

TARTU ÜLIKOOL  
Arvutiteaduse instituut  
Informaatika õppekava

Rio Schults

Lauaarvuti komplekteerimine  
kodukasutajale jõudlustestide tulemuste  
põhjal

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja: Benson K. Muite, D.Phil.

Tartu 2017

## **Lauaarvuti komplekteerimine kodukasutajale jõudluste tulemuste põhjal**

### **Lühikokkuvõte:**

Käesoleva töö eesmärgiks on anda praktilisi teadmisi lauaarvuti komponentide valimisest, komplekteerimisest ning ostmisest neile, kes plaanivad endale soetada lauaarvuti. Töö teoreetilises osas antakse lühike ülevaade arvuti struktuurist komponentide tasemel, kus piiritletakse täpsemalt, mida uuritakse, ja kirjeldatakse, mis rakendused on jõudlustestid. Praktiline osa töös on erinevate jõudlustestide uurimine: mida iga valitud jõudlustest endast kujutab, mida peaks see teistest paremini tegema, valideeritakse nende õigsust reaalseid testsüsteeme kasutades ja tuuakse hinnang nende väärtusest kasutajale. Valideeritud jõudlustestide ning tulemusi kasutatakse erinevatel eesmärkidel nagu: kas osta eelkomplekteeritud või komponentidena arvutit, kas seda soetada jae-kaubanduskettidest või spetsialiseerunud firmadest, kas osta komponente välismaalt või Eestist. Lõpetuseks kirjeldatakse jõudlustestide tulemuste ja turuuringust, kuidas kasutada jõudlustestide arvutikomponentide valikul, millistele komponentidele peaks rõhku panema ning kuidas üldisemalt soetada endale kõige kiiret, võimsat ja eelarve kohast lauaarvutit, mida oleks võimalik kasutada kõikideks otstarveteks.

### **Võtmesõnad:**

jõudlustestid, lauaarvuti komponendid, komplekteerimine, kasutajate teadlikkus

**CERCS:** P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine.

## **Comparison of benchmarks for aiding home users in computer purchases**

### **Abstract:**

In this work, a methodology for selecting computer components for use in a home desktop computing is developed. The theoretical part in the work gives a brief overview of the structure of the system in the component level, where more detailed approach is given and what is evaluated, and what are benchmarking tests. The practical part of the work is studying various benchmarking tests: what is each and every benchmarking test selected in this work about, how is one better than the other. Benchmarking tests are validated by set of test machines used in this work and how are these valuable for

user. Validated results are used for various purposes such as: is it more valuable to buy prebuilt computer or customizing it by purchasing individual components, whether is it better to acquire it from general electronics retail chains or from specialized computer stores, whether to buy components from abroad or from Estonia. Benchmarking tests and component prices are used to determine the best components to use in a fast and powerful budget desktop computer for general purpose use..

**Keywords:**

benchmarks, computer components, computer assembly, user knowledge

**CERCS:P170** Computer science, numerical analysis, systems, control

# Sisukord

<b>1</b>	<b>Sissejuhatus</b>	<b>6</b>
1.1	Eesmärk . . . . .	6
1.2	Töö struktuur . . . . .	7
1.3	Piiritlus . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Mõisted ja termid</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Arvuti struktuur komponentide tasemel</b>	<b>10</b>
3.1	Arvuti komponentidest . . . . .	10
3.2	GPU . . . . .	12
3.3	CPU . . . . .	14
<b>4</b>	<b>Jõudlustestid</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Jõudlustestide ülevaade. Praktiline osa</b>	<b>19</b>
5.1	3DMark: Fire Strike . . . . .	21
5.1.1	Tulemused: . . . . .	22
5.1.2	Osakokkuvõte . . . . .	24
5.2	PCMark 8: Creative 8 . . . . .	25
5.2.1	Tulemused: . . . . .	27
5.2.2	Osa kokkuvõte: . . . . .	30
5.3	Cinebench R15 . . . . .	31
5.3.1	Tulemused: . . . . .	31
5.3.2	Osa kokkuvõte: . . . . .	34
5.4	Heaven . . . . .	34
5.4.1	Tulemused: . . . . .	35
5.4.2	Osa kokkuvõte: . . . . .	36
5.5	Geekbench 4.04 . . . . .	36
5.5.1	Tulemused: . . . . .	37
5.5.2	Osa kokkuvõte: . . . . .	38
5.6	Userbenchmark . . . . .	38
5.6.1	Tulemused: . . . . .	39

5.6.2	Ose kokkuvõte: . . . . .	41
5.7	Passmark benchmark 9 . . . . .	42
5.7.1	Tulemused: . . . . .	42
5.7.2	Osa kokkuvõte . . . . .	44
5.8	Ülikooli arvutiklassi arvuti . . . . .	45
5.9	Praktilise osa kokkuvõte . . . . .	47
<b>6</b>	<b>Ülevaatlik turuuuring</b>	<b>49</b>
6.1	Jaekaubanduskettide võrdlus spetsialiseerunud esindustega . . . . .	49
6.2	Komponentide hindade võrdlus Eesti ja välismaa veebipoodide vahel. . . . .	51
6.3	CPU-de ja GPU-de väärtuse hindamine . . . . .	53
<b>7</b>	<b>Arvuti komplekteerimine</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>Kokkuvõte</b>	<b>59</b>
	<b>Viited</b>	<b>61</b>
	<b>Lisad</b>	<b>72</b>
I.	Koostöö . . . . .	72
II.	Tunnustus . . . . .	73
III.	Litsents . . . . .	74

# 1 Sissejuhatus

Paljud meist, kes on seotud infotehnoloogiaga, on vähemalt kord elus sattunud olukorda, kus mõni tuttav on palunud abi lauaarvuti komplekteerimisel, seda kas jõu või nõu näol. Kuna paljusid komponente ei ole võimalik enam valida puhtalt spetsifikatsioonide põhjal [1], erinevaid tootjaid igale erinevale komponendile on palju, on komponentide valimine osaliselt õnnemäng. Paremaks ei muuda asjaolu, et eesti keeles guugeldades „Kuidas osta arvutit“ või „Kuidas komplekteerida arvutit“ leiab ainult, kas soovitusi sülearvuti ostmiseks või üldist ebakaudset informatsiooni. Viimaseks võimaluseks on minna elektroonika poodi ning loota, et kaupmees müüb ootustele vastava lauaarvuti. Keskmine eestlane ei ole jõukas, võrreldes teiste lääneriikide kodanikega [2, 3], on arvuti ost küllaltki pikalt planeeritud tegevus, mis võtab vahest kuni mitu kuud aega. Seetõttu on väga oluline, et ostetud arvutisüsteem oleks võimalikult võimas, vastupidav ning pika eluajaga.

## 1.1 Eesmärk

Antud töö peamiseks eesmärgiks on uurida, kas internetis leiduvate jõudlustestide tulemuste põhjal saab komplekteerida lauaarvutit kodukasutajale nii, et samal arvutil rakendatavad jõudlustestid saavutaksid samu või sarnaseid tulemusi. Sellega seoses uuritakse internetis leiduvaid jõudlusteste, valideeritakse jõudlustestides olevaid tulemusi testsüsteeme kasutades, luuakse kõikidest ülevaated ning seejärel soovitatakse neist paremaid. Uuritakse, kas komplekteeritav arvuti on säästlikum kui eelkomplekteeritud arvuti jae-kaubanduskettide ja spetsialiseerunud firmade näitel. Kas komponente peaks ostma veebipoest või füüsilisest poest. Lõpetuseks kirjeldatakse saadud tulemuste põhjal, kuidas soetada endale võimalikult odav kuid võimas lauaarvuti.

## 1.2 Töö struktuur

Töö koosneb järgnevatest alatükkidest:

- 1) Arvuti struktuur komponentide tasemel;
- 2) Jõudlustestid;
- 3) Jõudlustestide ülevaade. Praktiline osa;
- 4) Ülevaatlik turuuuring;
- 5) Arvuti komplekteerimine;
- 6) Kokkuvõte;

## 1.3 Piiritlus

Antud töös võivad arvuti riistvaraga ja tarkvaraga seonduvad teemad, nagu näiteks jõudlustestide rohkus või tüübi rikkus, liiga laiaks minna, mille tõttu kitsendab autor teemat all järgnevalt:

- 1) Jõudlustestide valideerides vaadeldakse peamiselt videokaarte ja protsessoreid;
- 2) Jõudlustestid on valitud autori poolt järgnevatele nõuetele tuginedes:
  - 2.1) Tarkvara on tasuta või katseajaline. Kasutaja saaks ligipääsu tarkvarale, kuna paljud jõudlustestid on tasulised;
  - 2.2) Tarkvaral leidub veebipõhine andmebaas, mis sisaldaks tulemusi, mida oleks võimalik võrrelda autori poolt läbi viidud testidega;
  - 2.3) Tarkvaral on olemas suurem kasutajate kogukond;
- 3) Testsüsteemide komplekteerimiseks ja hindamiseks vaadeldi süsteeme, mille hind jäi 600 - 1200 euro vahele [5]. Väärtus pandi paika, et minimeerida komponentide arvu, mida testides vaadeldakse ning see on summa, kuhu keskklassi arvutid jäävad [4]. Keskmise eestlase sissetulekule tuginedes [2, 3] on antud hindade vahemik, mida tüüpiline kasutaja on nõus lauaarvuti eest maksma;

- 4) Vaadeldavad süsteemid on loodud nii, et need oleks võimelised tegema erinevaid ülesandeid nagu näiteks graafilist resurssi nõudvate mängude mängimine, videode renderdamine, videode töötlemine, piltide töötlemine;
- 5) Töös vaadeldakse komponente, mis on pärit peale aastat 2008;
- 6) Vaadeldi Windows-le mõeldud jõudluste, sest antud operatsioonisüsteemi lauarvuti turg on suurim [126]. Näiteks suurem osa arvutimänge pole toetatud Linux-i, Mac OS ja Android süsteemidel;

## 2 Mõisted ja termid

Mõistete ja termide defineerimine.

**Jõudlus** (ingl *computer performance*) näitab arvuti võimekust töödelda andmete-hulka kindla aja jooksul [93].

**Arvuti** (ingl *computer*) on elektrooniline seade, mille eesmärk on aritmeetiliste ja loogiliste operatsioonide tegemine. Keerulisemaid operatsioonide jadasid nimetatakse programmideks [94].

**Taktsagedus** (ingl *clock rate*) on mikrokiipe iseloomustav suurus [95].

**Arhitektuur** (ingl *architecture*) on komponendi struktuuri üldine ülesehitus või mudel [96].

**Jõudlustest** (ingl *benchmark test*) on riistvara või tarkvara hindamiseks loodud test [96].

**Tarkvara** (ingl *software*) on arvuti programmid ning sellega seotud andmed [96].

**Riistvara** (ingl *hardware*) on kõik arvutiga seotud komponendid ja seadmed [97].

**Kiibipesa** (ingl *socket*) on pesa komponentide või seadmete kinnitamiseks [96].

**Laienduspesa** (ingl *expansion slot*) on koht laiendussiinil lisaseadmete ühendamiseks [96].

**Protsessor ehk CPU** (ingl *central processing unit*) on mikrokiip, mis interpreteerib ja täidab käsked ning koosneb vähemalt käsuseadmest ja aritmeetika-loogikaseadmest [96]. Jaotatakse ühe ja mitme tuumalisteks.

**Lõim** (ingl *thread*) on arvuti programmi protsessi voog [98].

**Tuum** (ingl *core*) on protsessori osa, mis interpreteerib ja täidab käsustikke [96].

**Graafikaprotsessor ehk GPU** (ingl *graphics processing unit*) on mikrokiip, mis tegeleb graafika visualiseerimisega [99].

**Videokaart** (ingl *graphics card*) on arvuti komponent, millel asub graafikaprotsessor [100].

### 3 Arvuti struktuur komponentide tasemel

Antud peatüki eesmärk on kirjeldada arvuti struktuuri ülevaatlilikult: mis komponente süsteemis kasutatakse, mis on nende komponentide ülesanne ning tähtsus. Kirjeldatakse, miks autor tegi jõudluste ainult teatud komponentidele.

#### 3.1 Arvuti komponentidest

Lauaarvuti koosneb väljundseadmetest nagu ekraan, hiir, klaviatuur ning arvuti. Lauaarvuti tüübid jagunevad kaheks:

- **"Tavaline"**: Arvuti on eraldatud ekraanist. ;
- **"Kõik ühes"**: Arvuti komponendid on ehitatud ekraani sisse;

Kuigi "tavaline" arvuti võtab rohkem ruumi kui "kõik ühes" arvuti, on selle eelis modulaarsus. "Kõik ühes" arvuti on väga sarnane sülearvutile: suurem osa komponentidest on arvutisse sisseehitatud. "Tavalise" arvuti puhul on võimalik vahetada kõiki süsteemis olevaid komponente, mis muudab arvuti soodsaks, sest iga riknemise puhul ei pea tervet arvutit ümber vahetama.

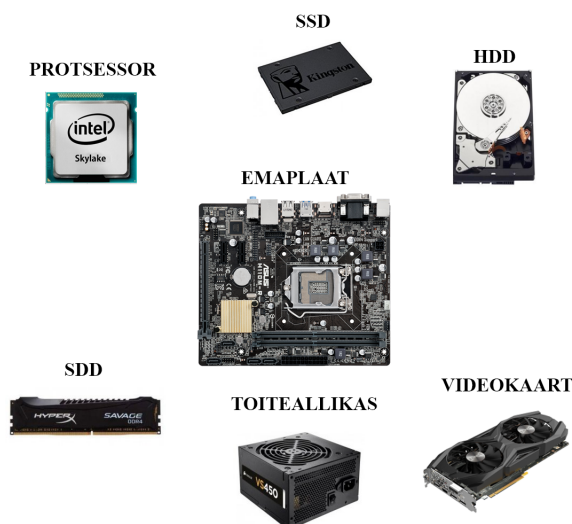
Lauaarvuti vajab töötamiseks järgnevat komponente: toiteallikat, emaplaati, muutmälu, andmesalvestusseadet, protsessorit ning videokaarti. Joonisel 1. on näha kõiki eelnevalt nimetatud komponente.

