskoulun vuosiluokalta.

Tutkimuksessa havaittiin, että käytetyllä näppäimistöllä voi olla vaikutuksia kirjoittamiseen ja sitä myötä kirjoittamista vaativien tehtävien tuloksiin. Erot näkyvät selvemmin toisen luokan oppilaiden kohdalla. Tulokset vaikuttavat siltä, että niiden pohjalta ei kannata tehdä ainakaan erilaisia näppäimistöjä rajaavia laitteistosuosituksia. Varsinkaan, jos riskinä on, että seuloja jätettäisiin enemmän teettämättä oppilaille sopivien laitteiden puuttuessa. Toisen luokan oppilaiden sanelun tulosten perusteella voidaan jopa suositella käyttämään virtuaalisia näppäimistöjä tehtävien tekemisessä, vaikka tehtävien normit onkin laadittu fyysisille näppäimistöille.



## Lähteet

Abai, Francis. 2019. “The history of the computer keyboard”, 3. kesäkuuta 2019. Viitattu 12. toukokuuta 2023. <https://www.kasacomputersng.com/the-history-of-the-computer-keyboard/>.

Ahonen, Timo, Mikko Aro, Tuija Aro, Marja-Kristiina Lerkkanen ja Tiina Siiskonen. 2020. “Kehityksen yksilöllisyyden ymmärtäminen ja oppimisvaikeudet”. Luku 14 teoksessa *Oppimisen vaikeudet*, 2. painos, toimittanut Timo Ahonen, Mikko Aro, Tuija Aro, Marja-Kristiina Lerkkanen ja Tiina Siiskonen, s. 22–39. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.

Aro, Mikko, ja Marja-Kristiina Lerkkanen. 2020. “Lukutaidon kehitys ja lukemisvaikeudet”. Luku 13 teoksessa *Oppimisen vaikeudet*, 2. painos, toimittanut Timo Ahonen, Mikko Aro, Tuija Aro, Marja-Kristiina Lerkkanen ja Tiina Siiskonen, s. 252–289. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.

Bellis, Mary. 2020. “The history of the computer keyboard.”, 13. tammikuuta 2020. Viitattu 1. toukokuuta 2023. <https://www.thoughtco.com/history-of-the-computer-keyboard-1991402>.

Brozovsky, Jiri. 2012. “HP 95LX”. Kuva julkaistu Creative Commons Attribution-Share 2.0 Generic -lisenssin alaisena. 4. maaliskuuta 2012. Viitattu 7. toukokuuta 2023. <https://www.flickr.com/photos/7958754@N03/6951938837%7D>.

Cairns, Paul, ja Anna L. Cox. 2008. “Using statistics in usability research”. Luku 6 teoksessa *Research Methods for Human-Computer Interaction*, toimittanut Paul Cairns ja Anna L. Cox. New York: Cambridge University Press.

Card, Stuart K., Thomas P. Moran ja Allen Newell. 1983. *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

CDW. 2022. “Types of Computer Keyboards: A Complete Guide”. CDW. CDW Research Hub, 14. heinäkuuta 2022. Viitattu 7. toukokuuta 2023. <https://www.cdw.com/content/cdw/en/articles/hardware/types-of-keyboards.html>.

“Chi-Square Test for Association: Interpret all statistics for Chi-Square Test for Association”. 2024. Minitab LLC. Viitattu 17. toukokuuta 2024. <https://support.minitab.com/en-us/minitab/help-and-how-to/statistics/tables/how-to/chi-square-test-for-association/interpret-the-results/all-statistics/>.

Cockburn, Andy, Carl Gutwin ja Saul Greenberg. 2007. “A predictive model of menu performance”. Teoksessa *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, s. 627–636. CHI '07. San Jose, California, USA: Association for Computing Machinery. ISBN: 9781595935939. <https://doi.org/10.1145/1240624.1240723>. <https://doi.org/10.1145/1240624.1240723>.

Cox, Anna L., ja David Peebles. 2008. “Cognitive modelling in HCI reseach”. Luku 4 teoksessa *Research Methods for Human-Computer Interaction*, toimittanut Paul Cairns ja Anna L. Cox. New York: Cambridge University Press.

Faleel, Shariff AM, Yishuo Liu, Roya A Cody, Bradley Rey, Linghao Du, Jiangyue Yu, Da-Yuan Huang, Pourang Irani ja Wei Li. 2023. “T-Force: Exploring the Use of Typing Force for Three State Virtual Keyboards”. Teoksessa *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '23. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. ISBN: 9781450394215. <https://doi.org/10.1145/3544548.3580915>. <https://doi.org/10.1145/3544548.3580915>.

Hautala, Jarkko, Maria Niskakoski, Jari Westerholm ja Juha-Matti Latvala. 2023. *Niilo Mäki Instituutin DigiLukiseulan luki-indeksi: Toisen asteen aloittavien opiskelijoiden perusluku- ja oikeinkirjoitustaitojen kehitys vuosina 2019-2022*. Tekninen raportti. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti, syyskuu. Viitattu 14. toukokuuta 2024. <https://www.nmi.fi/wp-content/uploads/2023/10/DLS-raportti.pdf>.

Heikkilä, Riikka. LUKINO-hanke, vastaava tutkija. Henkilökohtainen tiedonanto Teamsissä 30.5.2023. Niilo Mäki Instituutti.

Heikkilä, Riikka, ja Pirita Korpivaara. 2022a. “LUKINO: Lukemisen, oikeinkirjoittamisen ja nimeämisen arviointi”. Niilo Mäki Instituutti. Viitattu 2. toukokuuta 2024. <https://www.nmi.fi/lukino/>.

Heikkilä, Riikka, ja Pirita Korpivaara. 2022b. “LUKINO-hanke etsii 1–2 luokan opettajia ja erityisopettajia mukaan arviointivälineiden kehittämiseen”. Niilo Mäki Instituutti, 1. joulukuuta 2022. Viitattu 2. maaliskuuta 2023. <https://www.nmi.fi/2022/12/01/lukino-hanke-etsii-1-2-luokan-opettajia-arviointivalineiden-kehittamiseen/>.

———. 2022c. “LUKINO-hanke etsii yläkoulun opettajia ja erityisopettajia mukaan arviointivälineiden kehittämiseen”. Niilo Mäki Instituutti, 1. joulukuuta 2022. Viitattu 28. helmikuuta 2023. <https://www.nmi.fi/2022/12/01/lukino-hanke-etsii-ylakoulun-opettajia-arviointivalineiden-kehittamiseen/>.

———. 2022d. “LUKINO-hanke etsii yläkoulun opettajia ja erityisopettajia mukaan arviointivälineiden kehittämiseen”. Niilo Mäki Instituutti, 1. joulukuuta 2022. Viitattu 28. helmikuuta 2023. <https://www.nmi.fi/2022/12/01/lukino-hanke-etsii-ylakoulun-opettajia-arviointivalineiden-kehittamiseen/>.

———. 2024. “Lisätietoa LUKINO-hankkeesta”. Niilo Mäki Instituutti. Tiedote. Viitattu 12. toukokuuta 2024. <https://www.nmi.fi/lukino/lisatietoa-lukino-hankkeesta/>.

Heikkilä, Riikka, Pirita Korpivaara, Annastiina Kettunen, Kiril Shenouda-Khalil, Enni Stylman, Jari Westerholm, Jarkko Hautala ym. 2024. “AKI - Alakoulun DigiLukiseula: Luku- ja kirjoitustaidon sähköiset tuen tarpeen tunnistamisen välineet luokille 1–6”. Niilo Mäki Instituutti. Sähköinen käsikirja. Viitattu 15. toukokuuta 2024. <https://digilukiseula.nmi.fi/alakoulun-digilukiseula/>.

Heikkilä, Riikka, Pirita Korpivaara ja Maria Niskakoski. 2023. “DigiLukiseulassa yhdistyvät tutkimustieto ja käyttäjälähtöisyys”. *Oppimisen ja oppimisvaikeuksien erityislehti* 33 (3): s. 66–76.

Heikkilä, Tarja. 2010. “Tilastollinen tutkimus”. Teoksessa *Tilastollinen tutkimus*, 7.–8. painos. Helsinki: Edita.

Hiltunen, Jenna, Arto Ahonen, Ninja Hienonen, Heli Kauppinen, Jenni Kotila, Piia Lehtola, Kaisa Leino ym. 2023. “PISA 2022 ensituloksia”. Julkaisu on päivitetty 20.12.2023, *Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja* 2023:49 (5. joulukuuta 2023). Viitattu 12. tammi-kuuta 2024. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-949-3>.

- Holopainen, Leena, Leila Kairaluoma, Jukka Nevala, Timo Ahonen ja Mikko Aro. 2004. *Lukivaikeuksien seulontamenetelmä nuorille ja aikuisille*. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Holopainen, Martti, ja Pekka Pulkkinen. 2012. *Tilastolliset menetelmät*. 5.–7. uud. painos. Helsinki: Sanoma Pro.
- Hung, Yat-Sang, Sarena Yang, Stephanie Vance ja Neung Eun Kang. 2011. “Mobile QWERTY User Research”. Teoksessa *Design, User Experience, and Usability. Theory, Methods, Tools and Practice*, toimittanut Aaron Marcus, s. 583–592. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-642-21675-6.
- Isokoski, Poika. 2011. “Syöttölaitteet”. Luku 8. Teoksessa *Ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus*, toimittanut Antti Oulasvirta ja Pertti Saariluoma, s. 172–191. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.
- Karvala, Kreetta. 2023. “Näin Suomen kouluhme romahti – Lohduttomat Pisa-tulokset julki”, 5. joulukuuta 2023. Viitattu 13. tammikuuta 2024. <https://www.iltalehti.fi/kotimaa/a/87522d88-ff99-4430-b20f-3a6953eabde4>.
- Kim, Jeong Ho, Lovenoor Aulck, Michael C. Bartha, Christy A. Harper ja Peter W. Johnson. 2014. “Differences in typing forces, muscle activity, comfort, and typing performance among virtual, notebook, and desktop keyboards”. *Applied Ergonomics* 45 (6): s. 1406–1413. ISSN: 0003-6870. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.04.001>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000368701400043X>.
- Korhonen, Tapio. 2004. “Lukemis- ja kirjoittamisvaikeudet”. Teoksessa *Oppimisvaikeudet: Neuropsykologinen Näkökulma*. 2.–3. painos, toimittanut Heikki Lyytinen, Timo Ahonen, Tapio Korhonen, Marit Korkman ja Tytti Riita, s. 127–189. Helsinki: WSOY.
- Korpivaara, Pirita. 2023a. LUKINO-hanke, projektisuunnittelija. Henkilökohtainen tiedonanto Teamsissä 29.5.2023. Niilo Mäki Instituutti, 29. toukokuuta 2023.
- . 2023b. LUKINO-hanke, projektisuunnittelija. Henkilökohtainen tiedonanto Teamsissä 31.5.2023. Niilo Mäki Instituutti, 31. toukokuuta 2023.

Leiva, Luis A., Alireza Sahami, Alejandro Catala, Niels Henze ja Albrecht Schmidt. 2015. "Text Entry on Tiny QWERTY Soft Keyboards". Teoksessa *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, s. 669–678. CHI '15. Seoul, Republic of Korea: Association for Computing Machinery. ISBN: 9781450331456. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702388>. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702388>.

Lerkkanen, Marja-Kristiina, Kenneth Eklund, Heidi Löytynoja, Mikko Aro ja Anna-Maija Poikkeus. 2018. *YKÄ: Luku- ja kirjoitustaidon arviointimenetelmä yläkouluun*. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.

Mackenzie, I. Scott, Shawn X. Zhang ja R. William Soukoreff. 1999. "Text entry using soft keyboards". *Behaviour & Information Technology* 18 (4): s. 235–244. <https://doi.org/10.1080/014492999118995>. <https://doi.org/10.1080/014492999118995>.

Marttinen, Marja, Timo Ahonen, Tuija Aro ja Tiina Siiskonen. 2004. "Kielen kehityksen erityisvaikeus". Luku 1 teoksessa *Sanat Sekaisin?: Kielelliset Oppimisvaikeudet Ja Opetus Kouluiässä*. 3. tark. painos, toimittanut Tiina Siiskonen, Tuija Aro ja Timo Ahonen, s. 19–32. Jyväskylä: PS-kustannus, Niilo Mäki Instituutti, Haukkarannan koulu.

MichkaB. 2011. "United States Qwerty". Kuva julkaistu Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International, 3.0 Unported, 2.5 Generic, 2.0 Generic ja 1.0 Generic -lisenssien alaisena, sekä GNU Free Documentation Licence 1.2 -lisenssin alaisena. 19. tammikuuta 2011. Viitattu 4. toukokuuta 2023. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KB\\_USA-standard.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KB_USA-standard.svg).

Nelson, R. A., ja K. M. Lovitt. 1963. "History Of Teletype Development", lokakuu. Viitattu 4. toukokuuta 2023. [https://web.archive.org/web/20201105231651/http://www.thocp.net/hardware/history\\_of\\_teletype\\_development\\_.htm](https://web.archive.org/web/20201105231651/http://www.thocp.net/hardware/history_of_teletype_development_.htm).

Niilo Mäki -säätio. 2021. "Niilo Mäki -säätio sr, Vuosikertomus 2020", 16. huhtikuuta 2021. Viitattu 3. toukokuuta 2024. <https://www.nmi.fi/niilo-maki-instituutti/vuosikertomukset/>.

———. 2023. "Niilo Mäki -säätio sr, Vuosikertomus 2022", 25. huhtikuuta 2023. Viitattu 3. toukokuuta 2024. <https://www.nmi.fi/niilo-maki-instituutti/vuosikertomukset/>.

Niilo Mäki Instituutti. 2022a. “Lukeminen”. Viitattu 29. marraskuuta 2022. <https://www.nmi.fi/niilo-maki-instituutti/tietoa-oppimisesta-ja-oppimisvaikeuksista/lukeminen/>.

———. 2022b. “Tietoa oppimisesta ja oppimisvaikeuksista”. Viitattu 19. marraskuuta 2022. <https://www.nmi.fi/niilo-maki-instituutti/tietoa-oppimisesta-ja-oppimisvaikeuksista/>.

———. 2022c. “Yhteystiedot”. Viitattu 29. marraskuuta 2022. <https://www.nmi.fi/yhteystiedot/>.

———. 2023a. “Alakoulun DigiLukiseula luokille 1–2”. Niilo Mäki Instituutti. Uutiset, 22. maaliskuuta 2023. Viitattu 28. maaliskuuta 2023. <https://www.nmi.fi/2023/03/22/alakoulun-digilukiseula-luokille-1-2/>.

———. n.d. “Niilo Mäki Instituutti”. Kansalliskirjasto. Viitattu 10. tammikuuta 2023. [https://kansalliskirjasto.finna.fi/AuthorityRecord/melinda.\(FI-ASTERI-N\)000010866](https://kansalliskirjasto.finna.fi/AuthorityRecord/melinda.(FI-ASTERI-N)000010866).

———. 2024a. “Niilo Mäki -säätiö”. Viitattu 3. toukokuuta 2024. <https://www.nmi.fi/hallinto/>.

———. 2024b. “Siirry testialustalle”. Niilo Mäki Instituutti. Viitattu 15. toukokuuta 2024. <https://digilukiseula.nmi.fi/siirry-testialustalle/>.

Niskakoski, Maria, ja Sami Määttä. 2022. “Yläkoulun DigiLukiseula on julkaistu! Lukemisen ja kirjoittamisen vaikeuksien tunnistaminen tärkeää myös yläkouluun siirryttäessä”. Niilo Mäki Instituutti, 4. heinäkuuta 2022. Viitattu 12. toukokuuta 2024. <https://www.nmi.fi/2021/09/21/lukemisen-ja-kirjoittamisen-vaikeuksien-tunnistaminen-tarkeaa-myo-ylakouluun-siirryttaessa/>.

Niskakoski (ent. Paananen), Maria, Sami Määttä, Pirita Korpivaara ja Jari Westerholm. 2022. “Yläkoulun DigiLukiseula. Yläkoulun DigiLukiseulan käsikirja.” Niilo Mäki Instituutti, 4. heinäkuuta 2022. Viitattu 22. tammikuuta 2023. <https://digilukiseula.nmi.fi/ylakoulun-digilukiseula/>.

Niskakoski (ent.Paananen), Maria, Sami Määttä ja Pirita Korpivaara. 2021. “Lukemisen ja kirjoittamisen vaikeuksien tunnistaminen tärkeää myös yläkouluun siirryttäessä”. Niilo Mäki Instituutti. Uutiset, Lehdistötiedote, 21. syyskuuta 2021. Viitattu 28. maaliskuuta 2023. <https://www.nmi.fi/2021/09/21/lukemisen-ja-kirjoittamisen-vaikeuksien-tunnistaminen-tarkeaa-myos-ylakouluun-siirryttaessa/>.

Nummenmaa, Lauri, Martti Holopainen ja Pekka Pulkkinen. 2019. “Tilastollisten menetelmien perusteet”. Teoksessa *ilastollisten menetelmien perusteet*, 1.–5. painos. Helsinki: Sanoma Pro.

Opetus- ja kulttuuriministeriö. 2019. “PISA 18 ensituloksia”. *Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja* 2019:40 (3. joulukuuta 2019). Viitattu 2. tammikuuta 2023. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161922>.

Optikos. 2010. “KB United States Dvorak”. Kuva julkaistu Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported -lisenssin alaisena, sekä GNU Free Documentation Licence 1.2 -lisenssin alaisena. 10. helmikuuta 2010. Viitattu 5. toukokuuta 2023. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KB\\_DSKtypewriter.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KB_DSKtypewriter.svg).

Oulasvirta, Antti. 2011. “Mitä on ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus?” Luku 1. Teoksessa *Ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus*, toimittanut Antti Oulasvirta ja Pertti Saariluoma, s. 13–42. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.

Paananen, Maria. 2020. “DigiLukiseula tehostaa arviointia”. Niilo Mäki Instituutti. Uutiset, Niilo Mäki Instituutin uutiskirje, 27. helmikuuta 2020. Viitattu 28. maaliskuuta 2023. <https://www.nmi.fi/2020/02/27/digilukiseula-tehostaa-arviointia/>.