Toiteallika ehk PSU [14] eesmärk on toita süsteemi vajamineva voluga. Selleks konverteerib PSU vahelduvvoolu alalisvooluks. Hea PSU määravad ära mitmed faktorid: kui efektiivselt muudetakse voolu vahelduvalt alaliseks, kui palju suudab voolu konverteerida, PSU stabiilsus ning soojuseralduvus. Kuigi PSU otseselt ei muuda arvutit kuidagi võimsamaks, on see siiski süsteemis tähtis osa, sest kehvaga kvaliteediga PSU võib töö käigus rikneda ning lasta läbi vahelduvvoolu, mis hävitab ülejäänud komponendid süsteemis.

Emaplaat [15] on trükkplaat, kuhu ühendatakse teised arvutikomponendid ning lisaseadmed. Emaplaat tagab ühendused süsteemis olevate komponentide vahel. Komponente, mida on võimalik süsteemi panna, sõltuvad suuresti pesadest. Samat tüüpi pesadega seadmed saab üksteisega ühendada. Emaplaadi tähtsus seisneb trükkplaadi arhitektuurist, siinidest ja pesadest. Arhitektuur määrab ära informatsiooni kasutamise

efektiivsuse, siinide suurus informatsiooni läbilaskevõime ja pesad määravad ära, mis komponente on võimalik emaplaati ühendada.

Emaplaadile komponente ovest peab jälgima, mis pesaga protsessorit emaplaat toetab, kas näiteks LGA 1151 või LGA 1150, mis tüüpi muutmälu kasutatakse, kas DDR3 või DDR4 mälu, videokaardi ühendus ja salvestusseadme sisendi tüüp ehk SATA.



Joonis 1. Lauaarvuti emaplaat ning viited sealsetele komponentidele [7]. Pildi osad on pärit Arvutitark veebipoest.

RAM [16] ehk muutmälu on üks andmete salvestamise viise arvutis. Mällu salvestakse ja sellest võetakse andmeid, mida kasutatakse teiste komponentide funktsioonide täitmisel. Informatsiooni sisselugemine ja kirjutamine toimub samaaegselt. RAM on muutmälu, mis tähendab, et arvuti kinni panemisel kogu informatsioon seadmelt kustub. RAM jaguneb SRAM ja DRAM-iks:

- **Staatiline mälu:** kiire, võtab vähe energiat, aga ei ole väga mahukas;
- **Dünaamiline mälu:** aeglane, võtab rohkem energia, aga odav valmistada;

Mälu kiirus sõltub arhitektuurist, kas näiteks DDR3 või DDR4, taktsagedusest ja latent-susest.

Praegu kasutatavad andmesalvestusseadmed [17] jagunevad peamiselt kaheks: SSD [18] ja HDD [19]. Mõlemad on mittemuutlikud, ehk arvuti sulgemisel salestatud andmed ei kao. SSD ja HDD erinevus on nende füüsilistes komponentides. HDD on aeglasem kui SSD, kuna HDD on reaalne füüsiline ketas, mille pöörded määravad ära, kui kiiresti saab informatsiooni kirjutada ja lugeda. SSD seevastu mikrokiip, millelt andmete lugemine kiire, aga kirjutamine aeglane. Mõlemat seadet on hakatud kasutama nende heade külgede pärast. SSD-d kasutatakse operatsioonisüsteemide hoiustamiseks. HDD kasutatakse failide hoistamiseks, mida ei kasutata arvuti operatsioonisüsteemide poolt, nagu näiteks videod, pildid või teised operatsioonisüsteemiga mitte seotud programmid.

SSD ja HDD puhul vaadeldakse nende lugemis- ja kirjutamiskiirusi, liidest, millega emaplaati ühendatakse ja informatsiooni talletamise mahtu.

Kuigi kõik antud komponendid on tähtsad arvuti juures, sõltub nende kasu siiski sellest, kui võimas protsessor ja videokaart süsteemis on, sest protsessor annab ülejäänud süsteemi komponentidele käsklusi, tegeleb aritmeetiliste ning loogiliste arvutuste lahendamisega ja videokaart tegeleb kompleksete arvutustega, et simuleerida väljundit ekraanile.

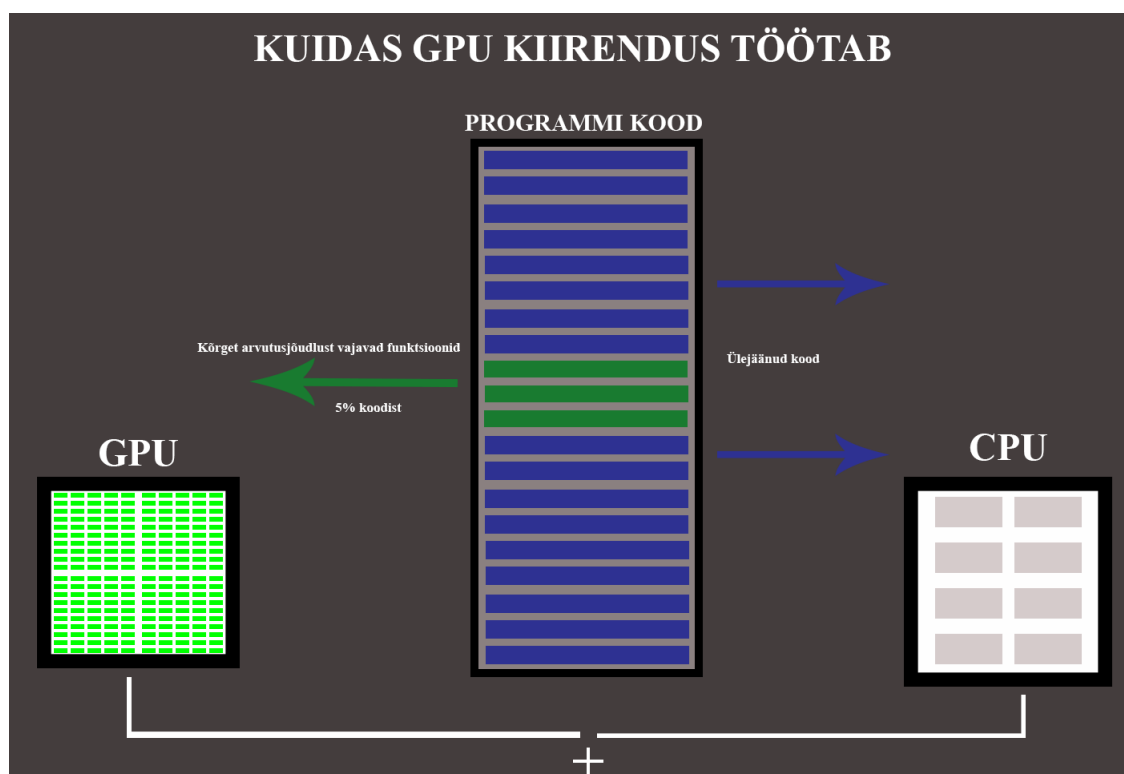
## 3.2 GPU

GPU [20] ehk graafikaprotsessor on kiip, mille töö ülesandeks on graafika visualiseerimine ja kiirendamine. Kuna kiip on ehitatud paralleelstruktuurina, on see palju efektiivsem kalkulatsioonide lahendamisel kui seda on CPU [21].

GPU saab olla kas CPU sees integreerituna, või eraldi videokaardina. Videokaart on komponent, mis koosneb GPU-st, millele on eraldatud muutmälu.

GPU on eraldatud CPU-st, et eraldada CPU-le avalduvat koormust. CPU-sse integreeritud kaartide tootmine on odav, aga nende arvutus võimsus on palju väiksem, sest nad on osa CPU-st, mistõttu nad on transistorite arvult väiksemad, kui eraldiseisvad kaardid ning nad jagavad CPU-ga samu ressursse. Integreeritud GPU on hea väikeste andmepakkide saatmisel, sest CPU ja integreeritud GPU vaheline viivitus on eraldatud GPU-st väiksem, aga suurema andmehulga puhul jääb integreeritud GPU-s jõudlusest puudus. Lisaks, kui protsessor muutub vigaseks, kas liigse kuumuse või mõne muu vea pärast, muutub ka integreeritud GPU arvutusvõimsus nõrgemaks.

Eraldiseisvad GPU-d on paigutatud videokaartidesse. Videokaartisse on sisseehita-



Joonis 2. GPU ja CPU programmi töö jaotus [21]. Koodi käivitamisel tegeleb CPU vähem nõudvamate arvutustega samal ajal kui GPU tegeleb rohkem ressurse nõudvama koodi osaga.

tud muutmälu, mistõttu GPU on palju võimsam ning vastupidavam. Videokaarte kasutatakse peamiselt 3D rakenduste visualiseerimiseks ning samuti on võimaline toetama ka CPU tööd rakendustes. Integreeritud GPU-d saab kasutada küll 3D rakendustes, aga mitte nii efektiivselt kui eraldiseisevat GPU-d.

Tähtsamad GPU arendajad [29] on Nvidia [23], AMD [24], Intel [25] ja ARM [131]. Videokaarte, mis sisaldavad GPU-d, on toodetud teiste firmade poolt nagu näiekt Giga-byte Technology [26], ZOTAC [27], EVGA Corporation [28]. Kõikide videokaartide arhitektuurid on natuke erinevad ning seega jõudlus võib natukene kõikuda olenevalt tootjast.

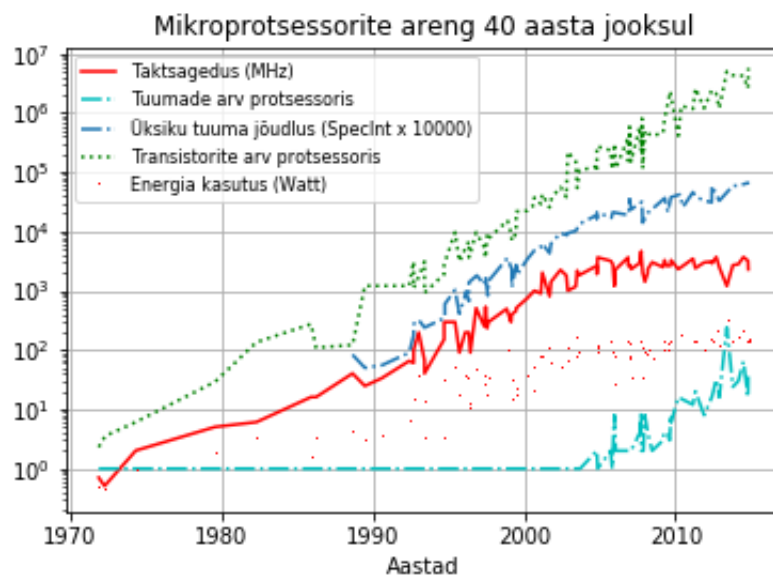
GPU-de kasutamisel vaadeldakse mälu siini suurust, mälu tüüpi, tuumade arvu, sagedust, mälu kiirust, suurust ning erinevaid funktsionaalsusi, mis kaartidega kaasas.

Kuna kõik nimetatud suurused on GPU arvutamise võimusel vajalikud ei saa võrrelda erinevaid GPU-d nende tehaseseadete põhjal.

### 3.3 CPU

CPU [21] ehk protsessor on kiip, mis jaotab tarkvara ja riistvara käsked ning teeb põhilisi aritmeetilisi, loogilisi, kontroll ja sisend-väljund operatsioone. Viidatakse tihtipeale kui arvuti ajule.

Algselt oli protsessoritel ainult üks loogilise arvutuse üksus ehk tuum. Tuum koosneb kontroll üksusest ja aritmeetilise üksusest. Moore seaduse [33], mis väitis, et transistorite arv protsessoris kahekordistub iga kahe aasta tagant, amendumise tõttu on aga takistatud üksiku tuuma arendust, mistõttu arendajad on hakanud lisama protsessoritele rohkem tuumasid.



Joonis 3. Moore'i seaduse [33] mõju mikroprotsessoritele aastate jooksul [34].

Rohkem tuumi tähendab seda, et protsessor saab jagada koormust erinevate tuumade vahel jõudluse jaotamiseks. Lisaks sellele kasutavad tänapäevased protsessorid hüper-hargtöötlust [30]. Protsessori tuumad on jaotatud osadeks, mille tõttu saab ühel füüsilisel tuumal jookustada mitut erinevat käsustikku või lõime [32] korraga.

Enne mitmetuumalisi protsessoreid oli võimalik protsessoritel teha vahe põhimõtteliselt ainult selle taktsageduse ehk arvutuskiiruse järgi. Kui protsessori tuuma kiirus oli 2.0 GHz, tähendas see seda, et protsessor oli võimeline tegema 2 miljardit tehet sekundis. Nüüd, mil protsessorite arhitektuur on palju efektiivsem ja protsessor on tihtipeale mitmetuumaline, ei ole võimalik enam protsessoreid puhtalt nende näitajate pealt võrrelda [31].

Protsessori valik emaplaadile sõltub pesa tüübist, arhitektuurist, üksiku tuuma sagedusest, tuumade arvst, hüper-hargtöötamise võimalusest, vahemälu suuruselt ja integreeritud GPU-st. Kaks peamist protsessorite tootjat ja arendajat arvutitele on AMD [24] ja Intel [25]. Emaplaati vaadeldes on vaja vaadelda, kas see toetab AMD või Inteli kiibistikku.

Kuna CPU ja GPU moodustavad arvutis kogu arvutusvõimsuse ning neid ei ole võimalik puhtalt nende näitajate põhjal võrrelda, vaadeldakse erinevaid CPU-sid ja GPU-sid praktilises osas lähemalt. Teisi komponentidest otseselt ei räägita.

## 4 Jõudlustestid

Arvuti jõudluse hindamisel kirjeldatakse arvuti võimet teha tööd efektiivselt. Selle hindamisel vaadetakse järgnevat : kiiret reageeringut töö alustamiseks, arvutuskiirust, ressursside hõivamise suurust, kiiret andmeedastust, andmete liigutamise mahtu [8].

Arvuti jõudlustestimine [35] on arvuti riistvara testimine tarkvara põhjal. Selle idee on uurida, kui efektiivselt töötab riistvara ning kui võimekas see on, kui arvuti lahendab reaalse elu probleeme.