Paananen, Maria, Hanna Pöyliö, Sami Määttä, Kenneth Eklund, Matti Kinnunen, Jari Westerholm ja Leena Holopainen. 2024. “DigiLukiseula nuorille ja aikuisille: Luku- ja kirjoitustaidon sähköiset tuen tarpeen tunnistamisen välineet luokille 1–6”. Niilo Mäki Instituutti. Sähköinen käsikirja. Viitattu 9. toukokuuta 2024. <https://digilukiseula.nmi.fi/digilukiseula/>.

Paananen, Veera. 2023. “Pisa-tulokset heikkenivät jälleen, ministeriö luokitteli tilanteen ”erittäin huolestuttavaksi””, 5. joulukuuta 2023. Viitattu 13. tammikuuta 2024. <https://www.hs.fi/politiikka/art-2000010034948.html>.

Raymangold22. 2014. "An early IBM Model M manufactured in 1986 with the 'square badge' logo." Kuva julkaistu Creative Commons CC0 1.0 Universal Public Domain -lisenssin alaisena. 20. joulukuuta 2014. Viitattu 8. toukokuuta 2023. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBM\\_Model\\_M.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBM_Model_M.png).

Rogers, Yvonne, Helen Sharp, Jenny Preece ja Jennifer Preece. 2011. *Interaction Design: Beyond Human-computer Interaction*. 3rd ed. Chichester: Wiley.

Rosati, Luca. 2013. "How to design interfaces for choice: Hick-Hyman law and classification for information architecture". Teoksessa *Classification and visualization: interfaces to knowledge: proceedings of the International UDC Seminar*, s. 125–138. The Hague, The Netherlands: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1240624.1240723>. <https://doi.org/10.1145/1240624.1240723>.

Saariluoma, Pertti, Tuomo Kujala ja Sari Kuuva. 2010. *Ihminen Ja Teknologia: Hyvän Vuorovaikutuksen Suunnittelu*. Helsinki: Teknologiateollisuus.

Savolainen, Hannu. 2014. "Kasautuneet oppimisvaikeudet toisen asteen opintojen sujumisen selittäjänä". Luku 3.2 teoksessa *Laaja-alaiset oppimisvaikeudet, 2.*, toimittanut Vesa Närhi, Heikki Seppälä ja Pekka Kuikka, s. 136–144. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.

Seow, Steven C. 2005. "Information Theoretic Models of HCI: A Comparison of the Hick-Hyman Law and Fitts' Law". *Human-Computer Interaction* 20:s. 315–352. Viitattu 16. toukokuuta 2024. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:14436546>.

Seppälä, Heikki. 2014. "Oppimisvaikeudet ja syrjäytymisen uhkakuvat". Luku 1.1 teoksessa *Laaja-alaiset oppimisvaikeudet, 2.*, toimittanut Vesa Närhi, Heikki Seppälä ja Pekka Kuikka, s. 14–26. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.

Seppälä, Silja-Riikka. 2023. "Suomalaisnuorten menestys Pisa-kokeissa laski kaikissa aineissa – OAJ: "Voi kutsua romahdukseksi"", 5. joulukuuta 2023. Viitattu 13. tammikuuta 2024. <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/pisa-tutkimuksen-tulokset-julki-suomalaisnuorten-menestys-jatkaa-heikkenemistaan/8833160#gs.3m32nw>.



Shenouda Khalil, Kiril. 2020. “Osoitinlaitteen valinta saattaa olla merkittävä tekijä kognitiivisen testin suunnittelussa ja siinä suoriutumisessa”. Tutkielma, Jyväskylän yliopisto, syyskuu.

Siiskonen, Tiina, Mikko Aro ja Leena Holopainen. 2004. “Lukeminen ja kirjoittaminen”. Luku 3 teoksessa *Sanat Sekaisin?: Kielelliset Oppimisvaikeudet Ja Opetus Kouluiässä*. 3. tark. painos, toimittanut Tiina Siiskonen, Tuija Aro ja Timo Ahonen, s. 58–80. Jyväskylä: PS-kustannus, Niilo Mäki Instituutti, Haukkarannan koulu.

Skbkekas. 2010. “Exponential”. Kuva julkaistu Creative Commons Attribution 3.0 Unported -lisenssin alaisena, 18. helmikuuta 2010. Viitattu 16. toukokuuta 2024. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Exponential\\_pdf.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Exponential_pdf.svg).

Smith-Atakan, Serengul. 2006. *Human-Computer Interaction*. London: Thomson Learning.

St Andrews, University of. 2013. “Thumbs up for faster texting”. University of St Andrews. Press release, 24. huhtikuuta 2013. Viitattu 13. toukokuuta 2023. <https://news.st-andrews.ac.uk/archive/thumbs-up-for-faster-texting/>.

Taanila, Aki. 2011. “Ristiintaulukointi ja khiin neliö -testi”. Päivitetty 17.4.2019, 14. lokakuuta 2011. Viitattu 11. toukokuuta 2024. <https://tilastoapu.wordpress.com/2011/10/14/6-ristiintaulukointi-ja-khiin-nelio-testi/>.

Terävä, Hanna. 2023. “Suomen Pisa-menestys romahti: lukutaidossa suurempi muutos kuin koskaan aiemmin”, 5. joulukuuta 2023. Viitattu 13. tammikuuta 2024. <https://yle.fi/a/74-20063393>.

Tilastokeskus. 2002. *Laatua tilastoissa*. Käsikirjoja 43. Helsinki: Tilastokeskus.

“Typing Through Time: Keyboard History”. 2009. Das Keyboard Blog. Kuva julkaistu Creative Commons Attribution-Share 2.0 Generic lisenssin alaisena. 8. joulukuuta 2009. Viitattu 7. toukokuuta 2023. <https://www.daskeyboard.com/blog/typing-through-time-the-history-of-the-keyboard/>.

Waddington, Chris T., Scott MacKenzie, Janet C. Read ja Matthew Horton. 2017. “The OPTI keyboard layout”. Artikkelissa Comparing a Scanning Ambiguous Keyboard to the On-screen QWERTY Keyboard. 1. heinäkuuta 2017. Viitattu 7. toukokuuta 2023. [https://www.researchgate.net/figure/The-OPTI-keyboard-layout\\_fig1\\_323669076](https://www.researchgate.net/figure/The-OPTI-keyboard-layout_fig1_323669076).

Valli, Raine. 2015. “Johdatus tilastolliseen tutkimukseen”. Teoksessa *Tilastollinen tutkimus*, 2. uud. painos. Jyväskylä: PS-kustannus.

Wiggins, Richard H. III. 2004. “Personal digital assistants”. *Journal of digital imaging* 17 (17. maaliskuuta 2004): s. 5–17. Viitattu 7. toukokuuta 2023. <https://doi.org/10.1007/s10278-003-1665-8>.

Williams, Malcolm, Richard D. Wiggins ja Paul W. Vogt. 2021. *Beginning Quantitative Research*. London: SAGE.

Yi, Xin, Chen Liang, Haozhan Chen, Jiuxu Song, Chun Yu, Hewu Li ja Yuanchun Shi. 2023. “From 2D to 3D: Facilitating Single-Finger Mid-Air Typing on QWERTY Keyboards with Probabilistic Touch Modeling”. *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.* (New York, NY, USA) 7, numero 1 (maaliskuu). <https://doi.org/10.1145/3580829>. <https://doi.org/10.1145/3580829>.

YLE. 2023. “PISA 2022: Performance in Finland collapses, but remains above average”, 5. joulukuuta 2023. Viitattu 13. tammikuuta 2024. <https://yle.fi/a/74-20063678>.



# Liitteet

## A Sanalista

merkkejä/ järjestys	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	dm	spn	kohp	hvihm	jndsni	ulnrtdn	rorjddti	lrrvonyjj	jtiujajlhp	iymdrhmpkla
2	vo	ius	uokd	addae	istjoo	ktmuynn	ksdmtlei	turnhntka	novkhdnsej	ppnhdmopiav
3	ra	sdu	rsuv	atmmd	onarph	ptssjha	ympdtopu	emmulmhvl	rodtuvsidi	snuuoyoinho
4	vl	mml	nent	dhshh	itkmoh	dvkdjht	jsliirmt	ssuasrake	smthvkkudm	atohmljmhdp
5	oa	ltk	lpyk	ypoma	nuadks	sedopt	dtpateiu	imoyjlslm	tyeyalnamp	yinejittjue
6	ym	kpo	uper	yyinm	jirtln	iyppsdm	lluojyno	isjstaiiv	ikyevnlkyp	vjlrlrlolrj
7	ys	rve	ikmj	ilnha	etirdv	vsronu	lhanojlh	nmhatsepr	piiaeljsel	tpeevnesrvk
8	eu	yhe	koui	khaho	nmsmih	hmnvyiv	rjumsyhr	kdmpplkam	jlnlovtmvk	apduuijhoao
9	kd	esj	yarv	aylij	vkpsu	hshvesi	jtdokdyh	snmkditsr	sneliyrrjh	sudiidlidhy
10	vi	epd	rodh	itkrp	suenyh	ijpijy	krmshhj	komvaviup	trdahsnopp	umkvoialkvs
11	in	oys	eyte	ustes	oordpu	jpepaho	ujjpeuel	etvdndsvn	krstvatjth	yiydaeerrop
12	po	ppp	jmia	mjsnh	devdyu	asstsea	njlpyykn	oisniolhs	phijjhjhym	llvhosnorjn
13	ry	eld	djtt	jooti	edodud	mahorsn	yytlmuyp	oajdpsprl	opokiinlme	ayknkpsmumu
14	lp	mrp	adis	yislo	anylye	pdjivnk	krejuelr	pynklopyh	ljirrijdpna	kslinjdhlac
15	ri	aaj	rdod	krynt	opoika	hdtuljk	opsdpyos	epjjapero	yomnhlhrku	uptylkiyrlu

## B DigiLukiseulan eteneminen ja tehtävät (kuvat)

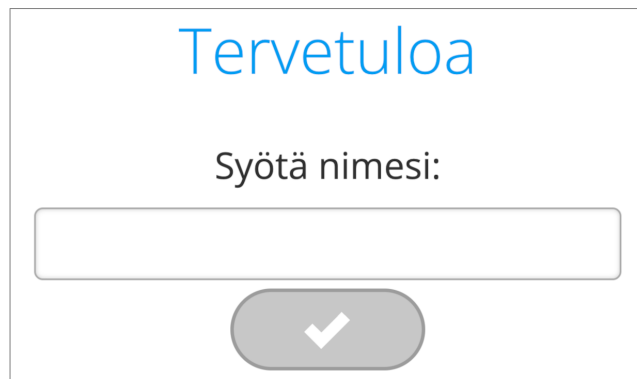


Arvio

Syötä saamasi tunnus-avain

Aloita

Kuvio 47. Oppilas kirjautuu järjestelmään annetulla tunnusavaimella, esimerkin tunnustiedot eivät ole käytössä



Tervetuloa

Syötä nimesi:

✓

Kuvio 48. Oppilas syöttää oman nimensä ennen tehtävän aloittamista

# Oikeinkirjoitus - Sanelu

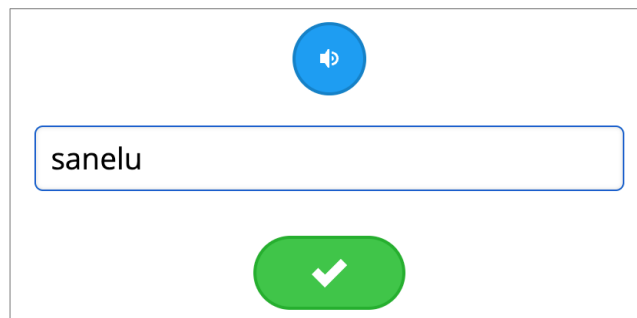
Tässä tehtävässä kirjoitetaan sanoja.

Kuulet kuulokkeista sanoja yksi kerrallaan. Kuuntele tarkasti ja kirjoita sana huolellisesti. Kuulet jokaisen sanan ensin kaksi kertaa. Jos haluat kuunnella sanan uudelleen, paina sinistä painiketta.

Tässä tehtävässä ei ole aikarajaa. Saat siis käyttää sen verran aikaa, kuin tarvitset. Jos huomaat, että tuli virhe, voit korjata sen.



Kuvio 49. Ohjesivu ennen sanelun tehtävien aloittamista



Kuvio 50. Sanelutehtävässä kirjoitetaan oikeita ja keksittyjä sanoja



Kuvio 51. Luksu eli lukusujuustehtävä

## Hetkiä kuvissa

Otin kuvan lastenrattaissa istuvasta taaperosta, kun hän työnsi sadesuojan rakosesta kätensä kaatosateeseen ja kiljui riemusta. Otin kuvan Suomenlinnaan lähtevästä lautasta, ser...  
 töllistelevistä turisteista ja lokeista, jotka [redacted] lautan peräaallokossa. Ikuistin tyt...  
 [redacted] he kävelivät käsi kädessä kaupungilla leveästi hymyillen. He olivat sokeita ku... idän  
 valkoiset [redacted] viuhuivat puolelta toiselle tarkalleen samaan tahtiin.

▼  
 vaunussa  
 kannella  
 kopissa  
 tarakalla


Tekstin sanomaa tiivistävä virke: Kuviin haluttiin ikuistaa [redacted] ympäristön tapahtumia.


Nadja Sumanen



Kuvio 52. Luetun ymmärtäminen on toteutettu aukkotehtävänä

$2 + 4 = 5$





Kuvio 53. Matsu eli laskusujuvuus

VO

VO

Kuvio 54. Näppis-näppäimistötestistä kirjoitetaan näytöllä näkyviä kirjainyhdistelmiä

# Taustatieto

- 

## Sukupuoli. Olen..

- tyttö
- poika
- muu
- en halua sanoa

## Kotikieli tai -kielet (voit valita useita)

- suomi
- ruotsi
- saame
- muu kieli

Kuvio 55. Taustatietokysely



# Laitteet

- 

## 1. Mitä laitetta käytit tehtävien tekemiseen?

- Käytin pöytätietokonetta tai kannettavaa tietokonetta.
- Käytin tablettia.

## 2. Millä välineellä teit valinnat tehtävissä?

- Käytin hiirtä, joka on tietokoneen ulkopuolella.
- Käytin kannettavassa tietokoneessa kiinni olevaa levyä/laattaa.
- Tein tehtävät kosketusnäytöllä.
- En osaa sanoa tai käytin jotain muuta.

## 3. Käytätkö yleensä samanlaista hiirtä tai välinettä kuin nyt käytit?

- Kyllä
- En
- En osaa sanoa

## 4. Millaista näppäimistöä käytit tehtävässä?

- Käytin näppäimistöä, joka on tietokoneen ulkopuolella.
- Käytin kannettavan tietokoneen omaa näppäimistöä.
- Käytin tabletin kanssa erillistä näppäimistöä.
- Käytin tabletin kosketusnäytön digitaalista näppäimistöä.

## 5. Käytätkö yleensä samanlaista näppäimistöä tai välinettä kuin nyt käytit?

- Kyllä
- En
- En osaa sanoa

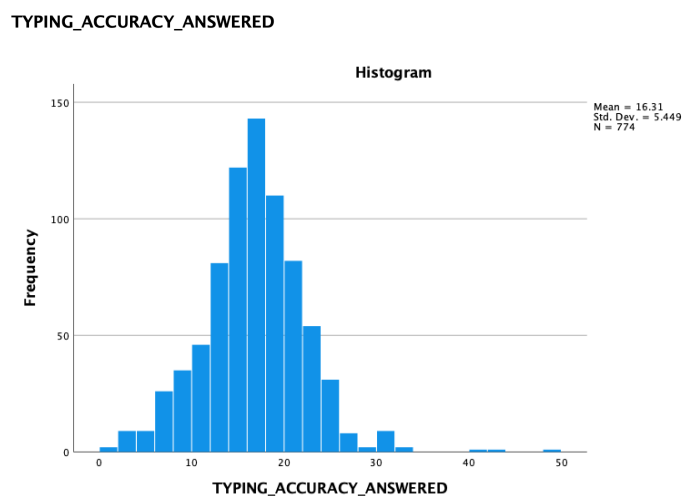
Kuvio 56. Laitekysely

## C Poikkeavien havaintojen tarkastelu ja käsittely

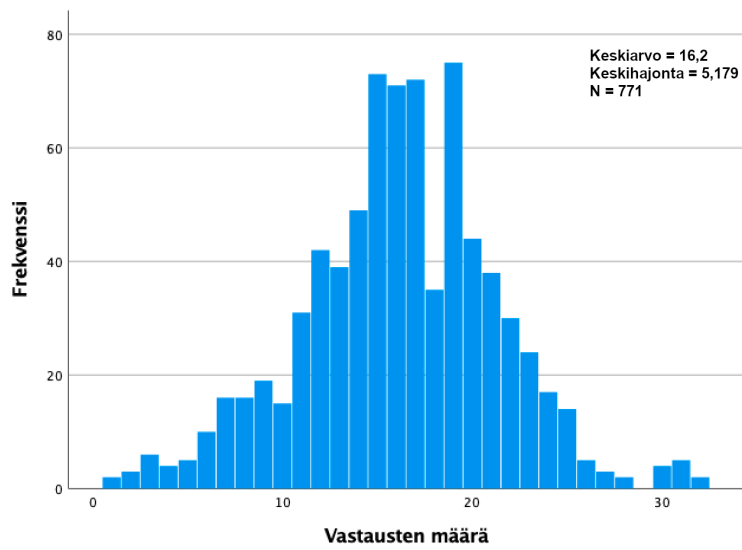
### C.1 Ensimmäinen luokan poikkeamien tarkastelu ja käsittely

Kuviossa 57 tarkastellaan ensimmäisen luokan oppilaiden tekemän näppäimistötehtävän osalta sitä, kuinka monta tehtävää oppilas sai tehtyä 2 minuutin aikarajan sisällä. Silmämääräisesti tarkasteltuna kuvaajasta on havaittavissa pienempiin lukuihin painottuvaa kellokuvaajaa, joskin suurempien vastausarvojen osalta kuviossa on nähtävissä pidempää häntää, joka aiheutuu muutamasta poikkeavasta vastaajasta.