Jõudlustestid loodi algselt seetõttu [1], kuna taheti võrrelda erinevate protsessorite arvutusvõimet. Protsessori üksiku tuuma arvutus võimsus teoreetiliselt on tema taktsagedus. Näiteks, kui mingi suvalise protsessori taktsagedus on 3.5 GHz tähendab see seda, et see protsessor peaks suutma teha 3.5 miljardit tehet sekundis. See aga ei ole nii läbipaistev, sest protsessori kiirus sõltub selle arhitektuurist, mistõttu mõni teine protsessor sama taktsagedusega võib olla tegelikkuses, kas esimesest protsessorist efektiivsem või ebaefektiivsem. Nagu ka "how to geek" artiklis väljatoodud [9], tänapäevasemad CPU-d on võimelisemad tegema rohkem tööd ühes tsüklis kui vanemad mudelid. Nende sõnul protsessorid väiksema sageduse, aga parema efektiivsusega, on kiiremad kui protsessorid suurema sagedusega ja väiksema töö efektiivsusega. Jõudlustestid loodi algselt selleks, et võrrelda erinevate tootjate ning seeriade protsessorite töö hindamiseks, ilma, et vaadeltaks ainult protsessorite sagedusi. Jõudlustestid lasevad hinnata erinevate arvutisüsteemid või komponentide efektiivsust ja jõudlust üheselt määratud skaalal [1].

Põhjuseid, miks jõudlusteste jookustatakse, on erinevaid [36]:

- 1) Jõudlusteste saab kasutada arvuti diagnostikaks. Kui leidub mõni vigane komponent, nagu näiteks mälu või ketas, siis tuleb see testis välja. Seejärel on võimalik komponent asendada;
- 2) Jõudlusteste kasutatakse arvutisüsteemide nõrkuste leidmiseks ning seejärel saab vastavat komponenti uuendada;
- 3) Teste saab kasutada arvuti seadistamisel. Näiteks videokaarti ja protsessorit saab kiirendada, mis tõttu saab jõudlustestidega hinnata, kuidas need mõjuvad süsteemi stabiilsusele;

- **4)** Teste, millel leidub andmebaas, saab kasutada uue arvuti omandamiseks ja testimiseks. See on vajalik, kuna erinevaid komponente on turul palju ning puhtalt komponendi näitajate põhjal pole võimalik terve süsteemi jõudlust hinnata;

Jõudlustestides hinnatakse erinevaid parameetreid:

- **1)** Protsessorite võimsuse hindamisel vaadeldakse näiteks:
  - Täisarvudega, algarvudega ja ujukmaarvudega tehtavaid operatsioone;
  - Andmete krüpteerimist ja kokkusurumist;
- **2)** Mälude ja salvestusseadmete puhul näiteks:
  - Mällu kirjutamist ja lugemist;
  - Mälu poole pöördumise kiiruse arvestamist;
- **3)** GPU puhul vaadeldakse erinevaid keerulisi algoritme, mida on võimalik kasutada, kas 3D objektide kujutamiseks või genereerimiseks;

Jõudlustestid tüübid jagunevad järgmiselt [1]:

- **Reaalne programm:** Jooksutatakse mingit programmi ja vaadeldakse, kui hästi see töötab. Näiteks mängude puhul vaadeldakse, kui sujuvalt mäng jookseb selle ekrani kaadrite sagedust hinnates;
- **Mikro jõudlustest:** Jõudlustesti tüüp, mida rakendatakse ühele kindlale arvuti komponendile ning vaadeldakse sellele komponendile olevate näitajate muutumist;
- **Kernel:** Abstraktne algoritm, mida jooksutatakse protsessoril täisarvuliste operatsioonide arvutamise kiiruse leidmiseks. Tulemus MFLOP-des;
- **Sünteesiline jõudlustest:** Teeb läbi erinevaid operatsioone programmi käivitamisel. Näiteks jõudlustest jooksutab vaheldumisi erinevaid mikro jõudlusteste ja reaalelulisi programme;
- **Sisend/väljund:** Testid mõõdavad sisend-ja väljundseadmete kiiruseid. Näiteks USB pulgale kirjutamist ja lugemist;

- **Andembaasi jõudlustestid:** Mõõdavad, kui hästi saab arvuti hakkama andmebaasiga seotud operatsioonide tegemisel;
- **Parallel jõudlustestid:** Vaadeldakse, kui kiiresti lahendatakse algoritme paralleelsüsteemi kasutades;

Kuigi eraldiseisvaid jõudlustestide tüüpe on palju, kasutavad paljud jõudlustestid kõiki antud tüüpe koos.

Selleks, et saavutada adekvaatseid tulemusi [10] ükskõik ,mis jõudlustestiga, tuleks esmalt kontrollida, kas arvuti süsteem vastab antud nõuetele. Nõuete eiramisel võib juhtuda, kas testi mittekäivitumine või komponentide osaline kahjustumine liigse koormuse tõttu. Samuti tuleb taustal olevad programmid sulgeda, et jõudlustest saaks kasutada maksimaalselt ressursse ning anda ühist platvormi süsteemi hindamiseks. Lisaks kõigele eelnevale on hea tava, kui jõudlusteste jooksutatakse mitu korda läbi, stabiilsete tulemuste saamiseks.

Jõudlustestide valmisel peab olema kriitiline [1], kuna mõnikord võivad tootjad petta jõudlusteste, et saada paremaid tulemusi oma toote ülevaadetes [9]. Tootjad võivad seadistada oma tooted nii, et need annaks häid tulemusi tuntumatel jõudlustestidel. Jõudlustestide hindamisel tuleb olla ka kriitiline, kuna testide tootjatel on erinevad kriteeriumid ning neid ei saa alati üheselt teiste tootjate tulemustega võrrelda. Testide tootjad ei pruugi järgida teaduslike katsetuste põhimõtteid nagu näiteks andmestiku vähesus ja vähene testide kordamine täpsemate tulemuste saamiseks.

## 5 Jõudlustestide ülevaade. Praktiline osa

Selles peatükis räägitakse praktilises osas uuritud jõudlustestidest. Räägitakse jõudlustestide päritolust, kasutustest, võimalusel tuuakse välja, kuidas katsetes arvutisüsteeme hinnatakse, tuuakse välja saadud tulemused ning võrreldakse neid erinevate kriteeriumite alusel. Lõpetuseks antakse iga uuritud testi kohta hinnang, kas test oli autori poolt saadud tulemuste põhjal valideeritav ning kuidas kasutaja saab vastava tarkvara tulemusi kasutada oma olemasoleva või ostetava arvuti hindamiseks. Autori jõudlustestide valik on defineeritud "Piiritlusteälapeatükis.

Antud töös vaadeldakse järgnevaid jõudlusteste:

- **3DMark Fire Strike** : [37] CPU ja GPU testimiseks jookustakse läbi graafiliselt stressirohke stsenaarium;
- **PCMark 8 creative conventional 8**: [38] Hinnatakse CPU ja GPU tööd igapäevaseid ülesandeid lahendades nagu veebissurfamine, videokõned, piltide töötlemine;
- **Cinebench R15**: [43] CPU tööd uuritakse läbi pildi renderamise ja GPU tööd läbi autode tagaajamise stsenaariumi;
- **Heaven** : [39] CPU ja GPU koormusttest graafilises stsenaariumis;
- **Userbenchmark**: [40] Jõudlustest vaatleb kõiki süsteemi komponente;
- **Geekbench 4.04**: [41] CPU ja GPU jõudlustestid;
- **Passmark benchmark 9**: [42] Jõudlustest terve süsteemi hindamiseks;

Enamus kirjeldatud jõudlustestid sisaldavad mängude graafika teste. PCWorld artiklis on mainitud ära järgnev reegel: "Kui sinu arvuti jooksub arvutimänge hästi, suudab see jooksuba enam-vähem kõike." [36]. See on heaks näidustajaks, kuna arvutimängude stsenaariumid koosnevad tihtipeale massiivsetest 3D mudelite objektidest, seega järelikult peaks arvuti saama hakkama näiteks CAD-s [44] modelleeritud objektidega. Eelpool nimetatud jõudlustestidest räägitakse lähemalt iga jõudlustesti alatükis.

Eelneva peatüki lõpus kirjeldatud põhjuste tõttu ei saa hinnata jõudlustestide tulemusi nende endi vahel. Näiteks kui võtta ette üks jõudlustesti tulemuste andmebaas, siis

ei saa kindel olla, kas seal omavahel võrreldavad tulemused on valideeritavad või mitte. Seetõttu töötas autor läbi kõik eeltoodud jõudlustesti kasutades talle kättesaadavaid arvuteid. Kasutatud arvuteid hakatakse nimetama järgenevalt ka testsüsteemideks. Kokku oli testsüsteeme 31.

Esimesed 10 testsüsteemi kuulusid autori tuttavatele, kes olid kõik oma arvutid komplekteerinud, kas ise või lasknud seda teha nende poolt loodud nimekirja põhjal. Eelpool oli välja toodud, et süsteemides hinnati ainult videokaarte ja protsessoreid seda seetõttu, et nendes 10 süsteemis olid andmesalvestusseadmed, emaplaadid ning RAM ehk mälu erinevad, mistõttu ei saaks adekvaatselt neid komponente süsteemist sõltuvalt hinnata. Samuti on teada, et muutmälu ei muuda protsessorit kiiremaks [11] ja kiiremate mälude mõju kui 1.6 Ghz arvutile on väike või olematu [12]. Andmesalvestus seadmete kasutus oli lahendatud igas süsteemis erinevalt, kas HDD üksi, SSD üksi või olid mõlemad arvutis esindatud.

20 süsteemi sai testitud koostöös firmaga Arvutitark [6]. Jõudluste jooksutati samaaegselt kahes arvutis korraga. Nendest süsteemidest saadud testide tulemused on täpsemad, sest mõlemas süsteemis on emaplaat, toiteallikas, mälu ja andmesalvestusseadmed identsed. Ainukesed vahetuvad komponendid süsteemides olid protsessor ja videokaart. Süsteemides testiti 4 erinevat protsessorit ja 6 erinevat videokaarti. Selle loogika peale peaks olema 24 süsteemi ehk 4 korda 6, aga probleemiks oli fakt, et ühes testis tekkisid välised tõrked, millest räägitakse siin ühes alateemas.

31-ks süsteemiks kasutati autori sülearvuti, mis oli antud Tartu Ülikooli informaatika tudengitele. Autori idee oli uurida, kui drastiliselt erinevad lauaarvutitelt saadavad tulemused äriklassi sülearvutiga.

Jõudlustestide jooksutamine toimus järgmiselt:

- 1) Jõudlustest tõmmati arvuti;
- 2) Programm installeeriti;
- 3) Programm käivitati;
- 4) Valiti jooksutatav jõudlustest. Mõningal programmil oli mitu erinevat koorumust;
- 5) Testi lõpetades salvestati tulemused. Väljund oli erinev: välislingid salvestati tekstifaili, salvestati ekraanivaateid tulemustest ja väljundformaate;

- 6) Eemaldati tarkvara arvutist;

Seda töö tsükklit tehti läbi kõikide 7 jõudlustestiga. Ühe arvuti peal jõudlustestide kogumiku jooksumine võttis umbes 2 kuni 3 tundi.

Protsessorite puhul olid testitavateks komponentideks [101]: Intel i5 4200U, AMD FX-6300, Intel i5 4460, Intel i5 4690K, Intel i7 4790, Intel i5 6600, Intel i7 6700K, Intel i3 7300, Intel i5 7400, Intel i5 7600 ja Intel i7 7700. Kõik protsessorid töötasid oma tehaseseadetel.

Katsetatud videokaartid [101]: Intel HD 4400, AMD R9 270, Nvidia gtx 950, Nvidia gtx 960, AMD RX480, AMD R9 290, Nvidia gtx 970, AMD R9 390, Nvidia gtx 1050, Nvidia gtx 1050 TI, Nvidia gtx 1060 3gb, Nvidia gtx 1060 6gb ja gtx 1070. Samuti jooksid oma tehaseseadetel.

Jõudlustestide uurimisel ei vaadelnud autor, kui optimeeritud jõudlustestid komponentidele on ning programmid ei olnud lähtkoodist kompileeritavad, seda seetõttu, et suurem osa rakendusi sõltumata platvormist ei ole korralikult optimeeritud. Töös ei vaadeldud ülekiirendatavaid [128] protsessoreid antud põhjustel:

- 1) Emaplaat ja protsessor kallimad;
- 2) Muudab arvuti ebastabiilseks [127];
- 3) Spetsiaalne jahutus, mille hooldamine läheb kalliks;
- 4) Komponentide eluiga väheneb märgatavalt [127];
- 5) Manuaalne seadistamine, mis vajab teadmisi kiirenduse seadmiseks. Valed seaded võivad automaatselt komponenti kahjustada või hävitada;

## 5.1 3DMark: Fire Strike

3DMARK on loodud Futuremark-i [45] poolt, mis kuulub UL-i aastast 2014. UL [46] ise on globaalne teaduskorporatsioon, mis uurib, kuidas muuta teadust ning tehnoloogiat inimestele ja tööstusele ohutumaks [47]. Futuremark arendab jõudlustestide kõikidele platvormidele nutitelefonidest VR-ni [48], et kasutajad saaks oma riistvara uurida ja mõõta. Futuremark arendab oma tööriistu koostöös kõikide suuremate riistvaraga seotud kompaniidega maailmas [49]. 3DMark on jõudlustestide rakendus, mis on mõeldud

testimaks GPU ja CPU-d detailide ning efektide rohkes simulatsioonis. Tarkvara sisaldab erineva koorumusega jõudlusteste : Time Spy, Sky Diver, Cloud Gate, Ice Storm, Over-head ja Fire Strike. Eelnevast nimekirjast vaadeltakse siin töös ainult Fire Strike testi.

Fire Strike sai valitud kuna see on mõeldud kõrgklassi mänguriarvutitele [51] ja ülekiirendatud [50] protsessoritega arvutitele, mis muudab selle jõudlust nõudvaks jõudlustestiks.