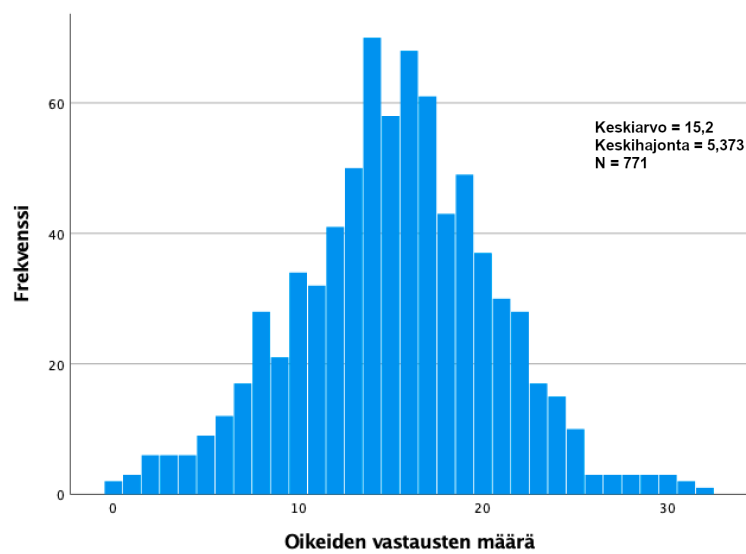
Vastausten määrien kohdalla havaittuja poikkeamia näkyi myös oikeiden vastausten määrissä. Tarkemmin tarkasteltuna näyttää siltä, että muutama vastaaja vastasi määrällisesti moneen tehtävään oikein. Tämä herätti epäilyksen siitä, että vastaajat saattoivat olla opettajia tai tutkijoita, joten vastaukset päätettiin poistaa aineistosta ( $N = 771$ ). Kuviossa 58 on esitetty vastausten määrät poikkeavien havaintojen poistamisen jälkeen. Kuviossa 59 on esitetty oikeiden vastausten määrät poikkeavien havaintojen poistamisen jälkeen.



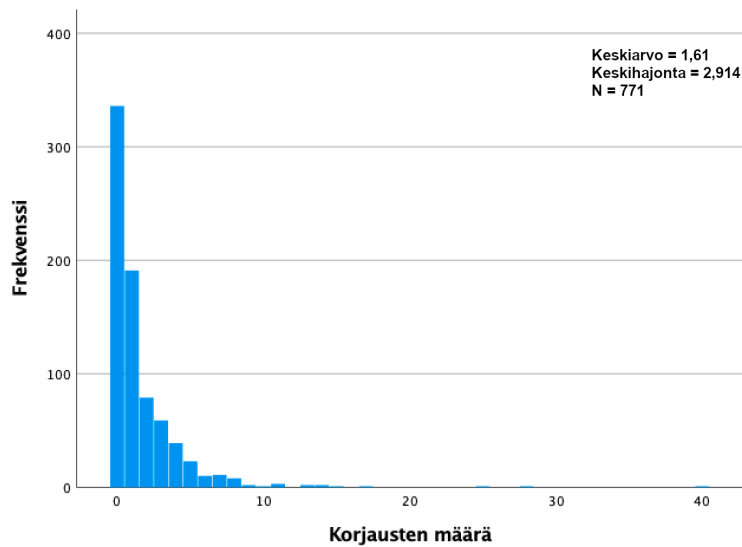
Kuvio 57. Ensimmäisen luokan vastausten määrän jakautuminen ennen poikkeamien poistamista ( $N = 774$ )



Kuvio 58. Vastausten määrän jakautuminen poikkeamien poistamisen jälkeen (N = 771)



Kuvio 59. Oikeiden vastausten määrän jakautuminen poikkeamien poistamisen jälkeen (N = 771)



Kuvio 60. Korjausten määrän jakautuminen poikkeamien poistamisen jälkeen (N = 771)

## C.2 Toisen luokan poikkeamien tarkastelu ja käsittely

Kuviossa 61 tarkastellaan toisen luokan oppilaiden tekemän näppäimistötehtävän osalta sitä, kuinka monta tehtävää oppilas sai tehtyä 2 minuutin aikarajan sisällä. Silmämääräisesti tarkasteltuna kuvaajasta on havaittavissa muusta joukosta poikkeavia havaintoarvoja sekä jakauman pienemmästä että suuremmasta päästä.

Kuviossa 62 on kuvattu vastaavasti toisen luokan oppilaiden oikeiden vastausten määrän jakautumista. Aivan kuten vastausten määrien kohdalla aiemmassa kuvassa (kuvio 61), myös oikeiden vastausten kohdalla on havaittavissa muusta jakaumasta irrallaan olevia, mahdollisesti poikkeavia havaintoja, jotka vaativat tarkempaa tarkastelua.

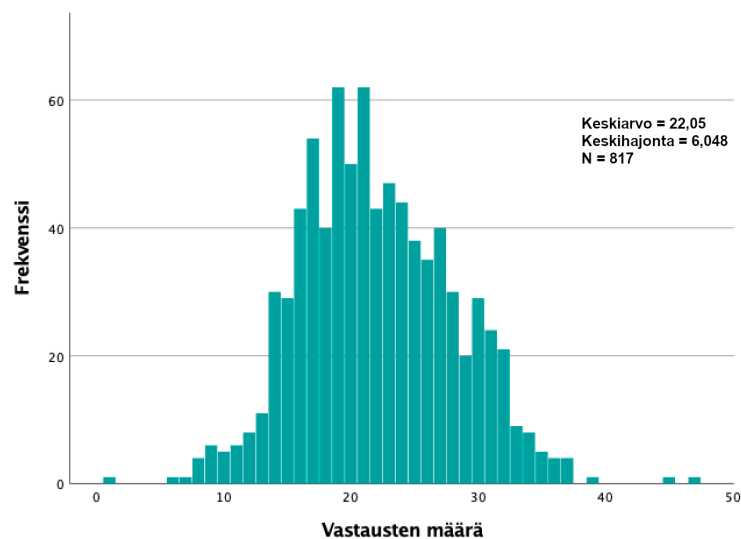
Ennen päätöstä muusta joukosta poikkeavien havaintojen poistamisesta, tarkasteltiin vielä korjausten määrän jakautumista toisen luokan oppilaiden keskuudessa (kuvio 63). Vastavalla tavalla myös korjausten määrissä oli nähtävissä kuvion häntäpäässä muusta joukosta irrallaan olevia arvoja.

Lähempi aineiston tarkastelu poikkeavien arvojen kohdilla herätti epäilyksen, että poikkeavat arvot saattoivat johtua mahdollisista opettajakäyttäjistä tai tutkijoista. Niinpä aineistosta poistettiin vain 3 riviä dataa perustuen pääasiassa poikkeaviin arvoihin vastausten määrissä.

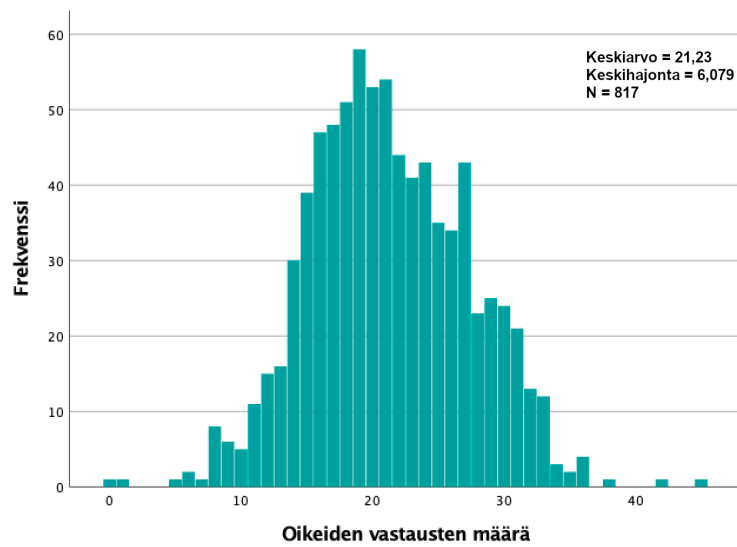
Poikkeavien havaintotapausten poiston jälkeen toisen luokan oppilaita jäi aineistoon vielä (n =) 814.

Kuviossa 64 on esitetty vastausten määrän jakautuminen sen jälkeen, kun poikkeavan oloiset tapaukset on poistettu aineistosta. Vaikka tapaukset päätettiin poistaa pääasiassa vastausten määrien perusteella, muutos on huomattavissa myös oikeiden vastausten määrien kuvauksissa – kuviossa 65 ei näy niin merkittävästi muusta joukosta poikkeavia havaintoja, mitä oli ennen poikkeavien arvojen poistoa havaittavissa kuviossa 62.

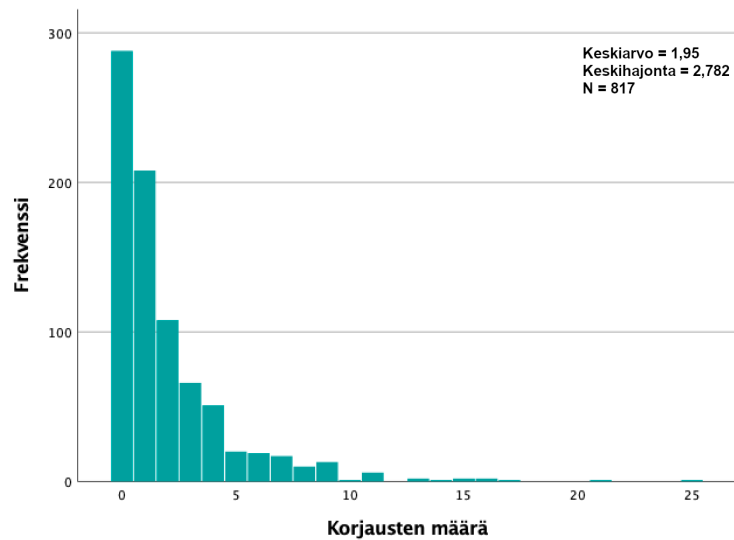
Muutaman havainnon poistamisella ei vaikuttanut olleen suurta vaikutusta toisen luokan oppilaiden korjausten määrien jakautumiseen (kuviossa 66). Aineiston tarkempi tarkastelu näiden havaintojen osalta ei aiheuttanut epäilyä siitä, että kyseessä ei voisi todella olla tehtävään vakavasti suhtautunut oppilas, joten havainnot päätettiin jättää osaksi aineistoa.