Fire Strike saab kasutada, kui tõmmata “3DMark Basic Edition” [52]. Programmi allatõmbamisel ja käivitamisel on võimalik jooksutada antud jõudlustesti

Tegemist on tasuta versiooniga, mistõttu väljund laetakse üles 3DMark andmebaasi ning on ainult sealt vaadeldav [53].

$$\text{Fire Strike Skoor} = \frac{1}{\frac{0.75}{\text{Graafika tulemused}} + \frac{0.15}{\text{Füüsika tulemus}} + \frac{0.10}{\text{Kombineeritud test}}} \quad (1)$$

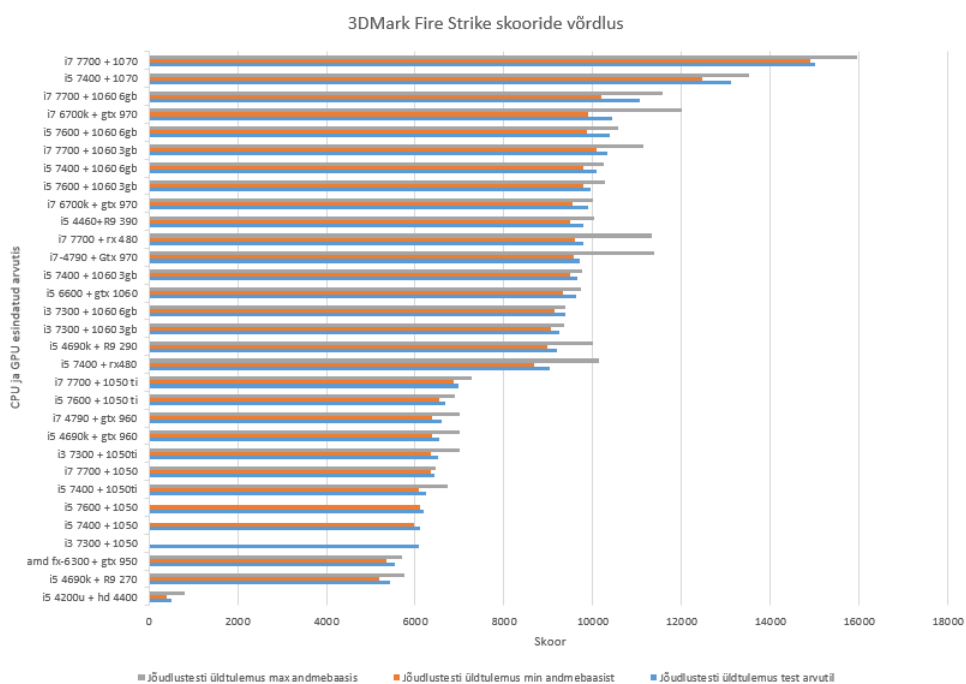
Fire Strike jooksutamise nõuded ning testi jookustamise parameetrid leiab tehnilisest manuaalist [54]. Kogu jõudlustest koosneb 4-st erinevast alamtestist: graafika test 1, graafika test 2, füüsika test, kombineeritud test.

Graafika test 1 ja graafika test 2 möödavad ainult videokaarti jõudlust, kus näiteks genereeritakse geomeetriat, valgustust, varje, osakesi. Füüsika test protsessori võimele teha videokaardi tööd ning kombineeritud test, kust protsessorit ja videokaarti jookсутakse koostöös [54]. Lõpptulemus on arvatud skoorina. Mida kõrgem tulemus, seda võimsam ja mitmekülgsem on arvuti. Skoori arvutamise võrrand tulemuste põhjal on Valemis 1.

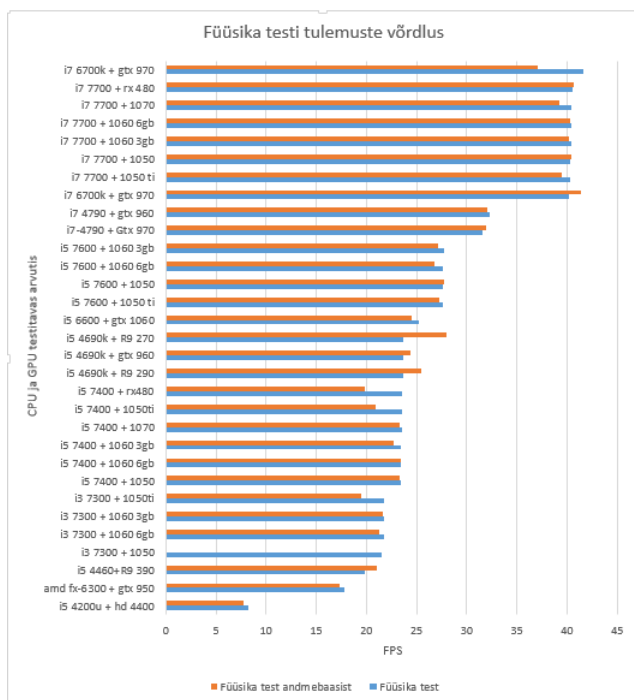
Kõikidest testidest saadav väljund on kaadrisagedus[55]. Kaadrite arv sekundis ehk FPS määrab ära video või animatsiooni sujuvuse, mida suurem on kaadrite arv, seda sujuvam.

### 5.1.1 Tulemused:

Fire Strike tulemusi võrreldi 3DMark andmebaasis [53] olevate tulemustega. Sarnaste tulemuste otsimisel iga kombinatsiooni puhul, näiteks i5 6600 + gtx 1060 3gb, vaadeldi, et protsessorid ja videokaartid jookseksid samade sageduste peal Fire Strike testil. Vaadeldi ka potentsiaalselt suurimat tulemust.



Joonis 4. 3DMark Fire Strike skooride tulemus ed võrdluses 3DMark andmebaasis pärit andmetega.



Joonis 5. 3DMark Fire Strike füüsika testi kaadrisagedus tulemusete võrdlus 3DMark andmebaasis pärit andmetega.

Joonisel 4 on väljatoodud 31 süsteemi tulemused. "Üldtulemus min andmebaasist" märgib vähimat sarnast tulemust, mis oli leitud 3Dmark andmebaasist. "Üldtulemus max andmebaasist" märgib suurimat tulemust, mis sarnases antud süsteemiga. "Jõudlustesti üldtulemus test arvutil" märgib arvutit, millel jõudlusteste tehti.

Tehnilise manuaali [54] põhjal, kõik tulemused, mis alla 2800, on alla arvestusliku piiri. Jooniselt 4. on näha, et jõudlustesti tulemus jääb "min" ja "max" tulemuse vahele. See, et autori poolt saadud tulemused on "min"i lähedal, on hea, kuna skoor muutubki peale igat iteratsiooni jõudlustesti läbimist. "Max" näitab potentsiaalselt maksimaalset jõudlust, mida arvuti suudaks anda, kui seda optimeerida. Seega Joonisel 4. tulemused klappivad andmebaasis olevatega.

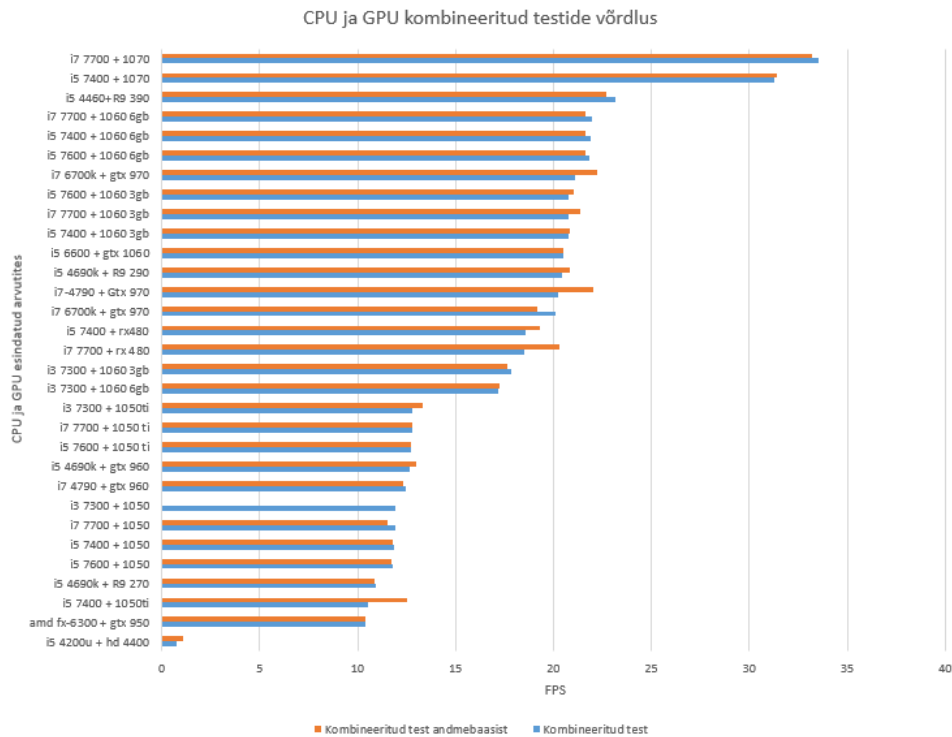
Jooniselt 4. on näha, et uuem videokaart tõstis paljude protsessorite tulemusi märgataval määral. Protsessorite, mis kasutasid samu videokaarte, tulemused muutusid minimaalselt.

Jooniselt 5. jooniselt on näha, et autori poolt saadud tulemused ja andmebaasist saadud tulemused on sarnased. Samad protsessorid erinevates süsteemides toimivad samamoodi, kui töödatakse ainult protsessorit kasutades. Huvitav on, et Intel-i [56] i5 ja i7 seeria, mis tulid välja 4 aastat tagasi, on väga sarnase jõudlusega, kui 2017 aastal välja tulnud 7000 seeria i5 protsessorid.

Jooniselt 6 jällegi näha, et tulemused on siingi sarnased. Siit on näha, et kõik protsessorid, mis kasutasid samasuguseid videokaarte, andis väga sarnaseid tulemusi. Näiteks Intel i3 7300, mis oli palju väiksema jõudlusega kui Joonisel 5 Intel i7 7700'ega, annab samasuguseid tulemusi peaaegu kõikide testitud videokaartidega. Seevastu parema videokaardi olemasolu annab süsteemile jõudlust märgataval määral juurde.

### 5.1.2 Osakokkuvõte

Autor valideerib jõudlustesti, kuna kõikide testide puhul olid tulemused väga sarnased. Jõudlustestide puhul tuli välja, et protsessorite jõudluse areng seeriade vahel pole märkimisväärselt kasvanud, mis viitab Moore-i seaduse ammendumisel protsessoritele keskendudes. Jooniselt 4. ja 6. tuli välja, et hea videokaart annab süsteemile väga suure jõudluse kasvu. Protsessori kasu rakenduse juures, mis kasutab videokaarti ja prot-



Joonis 6. 3DMark Fire Strike kombineeritud testi kaardisagedus tulemuste võrdlus 3DMark andmebaasis pärit andmetega.

sessorit, on väga väike. Seega arvuti ostul ressursse jagades peaks panustama parema videokaarti peale, kuna sellel, võrreldes protsessoriga, on süsteemi jõudlusele suurem mõju.

Positiivsed küljed peale jõudlustesti valideerituse:

- 1) Lihtne tulemusi otsida;
- 2) Tulemusi otsides on näha sarnaste tulemuste sagedust;
- 3) Näitab populaarsemaid komponente, mida kasutatakse;

## 5.2 PCMark 8: Creative 8

PCMark 8 [57] on samuti loodud Futuremark-i [45] poolt. PCMark jõudlustestide seeriad keskenduvad rohkem igapäevaste tegevuste simuleerimisele. Sarnaselt 3DMark-le,

koosneb PCMark 8 jõudlustestide komplekt erineva raskusega jõudlustestidest. Jõudlustest jaguneb kodu testiks, loomingu testiks, töötamise testiks, andmesalvestuse testiks, rakenduse testiks ja patarei testiks. Töös vaadeldi loomingu test, sest see on teistest palju mahukam ning jõudlustestis testitakse läbi rohkem erinevaid stsenaariume.

PCMark 8 saab kasutada, kui tõmmata "PCMark 8 Basic Edition"[57], mis sisaldab esimest kolme jõudlustesti.

PCMark 8 jõudlustestil on kaks erinevat algseadingut [58]:

- **Tavaline:** Jõudlustest ei kasuta OpenCL. Selle puudumine annab tulemuste võrdlemiseks baasjoone;

- **Kiirendatud:** Seade lubab OpenCl kasutada;

PCMark 8 loomingu test läbib antud töövooge [58]:

- **Veebissurfamine:** uuritakse, kui kiiresti toimub veebilehe laadimine ning kui sujuvalt lehtedel liigutakse;

- **Piltide töötlemine:** vaadeldakse, kui sujuvalt toimub piltide töötlemine ning kui kiiresti rendertakse uut informatsiooni pildist;

- **Hulga piltide töötlemine:** sarnane test eelnevaga. Vahe selles, et sama tehakse suure hulga piltidega korraga;

- **Video töötlemine:** lisatakse videole efekte ning hiljem kodeeritakse erinevatesse kodeeringutesse;

- **Mängude graafika:** vaadeldakse 3D objektide renderdamist ja nende mõjuvaid efekte;

- **Grupi videokõne:** simuleeritakse inimeste vahelist grupikõne;

PCMark 8 tulemus on samuti tagastatud skoorina. Mida kõrgem tulemus, seda võimsam arvuti on. Skoori arvutamise võrrand alatulemuste põhjal on Võrrandis 3.