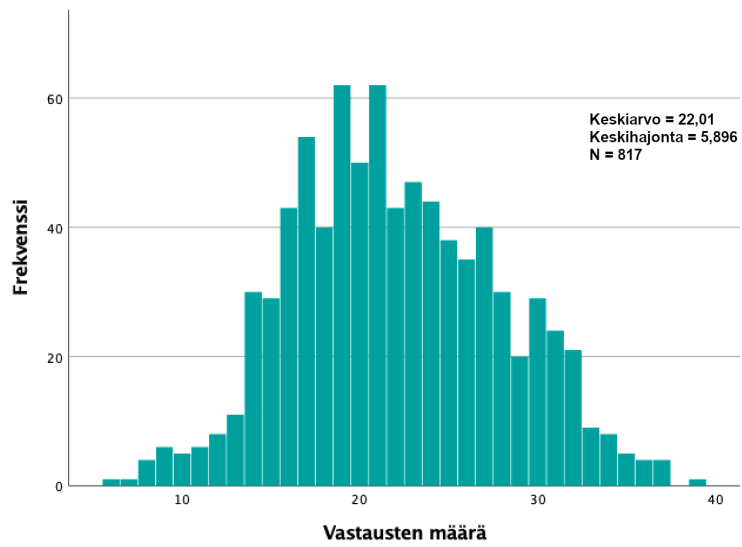
Kuvio 61. 2. luokan vastausten määrän jakautuminen ennen poikkeamien poistamista (N = 817)



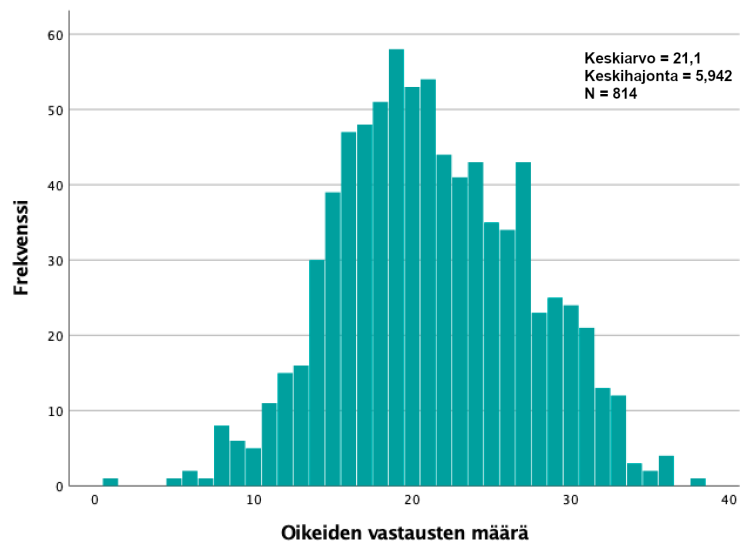
Kuvio 62. 2. luokan oikeiden vastausten määrän jakautuminen ennen poikkeavien havaintojen poistamista (N = 817)



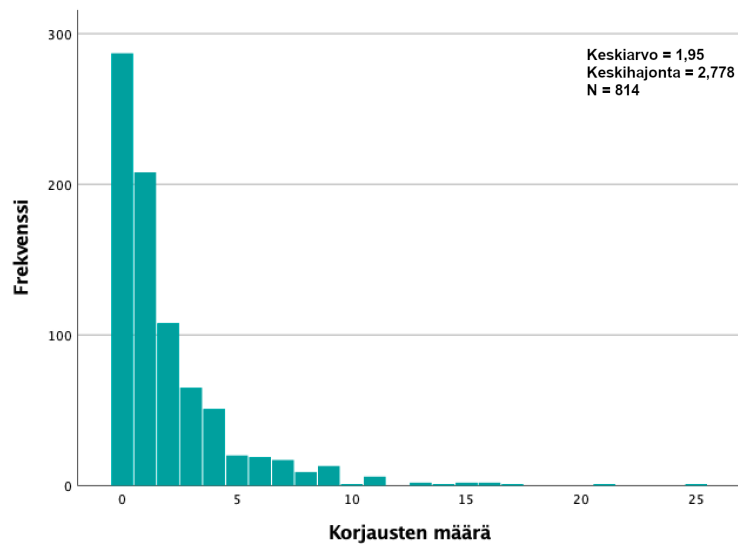
Kuvio 63. 2. luokan korjausten määrän jakautuminen ennen poikkeavien havaintojen poistamista (N = 817)



Kuvio 64. 2. luokan vastausten määrän jakautuminen poikkeamien poistamisen jälkeen (N = 814)



Kuvio 65. 2. luokan oikeiden vastausten määrän jakautuminen poikkeamien poistamisen jälkeen (N = 814)



Kuvio 66. 2. luokan korjausten määrän jakautuminen poikkeamien poistamisen jälkeen (N = 814)

### C.3 Seitsemännen luokan poikkeamien tarkastelu ja käsittely

Seitsemännen luokan aineiston jakautumista on kuvattu kuviossa 67 vastausten määrien osalta. Muusta jakaumasta poikkeavia havaintoja on huomattavissa sekä jakauman ala- että yläpäässä. Kyseisten havaintojen lähempi tarkastelu sai kuitenkin vakuuttuneeksi siitä, että kyseiset poikkeavan olaiset arvot olisivat todellisia oppilaiden yrityksiä. Poikkeavan olaiset havainnot voivat osittain johtua pienemmästä otoksesta (N = 383), jolloin osaan vastausten määrien arvoista ei välttämättä ole tullut yhtään havaintoa. Pelkästään vastausten määrien perusteella tällaisia poikkeavia havaintoja ei poistettu seitsemännen luokan aineistosta.

Vastausten määrän ohella tarkasteltiin myös oikeiden vastausten määrää. Kuviossa 68 pistää erityisesti silmään yksi havaintopiste oikeiden vastausten määrän alaosassa. Havaintopisteen ja aineiston lähempi tarkastelu osoitti, että kyseisessä tapauksessa samalla oppilaalla oli paitsi vähän vastauksia (16) myös todella vähän oikeita vastauksien joukossa (4). Lähemmässä tarkastelussa huomattiin, että kyseinen oppilas oli kirjoittanut lähes kaikki merkkijonot väärin päin. Tämä viittaisi siihen, että oppilas ei ollut tehnyt testiä tosissaan, ja kyseisen oppilaan aineisto päätettiin poistaa aineistosta. Samalla tarkasteltiin myös seuraavia kahta muusta jakaumasta irrallaan olevaa pientä pylvästä sekä niiden aineistoa, eikä havaintoaineistossa



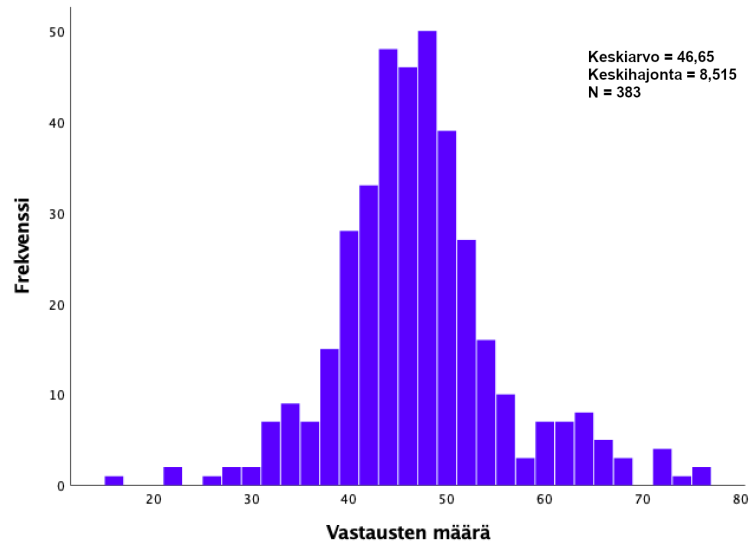
huomattu mitään poikkeavaa tai epäilyttävää laadullisesti näiden oppilaiden vastausten osalta.

Viimeisenä ennen epäilyttävien havaintojen poistamista aineistosta tarkasteltiin vielä kuviota 69, jossa esitetään korjausten määrän jakautumista seitsemännen luokan oppilaiden joukossa. Jakauman vasemmalla puolella on suhteellisen vähän havaintoja eikä juurikaan hantää ollakseen normaalijakauma, kun taas jakauman oikea puoli pitkän häntänsä kanssa muistuttaa todella paljon laskevaa eksponenttijakaumaa silmämääräisesti arvioituna. Lähemmin jakauman hännän suuria arvoja ja niiden aineistoa tarkastellessa päätettiin, että korjausten määrän perusteella havaintoja ei ole tarpeen poistaa aineistosta.