Võrrandis 3 näidatud alatulemused on arvutatud läbi geomeetrilise keskmise [59] ehk juhul GEOMEAN Valemis 2.

$$\left( \prod_{i=1}^n a_i \right)^{1/2} \quad (2)$$

$$G(\text{web1}, \text{web2}, G(G(\frac{1}{\text{vid1}} \frac{1}{\text{vid2}} \frac{1}{\text{vid3}}), \text{foto1}, \text{foto2}, G(\text{edit1}, \text{edit2}), G(\text{vtg1}, \text{vtg2}, \text{vtg3}), \frac{1}{G(\text{gra1}, \text{gra2})})$$

(3)

kus:

**G** : GEOMEAN ehk geomeetriline keskmine;

**web** : veebisurfamise alamtestid;

**vid** : live grupikõne alamtestid;

**foto** : fototöötlus alamtestid;

**edit** : videotöötlus alamtestid;

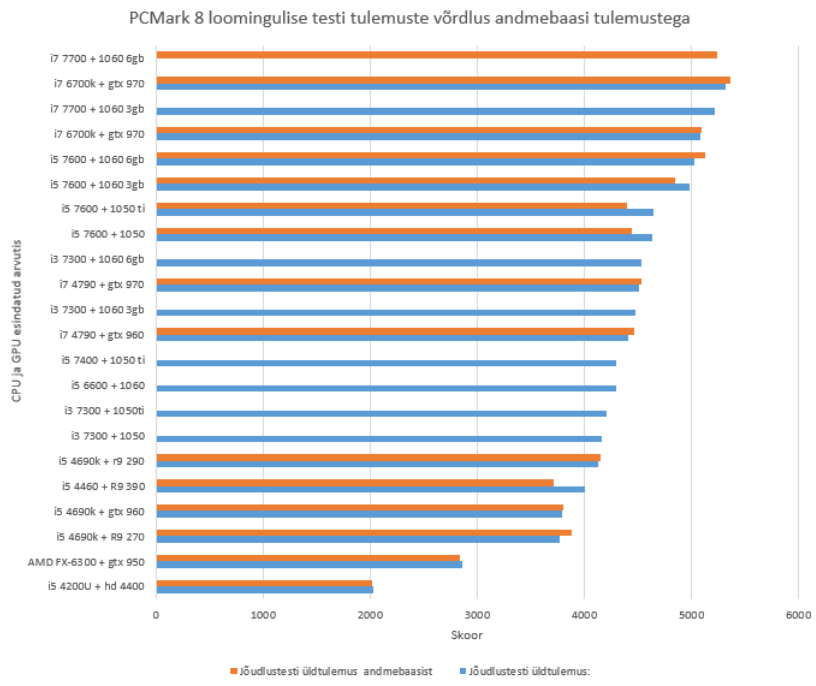
**vtg** : videode kodeerimis alamtestid;

**gra** : graafika alamtestid;

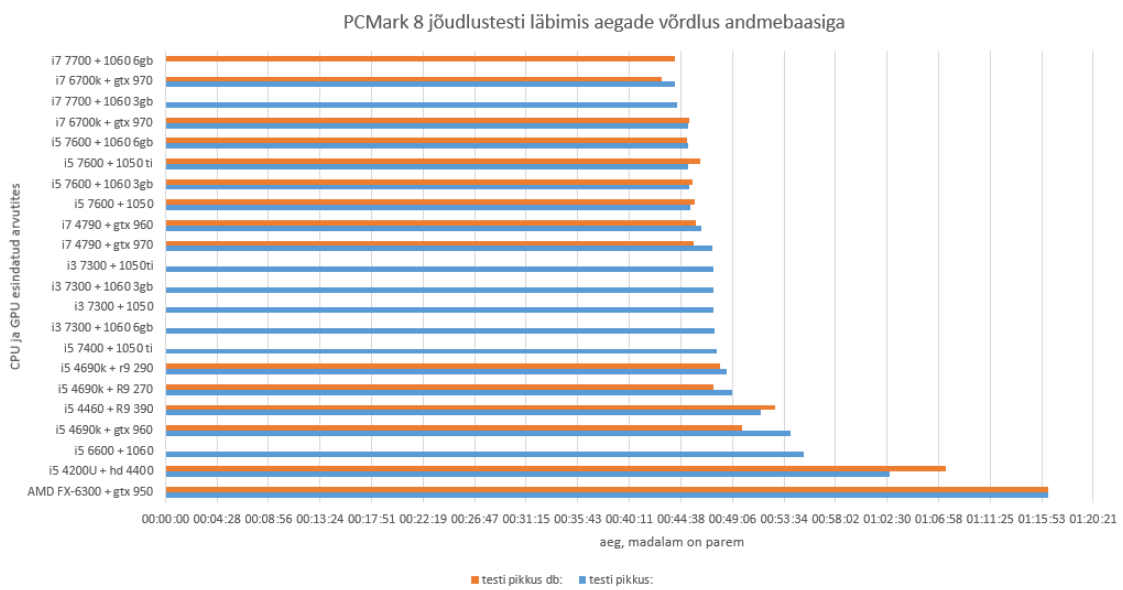
### 5.2.1 Tulemused:

Antud jõudlustesti juures tekkis väike probleem. Tarkvara ei lubanud teha testi ühe Windowsi peal rohkem kui 5 korda, mistõttu 20 vaadeldavast kombinatsioonist sai tehtud ainult 10. Samuti oli probleemiks see, et kuna Intel-i 7000 seeria oli väga uus toode, ei leidunud mõnele süsteemile võrreldavat tulemust.

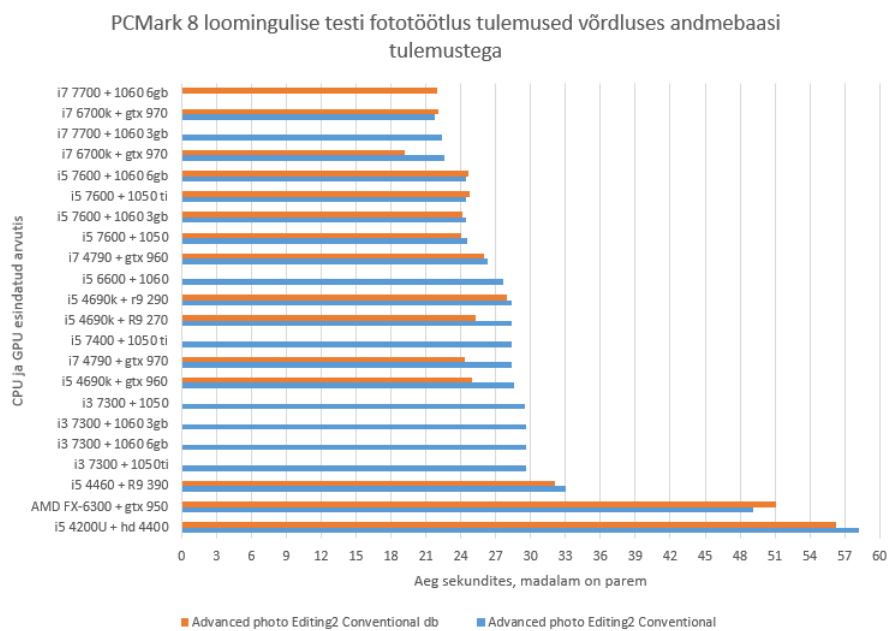
Võrrandist 3. ja Joonisel 7. on näha, et jõudlustest on loodud protsessori mõju uurimiseks. Kuna tegemist oli "tavalise" testiga, seetõttu OpenCl ei kasutatud, ei näitada sellega ära videokaarti mõju süsteemile. Sellegi poolest kattuvad Joonisel 7 olemasoleva tulemused andmebaasis leiduvatega ning näiteks komplektide i3 7300 + 1050 ja i3 7300 + 1050 TI tulemused on sarnased, Joonisel 6. olevate tulemustega. Joonisel 8. on näha, et samade protsessoritega arvutid on andnud sarnaseid tulemusi, mida protsessorile suunatud testist võiski arvata. Suuremalt jaolt kõik autori poolt saadud tulemused, mida oli võimalik võrrelda, olid sarnased 3DMark andmebaasist saadud tulemustega. Samuti sarnaneb Joonisel 8. olev järjestik jaotus Joonisel 5. oleva jaotusega, kus hinnati ainult protsessori tööd.



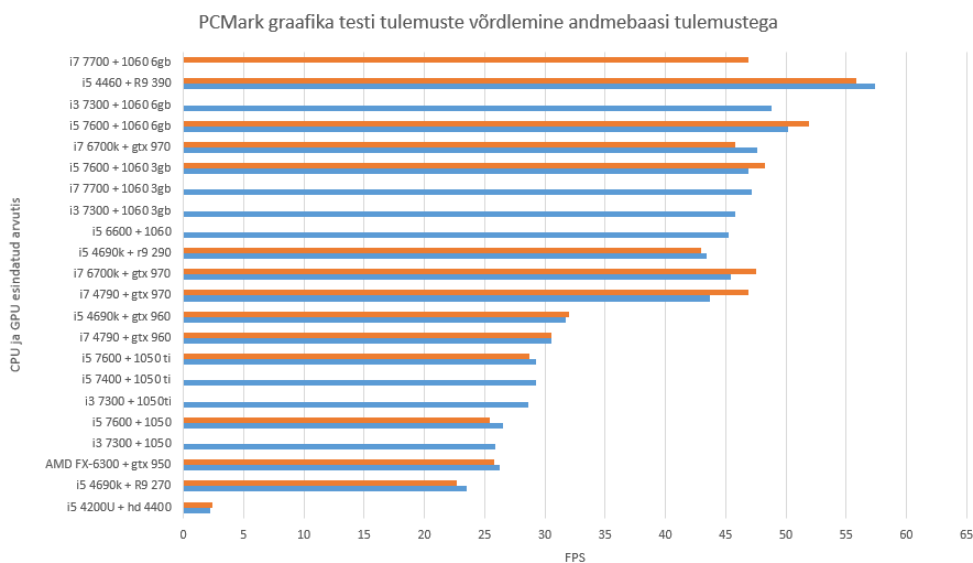
Joonis 7. PCMark 8 tulemuste võrdlused loominguulises testis.



Joonis 8. PCMark 8 loominguulisele testile kulunud aegade võrdlus.



Joonis 9. PCMark 8 loomingulisele testil piltitöölusele kulunud aegade võrdlus.



Joonis 10. PCMark 8 graafika testi kaadrisageduse tulemuste võrdlus.

Joonis 9. toetab protsessorite järjestust Joonisel 8. olevaga. Siingi on samad protsessorid nagu näiteks i3 7300 andnud samasuguseid tulemusi ning enamus andmebaasi tulemusi on sarnased. Joonisel 10 on näha, et saadud tulemused on samad andmebaasis olevatega. Sarnaselt Joonisele 6. on näha, et hea videokaart koostöös väiksema jõudlu-

sega protsessoriga annab sarnaseid tulemusi parema protsessori olemasolul.

### **5.2.2 Osa kokkuvõte:**

Kuigi antud jõudlustestis oli väliseid tegureid, mille tõttu ei saanud kõiki 31-t arvuti siin testida, olid olemasolevad tulemused sarnased 3DMark andmebaasis olevate andmetega. Fire Strike testis olevad füüsika ja kombineeritud testide tulemused olid sarnased PCMark8 saadud tulemustele. Kuna PCMark 8 ja 3DMark veebikeskkonnad olid koos, oli kasutuskogemust mõjutavad funktsioonid, näiteks komponentide võrdlemine või soovitude saamine, samad.

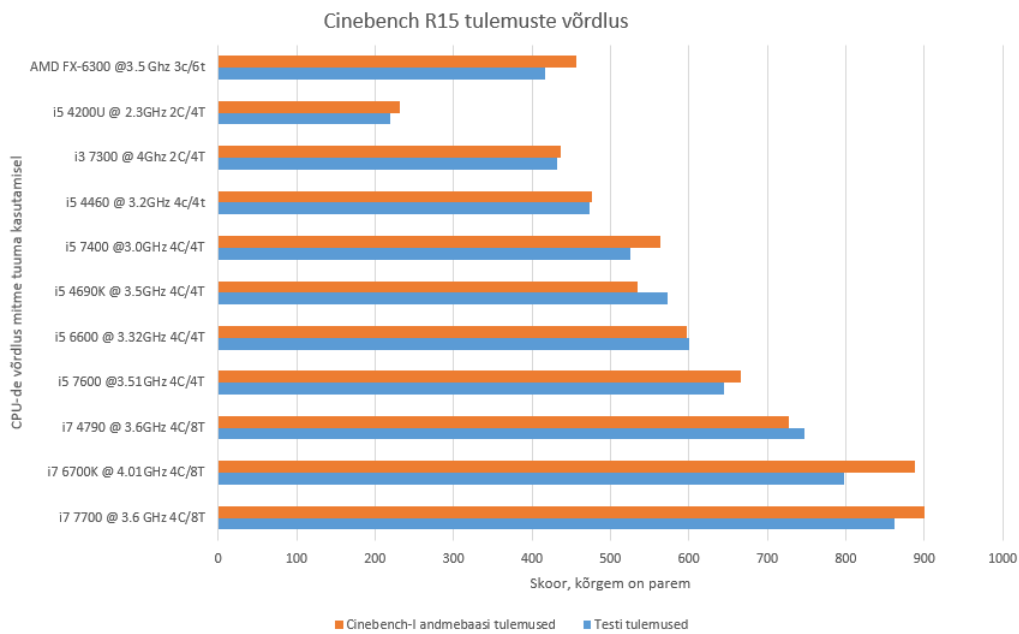
## 5.3 Cinebench R15

Cinebench R15 [60] on loodud MAXON [61] tarkvara firma poolt. Cinebench on arenatud tarkvara põhjal nimega Cinema 4D [62], mida on kasutatud paljude filmide arendamisel nagu näiteks *Life of Pi*, *Prometheus*.

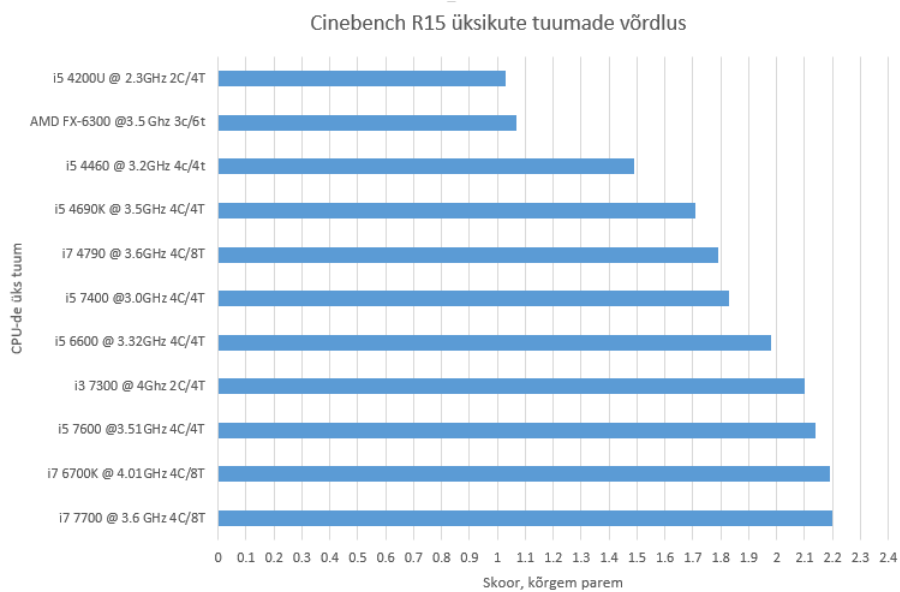
CPU jõudlustestis rendertatakse fotorealistikku 3D pilti, mis on võimeline jooksmas korraga 256 lõimel, mistõttu saab uurida ka serverisüsteemide jõudlust. Pildil on rohkem kui 300 000 polügoni, millele on rakendatud kõikvõimalikke videoefekte nagu näiteks varjud, peegeldus ja valgustus. Nagu ka paljudes teistes programmides, tulemus on tagastatud skooriga [60]. Mida kiiremini saab pilt rendertatud, seda parem tulemus on. Videokaarti testis on tegemist 3D stseeniga, kus toimub autode tagaajamine, vaadeldakse animatsioonide sujuvust ehk kaadrisagedus. Selles testis mõõdetav tulemus sõltub videokaartist, protsessorist ning videokaarti driverist. Nii nagu protsessori testis on ka siin hästi palju objekte, nimelt rohkem kui 1 miljon polügoni ning siingi on rakendatud erinevaid efekte nagu protsessori testis. Kaadrisagedust hinnatakse PAL-standardi [60] järgi, kus normaalpiir kaadrisageduse puhul on 25 kaadrit sekundis. Jõudlustesti katsetamiseks saab selle tõmmata Cinebench-i kodulehelt [60].

### 5.3.1 Tulemused:

Cinebench R15 protsessorite tulemused on hallatud välise haldaja poolt [63]. Kõik andmebaasist saadud tulemused on testitud protsessorite keskmised, seega, väike tulemuste vahe on oodatav. Joonisel 11. on näha autori ja andmebaasi tulemusi. Jällegi on näha, et tulemused on sarnased ning siinsed jaotused on sarnased nii 3DMark kui PCMark protsessorite järjestikele Joonistel 8. ja 5.. Selleski testis tuli välja, et 4000 seeria Intel-i protsessorid on jõudluselt sarnased 7000 seeriale.



Joonis 11. Cinebench R15 testide tulemuste võrdlus.



Joonis 12. Cinebench R15 üksiku tuumade võrdlus.

Joonisel 12. on kujutatud eelmise joonisel olevate protsessorite üksikute tuumade võimsuste suhted. Nagu ennist teoorias räägiti, ei saa võrrelda protsessorite sagedusi erinevate arhitektuuridel. Näiteks AMD FX-6300 ja Intel i5 4690K töötavad mõlemad

samal sagedusel, aga AMD annab halvemat jõudlust ühe tuuma korral. Samuti, Joonisel 11 on näha, et kuigi FX-6300 on rohkem tuumasid ja lõime, ei anna see nii häid tulemusi, kui seda annab Intel-i protsessor. Sama on näha võrreldes i3 7300-ga, millel 2 tuuma ja 4 lõime FX-6300 3 tuuma ja 6 lõime vastu. Kui vaadelda Intel-i sama generatsiooni protsessoreid, siis on näha, et kõrgem taktsagedus ehk GHz muudab protsessorit paljudel juhtudel kiiremaks. Näiteks Intel i5 7600 on 7400 0.3 võrra parem seda 0.5 GHz vahega ning Intel i7 7700 on 0.1 võrra parem kui i5 7600, mille erinevus on 0.1 GHz, vaadeldes Joonist 12..

1. 4C/8T @ 3.60 GHz, Intel Core i7-7700 CPU , GeForce GTX 1070/PCIe/SSE2	133.74
2. 4C/8T @ 3.60 GHz, Intel Core i7-7700 CPU , GeForce GTX 1050 Ti/PCIe/SSE2	128.66
3. 4C/8T @ 3.60 GHz, Intel Core i7-7700 CPU , GeForce GTX 1050/PCIe/SSE2	126.44
4. 4C/8T @ 3.60 GHz, Intel Core i7-7700 CPU , GeForce GTX 1060 3GB/PCIe/SSE2	126.24
5. 4C/8T @ 4.01 GHz, Intel Core i7-6700K CPU , GeForce GTX 970/PCIe/SSE2	125.71
6. 4C/8T @ 3.60 GHz, Intel Core i7-7700 CPU , GeForce GTX 1060 6GB/PCIe/SSE2	123.88
7. 4C/4T @ 3.51 GHz, Intel Core i5-7600 CPU , GeForce GTX 1060 6GB/PCIe/SSE2	121.34
8. 4C/4T @ 3.50 GHz, Intel Core i5-4690K CPU , AMD Radeon (TM) R9 200 Series	120.19
9. 4C/4T @ 3.51 GHz, Intel Core i5-7600 CPU , GeForce GTX 1060 3GB/PCIe/SSE2	119.99
10. 4C/4T @ 3.51 GHz, Intel Core i5-7600 CPU , GeForce GTX 1050 Ti/PCIe/SSE2	119.96
11. 4C/4T @ 3.51 GHz, Intel Core i5-7600 CPU , GeForce GTX 1050/PCIe/SSE2	116.87
12. 4C/4T @ 3.50 GHz, Intel Core i5-4690K CPU , AMD Radeon R9 200 Series	114.90
13. 4C/4T @ 3.00 GHz, Intel Core i5-7400 CPU , GeForce GTX 1060 6GB/PCIe/SSE2	111.45
14. 2C/4T @ 4.01 GHz, Intel Core i3-7300 CPU , GeForce GTX 1050/PCIe/SSE2	111.29
15. 4C/4T @ 3.00 GHz, Intel Core i5-7400 CPU , GeForce GTX 1060 3GB/PCIe/SSE2	110.54
16. 2C/4T @ 4.01 GHz, Intel Core i3-7300 CPU , GeForce GTX 1050 Ti/PCIe/SSE2	109.83
17. 4C/4T @ 3.00 GHz, Intel Core i5-7400 CPU , GeForce GTX 1050 Ti/PCIe/SSE2	109.76
18. 4C/4T @ 3.32 GHz, Intel Core i5-6600 CPU , GeForce GTX 1060 3GB/PCIe/SSE2	108.62
19. 2C/4T @ 4.01 GHz, Intel Core i3-7300 CPU , GeForce GTX 1060 3GB/PCIe/SSE2	108.30
20. 4C/4T @ 3.00 GHz, Intel Core i5-7400 CPU , GeForce GTX 1050/PCIe/SSE2	107.62
21. 4C/8T @ 3.60 GHz, Intel Core i7-4790 CPU , GeForce GTX 970/PCIe/SSE2	107.13
22. 4C/8T @ 4.01 GHz, Intel Core i7-6700K CPU , GeForce GTX 970/PCIe/SSE2	106.04
23. 2C/4T @ 4.01 GHz, Intel Core i3-7300 CPU , GeForce GTX 1060 6GB/PCIe/SSE2	105.60
24. 4C/4T @ 3.50 GHz, Intel Core i5-4690K CPU , GeForce GTX 960/PCIe/SSE2	103.89
25. 4C/4T @ 3.00 GHz, Intel Core i5-7400 CPU , GeForce GTX 1070/PCIe/SSE2	102.95
26. 4C/8T @ 3.60 GHz, Intel Core i7-4790 CPU , GeForce GTX 960/PCIe/SSE2	95.81
27. 4C/4T @ 3.20 GHz, Intel Core i5-4460 CPU , AMD Radeon (TM) R9 390 Series	94.16
28. 3C/3T @ 3.50 GHz, AMD FX-6300 CPU , GeForce GTX 950/PCIe/SSE2	74.32
29. 2C/4T @ 2.30 GHz, Intel Core i5-4200U CPU , Intel(R) HD Graphics 4400	19.05

Joonis 13. Cinebench R15 graafika tulemuste omavaheline võrdlus.

Joonisel 13. on näha videokaartide ja protsessorite omavahelist võrdlust Cinebench R15 graafikatestis. Kuigi protsessorite jaoks oli võrdlusandmed olemas, puudusid graafikatestil need peaaegu täielikult. Kui võrrelda tulemusi omavahel, siis tekib samuti vastuolusid. Näiteks Joonisel 13. on näha, et samu protsessorid ja videokaarte kasutavad arvutid Intel i7 6700k ja gtx 970 annavad väga erinevaid tulemusi, mille vahe on 19 kaadrit sekundis. Teisi tulemusi vaadates võiks arvata, et äkki parema protsessoriga ar-

vutid annavad eeskätt paremaid tulemusi, näiteks i7 7700 on kõige ees, kui 7600,7400ja 7300 tulevad selle järel, aga i5 4690K ja i7 4790 põhjal on näha, et jõudluselt nõrgema protsessori ning sama videokaartiga gtx 960 arvuti annab paremat tulemust kui jõudluselt parema protsessoriga arvuti.

### **5.3.2 Osa kokkuvõte:**

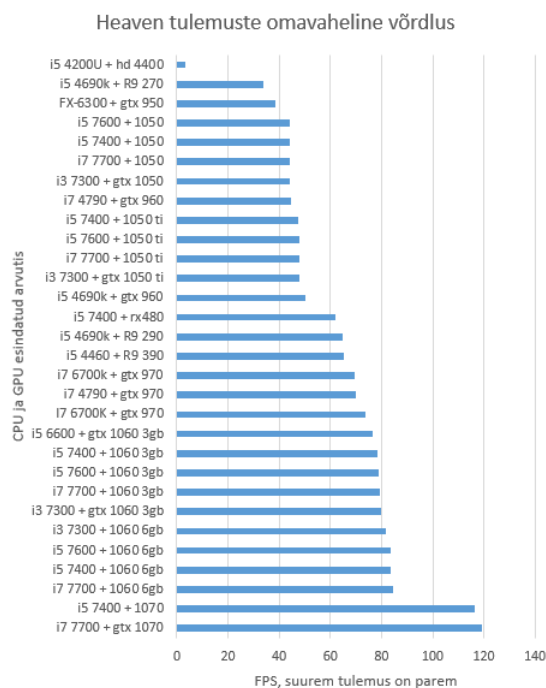
Autor valideerib jõudlustesti osaliselt, kuna protsessoreid hindav test andis eeskujulike tulemusi, aga graafika test andis ebaselgeid tulemusi. Protsessori testist oli jätkuvalt näha, et eelnevad tulemused kajastusid siingi, Inteli 4000 seeria on jõudluselt sarnane 7000 seeriaga. Lisaks sai näidatud, et AMD ja Inteli arhitektuurist sõltub protsessori jõudlus, vaadeldes sama taktsagedust, sama põlvkonna protsessorite juures annab kõrgem taktsagedus üksiku tuuma juures palju juurde, näiteks i3 7300 ja i7 7700 Joonisel 12.. Cinebench ei ole kasutajale nii otstarbekas kui seda oli näiteks 3DMark, sest peale tulemuste ja hinna näitamise protsessorite puhul ei ole keskkonnas muid analüüsivaid funktsioone, mida saaks komponentide uurimisel kasutada.

## **5.4 Heaven**

Heaven [64] on loodud Unigine [65] poolt. Unigine tegeleb üldiselt 3D graafikaga seotud tarkvara loomisel. Nende loodavate süsteemide alla kuuluvad näiteks füüsika keskkondade loomine, rajaleidmise algoritmide arendamine, kontroll süsteemide loomine, audio süsteemide loomine [66]. Peale heaven benchmarki on firma teinud ka järgnevad jõudlustestid: Valley, Sanctuary, Tropics. Nende vahe on koormuses ja stsenaariumites.

Heaven on olnud populaarne jõudlustesti keskkond eelkõige mängurite seas ning paljud jõudlustestide võrdlused Youtube-i [68] keskkonnas läbi viidud sellega tarkvaraga [67]. Antud jõudlustest kontrollib ainult CPU ja GPU tööd kombineeritult. Saadav tulemus saadakse kaadrisagedusena. Rakenduse toetajate hulka kuuluvad näiteks AMD, intel, Apple ja Nvidia.

Jõudlustesti saab tõmmata Heaven-i kodulehelt [64].



Joonis 14. Jõudlustesti tulemuste omavaheline võrdlus.

### 5.4.1 Tulemused:

Kuigi jõudlustest on populaarne turul, puudub antud testil otseselt andmebaas. Sellegi poolest üritab autor valideerida tulemusi eelnevalt saadud tulemuste ja sarnasuste põhjal. Jooniselt 14. on näha sarnaseid tulemusi võrreldes Joonisega 6.. Jooniselt on näha, et jõulisem videokaart muudab ka nõrgema protsessoriga süsteemi heaks. Samade videokaartide puhul ei olnud erilist vahet, mis protsessorit süsteemis kasutati. Näiteks gtx 1050 olemasolul süsteemis andsid i3 7300, i5 7400, i5 7600 ja i7 7700 peaaegu identseid tulemusi ning sama kehtis ka teiste kaartide korral. Samalt jooniselt on veel näha, et gtx 1050 ja 1050 ti ning gtx 1060 3gb vs 1060 6gb jõudluste vahe on samuti minimaalne, kuigi kaartide hindade vahe turul on peaaegu 100 eurot. Lõpetuseks on näha, et Jooniste 14. ja 6. järjestused on samad.

## 5.4.2 Osa kokkuvõte:

Autor valideerib Heaven jõudlustesti tulemused, 3DMark-st saadud tulemuste põhjal, kuna see tõestas ära paljud seosed, millest oli eelnevalt juttu. Kuigi test annab õigeid tulemusi on sellega väga raske informatsiooni koguda arvuti ostul, kuna puudub andmebaas, kust andmeid saada ja uurida. Positiivne programmi juures on võib olla see, et Heaven jõudlustestide tulemuste kohta palju videosid multimeedia keskkonnas Youtube.

## 5.5 Geekbench 4.04

Geekbench 4 [69] on loodud Primate Labs Inc [70] poolt. Firma ise loodud 2004. aastal Kanadas. Geekbench 4 on välja arendatud selle eelnevatest versioonidest: Geekbench 2 ja Geekbench 3. Firma tegeleb jõudlustestide arenduse ning müügiga kõikidele suurematele platvormidele. Organisatsioonid [69], mis on partnerid antud brändiga: AMD, Dell [71], HP [72], LG [73], Samsung [74], Microsoft [75].

Geekbench 4 ise on loomulikult järjekordne tarkvara arvutisüsteemi jõudluse hindamiseks. Proovi versioon, mida kasutati antud töös, sisaldas protsessori jõudlustesti ja graafika testi. Proovi versiooni saab tõmmata Geekbench 4 [69] kodulehelt.