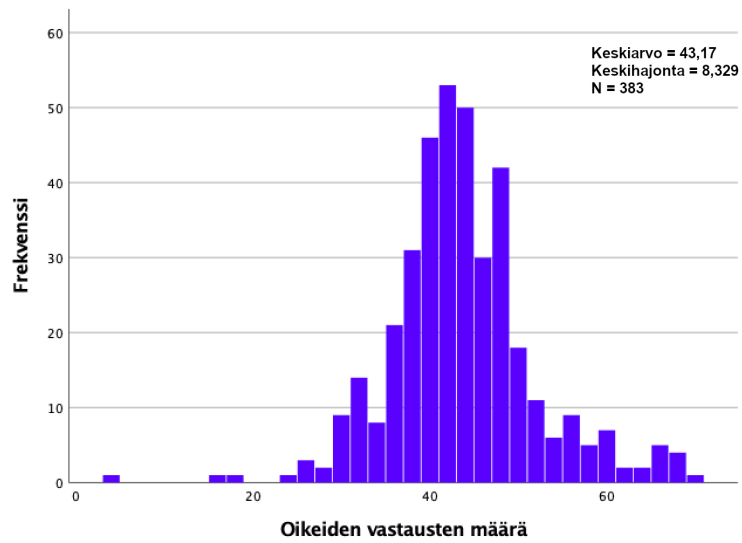
Pienuksen otoksen vuoksi muusta havaintojoukosta poikkeavia havaintoja poistettiin aineistosta hyvin maltillisesti – vain yksi ääritapaus, joka lähemmässä tarkastelussa osoittautui vielä opettajan testitapaukseksi. Kuten seuraavista pylväsdiagrammeista on havaittavissa, poistamisen vaikutukset toisen luokan oppilaiden vastausten, oikeiden vastausten sekä korjausten määrien jakautumiseen olivat hyvin hillittyjä. Kuviota 70 ja aiempaa kuviota 67 vertaillen voidaan todeta, että muutos on vähäinen.

Jos vastausten määrien jakaumia vertaillen ero aiempaan oli pieni, oikeiden vastausten määrien jakaumia vertaillen ero aiempaan on jo suurempi. Aineiston pienin havaintotapaus kallisti koko jakaumaan huomattavasti vasemmalle päin. Sen poistaminen jälkeen jakauma vaikuttaa jokseenkin symmetrisemmältä (kuvio 71).

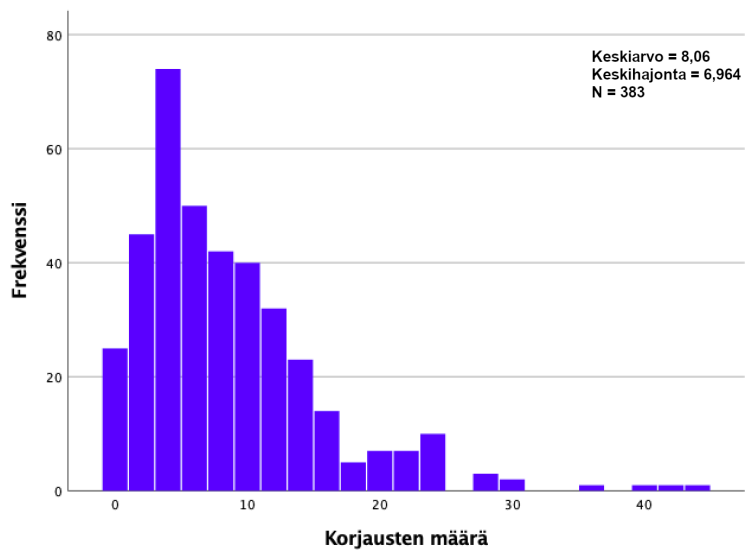
Poikkeavan havainnon poistamisella aineistosta ei vaikuta olleen suurta vaikutusta korjausten määrän jakautumiseen. Poistamisen jälkeen jakauma on yhä poikkeava (kuvio 72), eikä muistuta silmämääräisesti tarkasteltuna normaalijakaumaa tai eksponenttijakaumaa (toisin kuin alempien luokkien aineistojen kohdilla). Yksi mahdollinen syy poikkeavan näköisessä jakaumassa voi olla alempia luokkatasoja pienempi otoskoko. Muita mahdollisia taustasyitä ei myöskään pystytä välttämättä sulkemaan tässä vaiheessa tarkastelua pois. Vaikka kuvajassa on havaittavissa vielä joitain poikkeavia havaintoja etenkin isommissa korjausmäärissä (yli 40 korjausta), ääriarvot päätettiin jättää aineistoon mukaan. Havaintojen lähempi tarkastelu ei antanut selvää syytä poistaa tapauksia aineistosta.



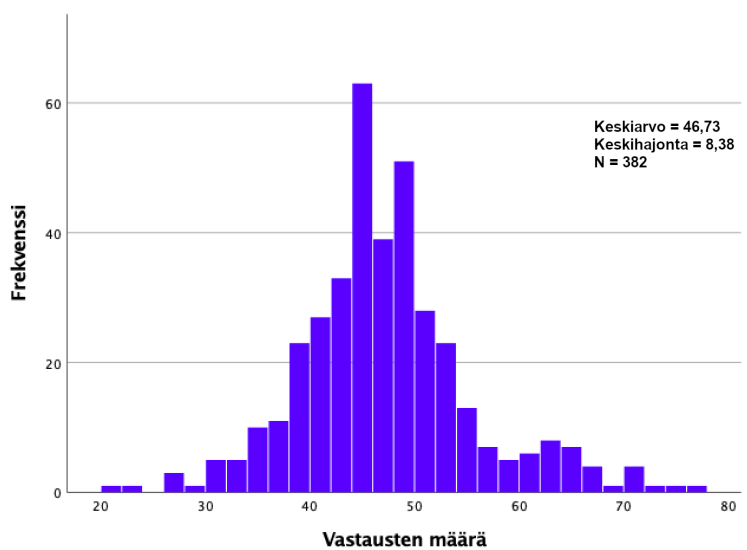
Kuvio 67. 7. luokan vastausten määrän jakautuminen ennen poikkeamien poistamista (N = 383)



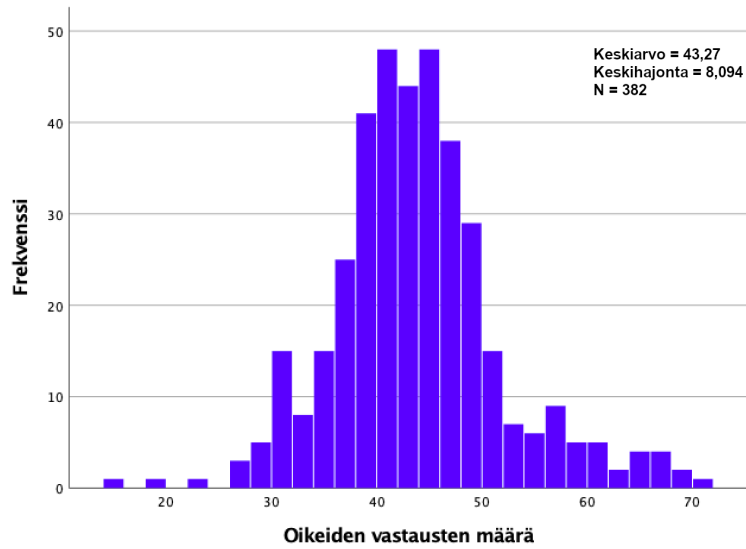
Kuvio 68. 7. luokan oikeiden vastausten määrän jakautuminen ennen poikkeamien poistamista (N = 383)



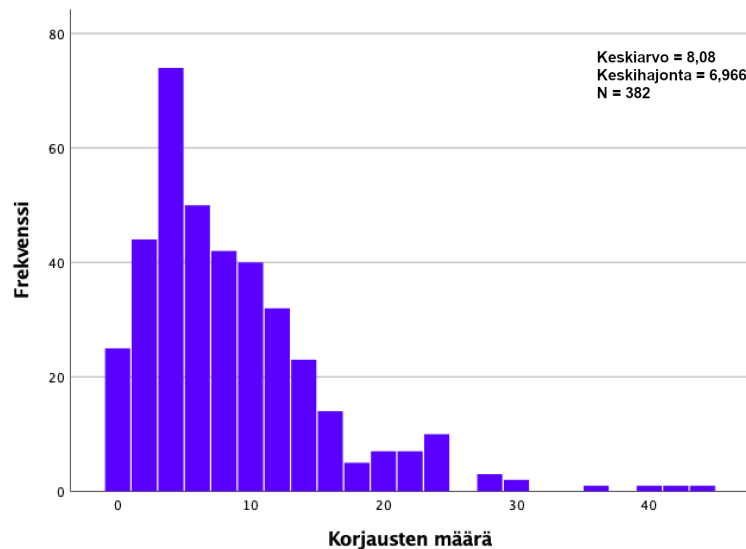
Kuvio 69. 7. luokan korjausten määrän jakautuminen ennen poikkeamien poistamista (N = 383)



Kuvio 70. 7. luokan vastausten määrän jakautuminen poikkeamien poiston jälkeen (N = 382)



Kuvio 71. 7. luokan korjausten määrän jakautuminen poikkeamien poiston jälkeen (N = 382)



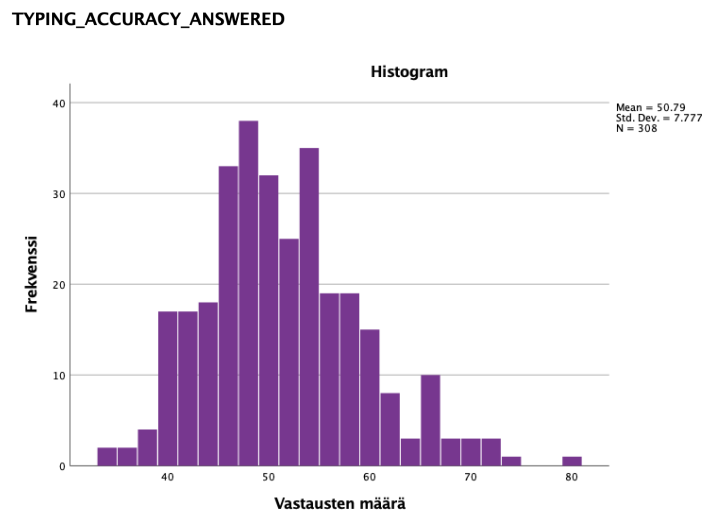
Kuvio 72. 7. luokan korjausten määrän jakautuminen poikkeaminen poiston jälkeen (N = 382)

#### C.4 Yhdeksännen luokan poikkeamien tarkastelu ja käsittely

Kuviossa 73 tarkastellaan vastausten määrän jakautumista yhdeksännen luokan oppilaiden kesken. Pylväskuvaajasta on havaittavissa yksi havaintotapaus, joka erottuu muista havain-

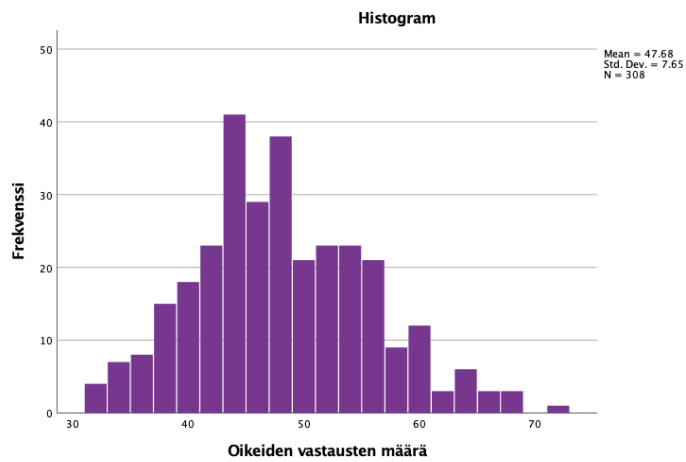
noista. Sama havainto erottuu muista havainnoista myös oikeiden vastausten määrien yhteydessä kuviossa 74. Havaintotapauksen lähempi tarkastelu osoitti, että vastaaja oli kuitenkin oikea, kohderyhmään kuuluva oppilas. Tällä perusteella havainto jätettiin mukaan aineistoon. Yksittäisen, hyvin pärjänneen oppilaan erottuminen muusta joukosta voi johtua myös siitä, että yhdeksännen luokan aineisto on suhteellisen pieni (n. 308).

Yhdeksännen luokan korjausten määrää tarkastellessa pylväskuvaajasta (kuvio 75) ei erotu erityisen selkeitä, muista havainnoista poikkeavia havaintoarvoja. Korjausten määrän jakautuminen vastaajien kesken ei anna selkeästi ymmärtää, että joukossa voisi olla vielä opettajien tai tutkijoiden aiheuttamia poikkeustapauksia. Yhdeksännen luokan aineistosta ei poistettu yhtään poikkeavaa havaintotapausta.



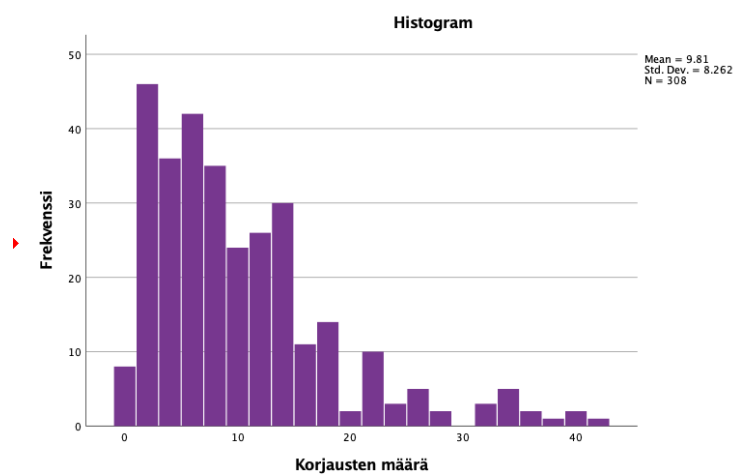
Kuvio 73. 9. luokan vastausten määrän jakautuminen ennen poikkeamien poistamista (N = 308)

TYPING\_ACCURACY\_CORRECT



Kuvio 74. 9. luokan oikeiden vastausten määrän jakautuminen ennen poikkeamien poistamista (N = 308)

CORRECTIONS\_SUM



Kuvio 75. 9. luokan korjausten määrän jakautuminen ennen poikkeamien poistamista (N = 308)

## D Yksityiskohtaisemmat tiedot tehtävien tekemiseen käytetyistä näppäimistöistä

Taulukko 31. Yksityiskohtaisemmat tiedot tehtävien tekemiseen käytetyistä näppäimistöistä 1.–2. luokkien osalta

Näppäimistö	1. lk		2. lk	
	Lkm	%	Lkm	%
Kannettavan tietokoneen näppäimistö	421	54,6 %	453	55,7 %
Erillinen näppäimistö tietokoneen kanssa	40	5,2 %	59	7,2 %
Erillinen näppäimistö tabletin kanssa	62	8,0 %	74	9,1 %
Tabletin kosketusnäyttö	248	32,2 %	228	28,0 %
Yhteensä	771	100,0 %	814	100,0 %

Taulukko 32. Yksityiskohtaisemmat tiedot tehtävien tekemiseen käytetyistä näppäimistöistä 7. ja 9. luokan osalta

Näppäimistö	7. lk		9. lk	
	Lkm	%	Lkm	%
Kannettavan tietokoneen näppäimistö	305	79,8 %	247	80,2 %
Erillinen näppäimistö tietokoneen kanssa	65	17,0 %	59	19,2 %
Erillinen näppäimistö tabletin kanssa	2	0,5 %	0	0,0 %
Tabletin kosketusnäyttö	10	2,6 %	2	0,6 %
Yhteensä	382	100,0 %	308	100,0 %

Taulukko 33. 1. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen ristiintaulukointi

Näppäimistö / Käytetty laite	Kannettavan tietokoneen näppäimistö	Tietokoneen ulkopuolinen näppäimistö	Tabletin kanssa erillinen näppäimistö	Tabletin kosketusnäyttö	Yht.
Tietokone	399	36	0	3	438
Tabletti	22	4	62	245	333
Yhteensä	421	40	62	248	771

Taulukko 34. 1. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen vertailu

	Fyysinen	Virtuaalinen	Yhteensä
Tietokone	435	3	438
Tabletti	88	245	333
Yhteensä	523	248	771

Taulukko 35. 2. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen ristiintaulukointi, yksityiskoht.

Näppäimistö / Käytetty laite	Kannettavan tietokoneen näppäimistö	Tietokoneen ulkopuolinen näppäimistö	Tabletin kanssa erillinen näppäimistö	Tabletin kosketusnäyttö	Yht.
Tietokone	436	55	2	1	494
Tabletti	17	4	72	227	320
Yhteensä	453	59	74	228	814

Taulukko 36. 2. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen vertailu

	Fyysinen	Virtuaalinen	Yhteensä
Tietokone	493	1	494
Tabletti	93	227	320
Yhteensä	586	228	814



Taulukko 37. 7. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen ristiintaulukointi

Näppäimistö / Käytetty laite	Kannettavan tietokoneen näppäimistö	Tietokoneen ulkopuolinen näppäimistö	Tabletin kanssa erillinen näppäimistö	Tabletin kosketusnäyttö	Yht.
Tietokone	303	64	1	0	368
Tabletti	2	1	1	10	14
Yhteensä	305	65	2	10	382

Taulukko 38. 7. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen vertailu

	Fyysinen	Virtuaalinen	Yhteensä
Tietokone	368	0	368
Tabletti	4	10	14
Yhteensä	372	10	382

Taulukko 39. 9. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen ristiintaulukointi

Näppäimistö / Käytetty laite	Kannettavan tietokoneen näppäimistö	Tietokoneen ulkopuolinen näppäimistö	Tabletin kanssa erillinen näppäimistö	Tabletin kosketusnäyttö	Yht.
Tietokone	246	58	0	1	305
Tabletti	1	1	0	1	3
Yhteensä	247	59	0	2	308

Taulukko 40. 9. lk: Käytettyjen laitteiden ja näppäimistöjen vertailu

	Fyysinen	Virtuaalinen	Yhteensä
Tietokone	304	1	305
Tabletti	2	1	3
Yhteensä	306	2	308