Protsessorite testide hulgad on jaotatud kahte hulka: üksiku tuuma ja mitme tuuma testideks. Mõlemad jõudlustestid jagunevad veel alamhulkadeks: krüptograafia, täisarv, ujukoma ja mälu testid. Kokkusaadava tulemuse skoor on jaotatud kaaludega: 5,45,30 ja 20 protsenti tervest lõpp tulemusest [76].

**Krüptograafia test koosneb [76] :** kõrgema taseme krüpteeringu implementatsioonist.

**Täisarvu test koosneb [76]:** Lempel-Ziv-Markov algoritmist, JPEG, Canny, Djikstra, SQLite, LLVM, HTML 5 parser, HTML 5 Dom, PDF, LUA ja Kaamera pildi kompresioonist.

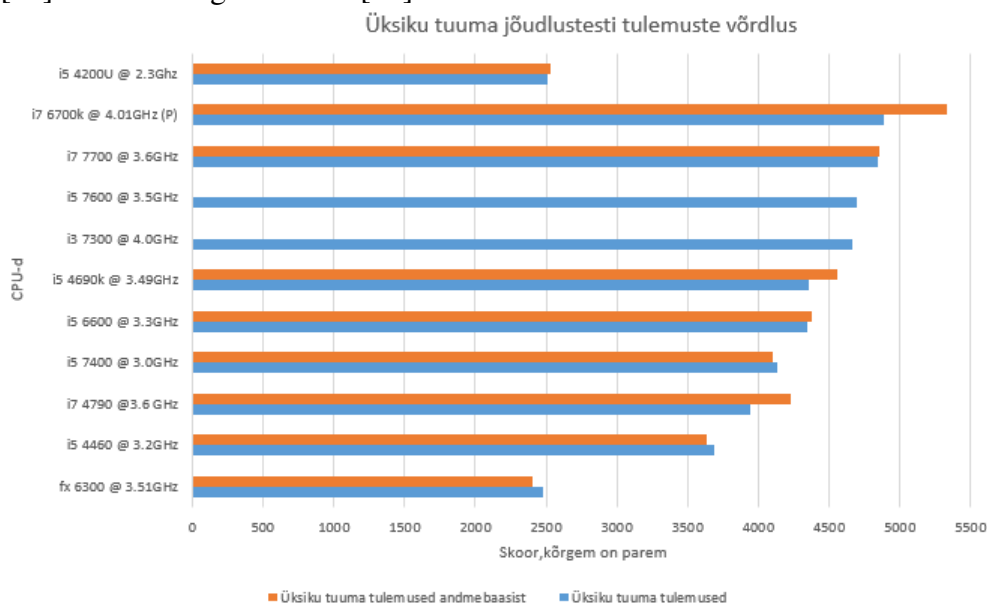
**Ujukoma test koosneb [76]:** GEMM, FFT, Gaussian blue, Ray trace, N-keha füüsika, Käikade kehade füüsika, hääle tuvastus.

**Mälu test koosneb [76] :** kopeerimine, maht ja kutsumiskiirus.

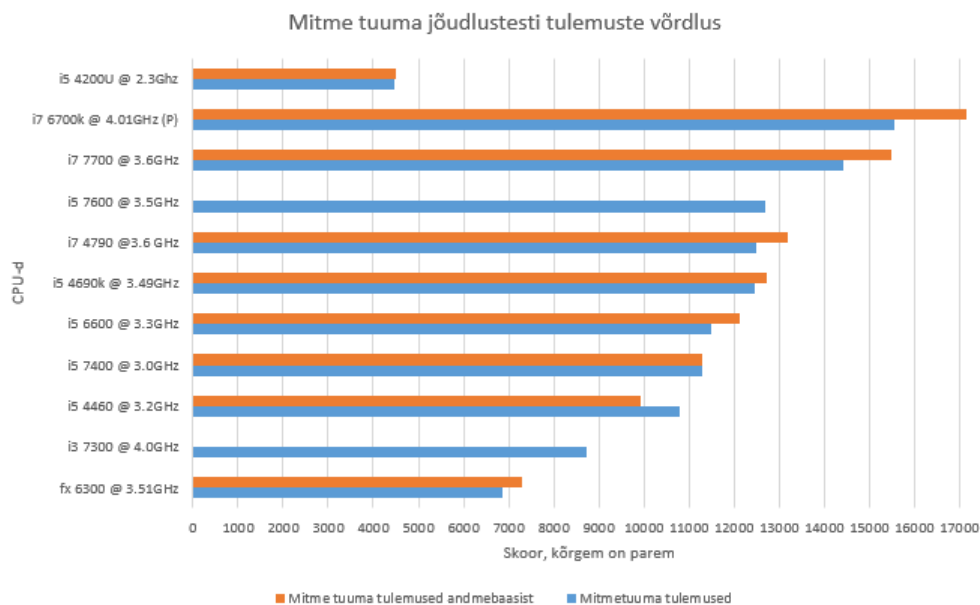
GPU testi kohta ega CPU skoori valemit ei ole avalikustatud

### 5.5.1 Tulemused:

GPU test kukkus läbi, sest geekbench andis 20 süsteemi puhul tühja tulemus, mistõttu selle kohta siin ei räägita. CPU jõudlustesti tulemusi oli võimalik vaadelda üldtulemustest [77] kui ka otsingumootorit [78] kasutades.



Joonis 15. Üksiku tuuma jõudlustesti tulemuste võrdlus.



Joonis 16. Mitme tuuma jõudlustesti tulemuste võrdlus.

Joonisel 15. on kujutatud autori saadud tulemusi ületulemustest [77] saadud tulemustega. Joonisel on näha, et paljud tulemused on kehtivad. Mõningate protsessorite nagu i5 7600 ja i3 7300 tulemusi ei leitud. Joonis 15. sarnaneb Joonisele 12., kus on samuti näha sarnast järjestust.

Joonisel 16. kujutatud tulemused sarnanevad jaotuse poolest eelnevate protsessori testidega. Kui autor kasutas aga otsingumootorit tulemuste leidmiseks, tekkis probleem. Protsessorite , nagu näiteks i3 7300 [79] ja i5 7600 [80], mille kohta ei leitud informatsiooni üldtulemuste tabelist [77], informatsioon oli leitav otsingumootori [78] kaudu. Tulemused leitud läbi GeekBench otsingumootor, mis antud testidest oli saadud iga protsessori puhul, olid väga suure erinevusega. Näiteks i3 7300 [79], i5 7600 [80] ja i7 4790 [81] - kõigil neil olid seinast seina tulemused samade protsessori taktsageduse juures.

### **5.5.2 Osa kokkuvõte:**

Autor ei valideerinud tulemust, kuna 31 autori poolt jooksutatud jõudlustestist 20 ei andnud tulemust. Lisaks sellele, kuigi autor sai testidest võrreldavaid tulemusi üldtulemuste seast [77] ning protsessori tulemused olid sarnased teistele jõudlustestidele nagu Cinebench R15, PCMark 8 ja 3DMark, ei ole võimalik kasutajana selget informatsiooni sealt välja lugeda, kuna otsingumootori tulemused on liiga ebatäpsed. Ebatäpsuste põhjuseks võib olla läbi kukkunud tulemuste mitte eemaldamine, skoori juures valede kaalude kasutamine ja liiga suure andmekogumi uurimine.

## **5.6 Userbenchmark**

Userbenchmark [82] on internetis tegutsev firma. Lehel on võimalik uurida erinevaid komponente, võrrelda, võimalik virtuaalselt komplekteerida arvuteid ning saada komplekteeritud komplekti kohta informatsioon seda teiste kasutajate jõudlustestide tulemuste põhjal. Lisaks sellele on seal informatsiooni, näiteks kuidas jooksevad videomängud erinevatel CPU ja GPU kombinatsioonidel. Userbenchmarki missioon on aidata inimesi arvuti ostmisel [83].

Nende veebilehelt on võimalik tõmmata tasuta jõudlustestide komplekt [82], mis on mõeldud kogu süsteemi analüüsiks. Andmetest on loodud erivatele komponentidele tu-

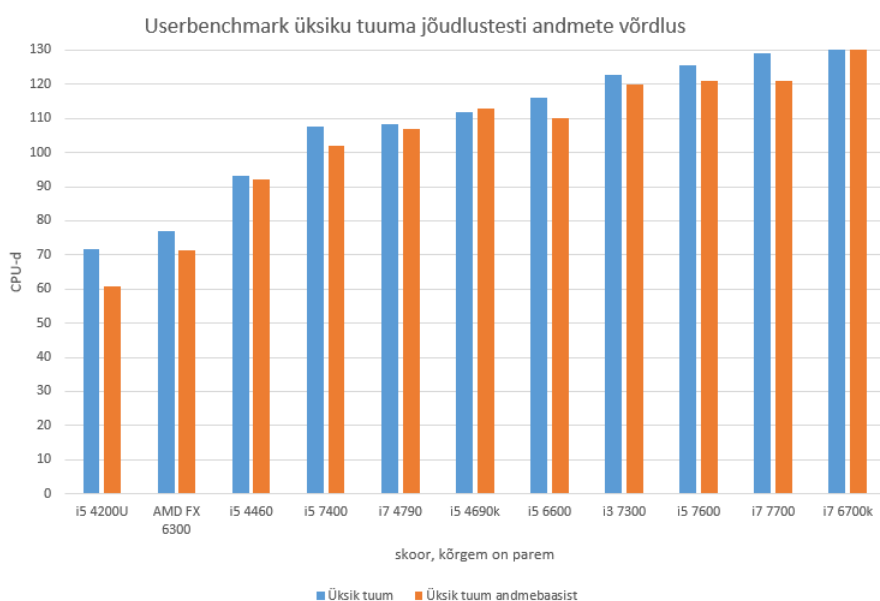
lemuste tabelid, kus on toodud välja kõigi skoorid, efektiivsused võrreldes baasnäitjaga, väärtused võrreldes teiste samat sorti komponentidega.

CPU efektiivsuse indeks saadakse järgenevalt: 30 protsenti üksiku tuuma tulemusest, 60 protsenti 4-tuuma tulemusest ja 10 protsenti mitme tuuma tulemusest. Saadud efektiivsust vaadeldakse võrreldakse nende poolt paika pandud baasnäitajaga [84]. Kõigis testides tehakse ujukoma ja täisarvu operatsioonidega seotud algoritme.

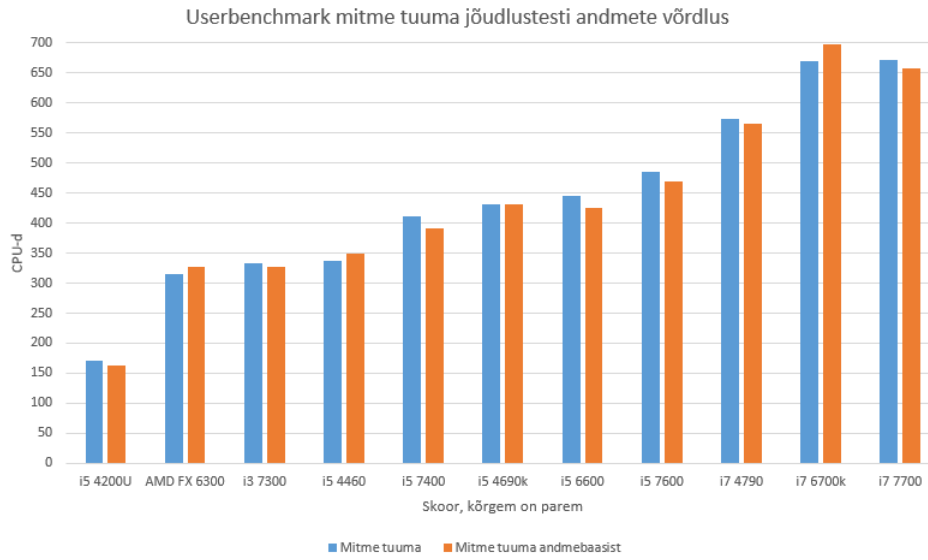
GPU efektiivsust mõõdetakse nende poolt loodud 6 testiga. Efektiivsus saadakse nende keskmise kaadrisagedusest [84].

### 5.6.1 Tulemused:

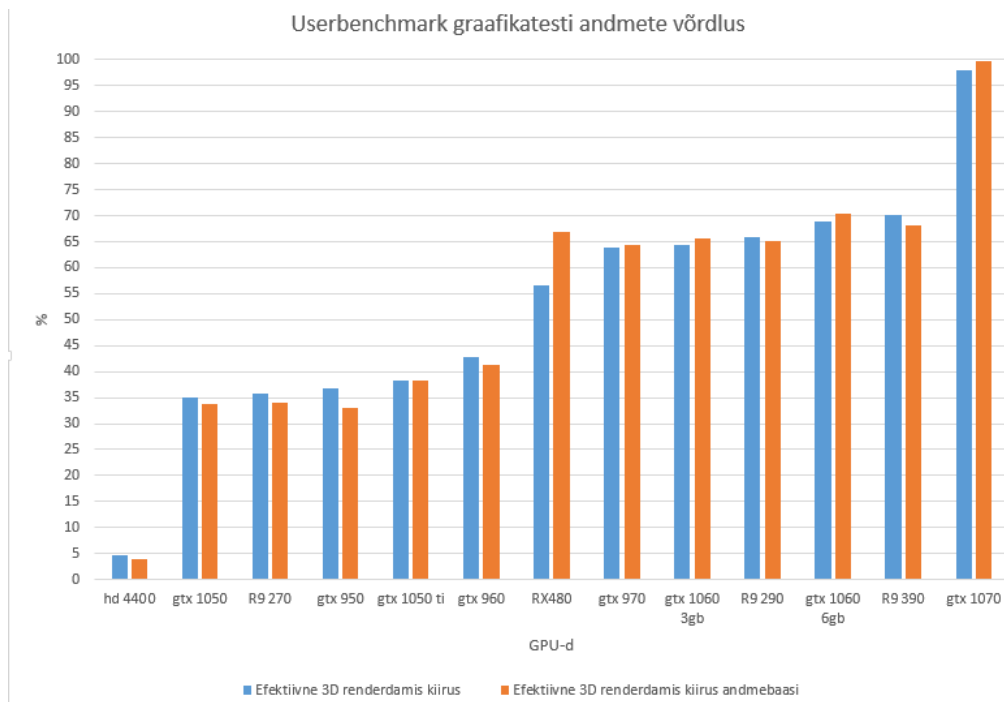
Joonisel 17. on näha, et autori saadud tulemused on CPU andmebaasis [85] olevate andmetega sarnane. Kuna sülearvutite tulemused sõltuvad väga nende individuaalsest seadistamisest, näiteks protsessori jooksumine erinevatel töörežiimidel erinevatel aegadel või kui vana on juba arvuti. Lauaarvuti protsessorite tulemused on kõik sarnased. Järjekordselt on protsessorite jõudluste järjestused samad, mis Joonisel 12. ja 15..



Joonis 17. Userbenchmark jõudlustest üksiku tuuma jõudlusest.



Joonis 18. Userbenchmark jõudlustest mitme tuuma jõudlusest.



Joonis 19. Userbenchmark jõudlustest GPU efektiivsusest.

Ka mitme tuuma jõudlustestis Joonisel 18. ,et saadud tulemused on sarnased [85]. Protsessori jõudlused on siingi sama järjestusega võrreldes teiste CPU testidega. Graafikatestiski Joonisel 19. on näha, et autori ja andmebaasi [86] tulemused on sarnased ja siingi on näha sama järjestust nagu Joonistel 6.,10. ja 14..

### **5.6.2 Ose kokkuvõte:**

Antud tulemuste põhjal valideerib autor jõudlustesti. Kõik eelnevad järeldused, mis teiste jõudlustestide juures tehtud, kehtivad ka siin. Userbenchmark keskkonna eelised võrreldes teiste jõudlustestidega on funktsioon komplekteerida virtuaalselt arvuti, mida saab võrrelda teiste samasuguste arvutitega, komponente valides antakse soovitusi, millised komponendid sobiks antud süsteemiga, saab võrrelda kaadrite sagedusi erinevate videomängude mängimisel ning antakse soovitusi olemasoleva arvuti värskendamiseks. Võrreldes teiste testidega, on antud veebikeskkonnas tulemusi ka muutmälu, püsिमälu ja ka USB seadmete kohta.

## 5.7 Passmark benchmark 9

Passmark [87] Performance test [88] kuulub Passmark Software Pty Ltd-e [89]. Aastast 1998 on firma tegelnud jõudlustestide ja diagnostika tarkvara tootmisega. Hiljuti laienesid nad digitaal kohtuekspertiisi alale. Samuti tegeleb firma ka IT konsultatsiooniga, mille klientideks on erinevate valitsuste organisatsioonid kuni IT hiiglasteni välja, kelle hulka kuuluvad ka Microsoft ja Intel. Passmark hoiab üleval maailma suurimat CPU jõudlustestide lehte, kuhu kuulub üle 600,000 jõudlustesti tulemuse [89].

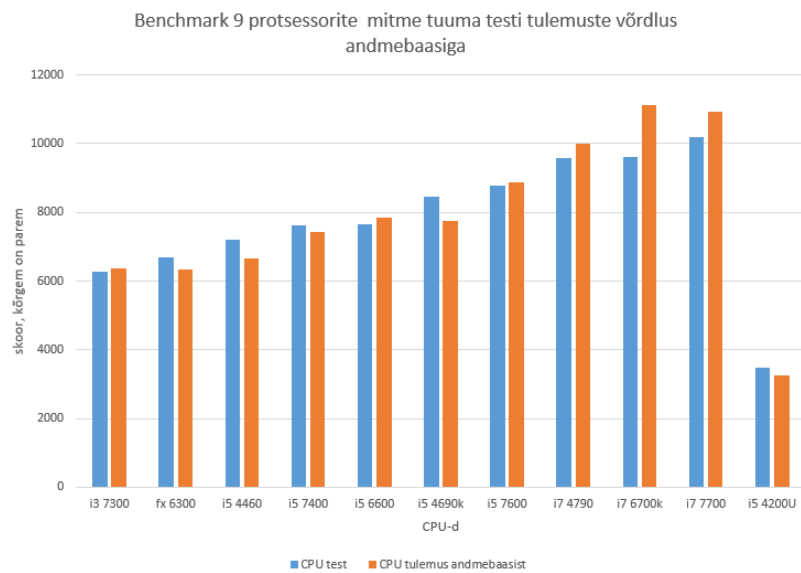
Performance 9 [88] test ise koosneb viiest osast:

- **protsessori test:** täisarvu ja ujukoma operatsioonid, kompressioon, krüpteering ja füüsika algoritmid;
- **2D graafika test:** vektor graafika, bitmap graafika, tekstid, fondid ning GUI elemendid;
- **3D graafika test:** 3D objektid stsenaariumis;
- **salvestusseadme test:** lugemine, kirjutamine, faili failisüsteemist otsimine;
- **muutmälu test:** kättesaadavus ja kasutuskiirus;

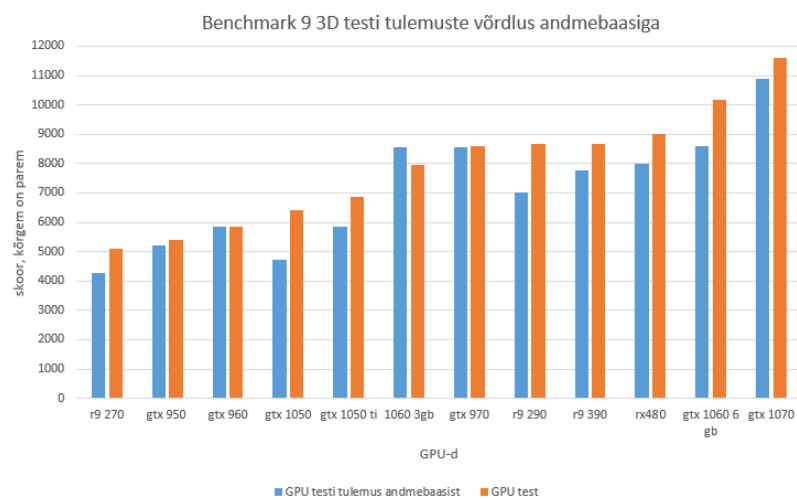
Võrrandid, millega tulemusi arvutatakse, leiab Passmark-i foorumist [90]. Jõudlustesti saab tõmmata täisversioonis Performance 9 [88] lehelt.

### 5.7.1 Tulemused:

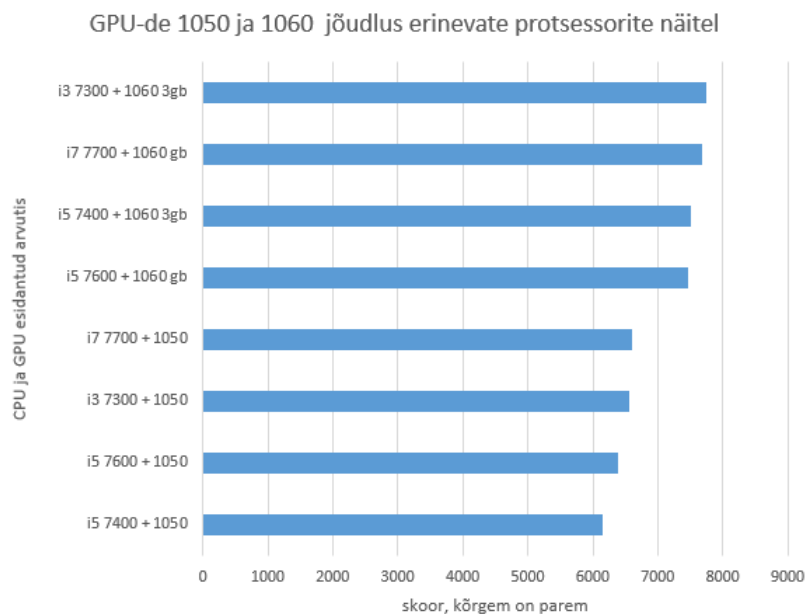
Jooniselt 20. on näha tulemused on sarnased andmebaasis [91] olevatele tulemustele. Kõik väited, mis kehtinud eelmiste protsessorite testide peale tunduvad kehtivat ka siin.



Joonis 20. Benchmark 9 tulemused protsessori jõudlustestis.



Joonis 21. figure  
Benchmark 9 tulemused graafika jõudlustestis.



Joonis 22. Benchmark 9 tulemused graafika jõudlustestis.

Joonist 21. puhul on samuti näha, et testi tulemused sarnanevad passmark gpu andmebaasist [92] saadud tulemustele. Jooniselt 22. on näha sarnast järjestikku graafika testidega nagu Joonistel 14. ja 6. , kus võimsam protsessor CPU ja GPU koostöös annab minimaalset jõudluse paranemist ning võimsama GPU olemasolu, aga annab kordades jõudlust juurde.

### 5.7.2 Osa kokkuvõte

Autori poolt saadud Benchmark 9 jõudlustestid nii CPU kui GPU testides sarnanesid Passmark andmebaasidest [91, 92] saadud tulemustega ning seetõttu on jõudlustest valideeritud. Nagu ka Userbenchmark keskkonnas, on ka Passmark-is peale CPU ja GPU graafikute olemas muutmälude ja püsimälude kohta hulganisti informatsiooni. Passmark keskkonnas on vähem erinevaid funktsioone, kui Userbenchmark-s, aga selle eest on seal rohkem andmeid, mistõttu on paljud tulemused täpsemad võrreldes teiste jõudlustestide keskkondadega.

## 5.8 Ülikooli arvutiklassi arvuti

	i7 3770 @ 3.4GHz	i5 4200U @ 2.3GHz	i3 7300 @ 4.0 GHz + gtx 1060 3gb
Passmark			
CPU skoor	9357	3478	6259
GPU skoor	516	499	8546
Fire Strike			
Skoor	565	501	9389
Füüsika test	29.21	8.22	21.77
Kombineeritud test	0.97	0.79	17.85
Cinebench R15			
CPU skoor	670	219	439
Userbenchmark			
Üksik tuum skoor	107	71.7	122.67
Mitme tuuma skoor	522	171	486.5
hline Graafika efektiivus %	4.13	4.67	64.42
Heaven			
Skoor	84	81	2062
FPS	3.3	3.1	79.6
PCMark 8 conventional creative			
Skoor	2538	2025	4473
Aeg (hh,mm,ss)	1:01:50	1:01:02	00:47:28
Pilditöötlus (s)	30.8	58.17	29.56
graafika FPS	1.63	2.19	45.81

Tabel 1. Ülikooli arvutiklassi arvuti, äriklassi sülearvuti ja testsüsteemi võrdlus.

Tabelis 1. on kujutatud ülikooli arvutiklassi arvutit, äriklassi sülearvuti ning üht testsüsteemi. i3 7300 + 1060 3gb süsteem oli valitud, kuna eelnevate testide põhjal oli see üks kõige säästlikumaid komponentide kombinatsioone, samas olles üsna kõrge jõudlusega. Vaadeldes Tabelis 1. Fire Strike ja Heaven tulemusi, on näha, et integreeritud kaartide puhul ei ole näha erilist jõudluse vahet protsessori ja graafika kombineeritud testis. Seevastu, võrreldes i3 7300 ja i7 3770 Fire Strike füüsika testi ja kombineeritud

testiga, on näha, et kuigi i3 7300 annab füüsika testis vähem jõudlust, on kombineeritud testis i3 7300 süsteemist saadav tulemus kordades parem. Kõikides vaadeldud jõudlustestides Tabelis 1. on näha, et vaadeldud integreeritud GPU-d töötavad sarnaselt, aga eraldatud võimsam graafikakaart annab mitmeid kordi paremaid tulemusi. i7 3770 on 4 tuuma ja 8 lõime võrreldes i3 7300-ga, millel 2 tuuma ja 4 lõime. Tabelis 1. on näha, et mitmet tuuma kasutavates testides i7 3770 saab 1/3 võrra paremini hakkama, kui i3 7300, aga i3 7300 on võimsam üksikut tuuma kasutades.

## 5.9 Praktilise osa kokkuvõte

Seitsmest testitud jõudlustestist valideeriti ära 6, millest Cinebench R15 oli valideeritud osaliselt. Jõudlustestidest, kus mõõdeti protsessori ja videokaarti koostööd oli näha, et suure jõudlusega videokaart ning nõrgema protsessoriga arvuti andis kõrgemat jõudlust testides kui võimsa protsessori ning nõrgema videokaardiga arvuti. Näha oli, et võimsam videokaart võttis protsessorilt suurema koormuse enda peale, mistõttu said kombineeritud testid kõrgemaid tulemusi. Erinevate protsessorite ning samasuguste videokaartide masinate vahel kombineeritud testides olid tulemuste vahed minimaalsed või mõnikord olematud. Vaadeldes ainult protsessoriga seotud teste oli näha, et sama generatsiooni protsessorite juures maksab klient peamiselt kõrgema protsessori taktsageduse pealt. Ehk paarsada MHz võib maksta juurde kuni 100 eurot, näiteks i5 7400, i5 7500 ja i5 7600. Loomulikult sõltus hind ka tuumade arvust. Intel 4000 seeria ja uue 7000 seeria tulemuste vahe oli samuti väike, kuigi 4000 seeria protsessorid on 4 aastat vanemad võrreldes praegu välja tulnud 7000 seeriaga. Tuumadele keskendudes oli näha, et üksiku tuuma jõudluse erinevus protsessorite vahel oli väike, mis sisuliselt ammendab Moore seaduse, kui vaadelda protsessorite jõudluse kasvamist kaasaegsete protsessorite seas. Märkimisväärne fakt on see, et kuigi autori sülearvuti koos Intel i5 4200U mobiilse protsessoriga andis mitmeid kordi halvemaid tulemusi jõudlustestides, pole see tegelikult reaalses elus nii halva jõudlusega kui võiks arvata, sest autor on kasutanud seda õppeaastate jooksul kõikjal : video editmist, kuigi mitte kõige kiiremini, pilditöötlustes, programmeerimise keskkondades ning ka mõningates videomängudes. Kuigi programmid ei jooksnud alati kõige sujuvamalt, sai internetis surfamist ning muid kontoritöödega seotuid asju vabalt teha. Ehk lauaarvuti protsessori valikul pole mõtet osta väga kallist protsessorit, näiteks i3 7300, i5 7400 või i5 6600 on muljetavaldavad protsessorid, kuigi nad maksavad ainult 150 kuni 220 eurot, sest paljud programmid ei kasuta protsessori jõudlust ära ning nõudlikumate programmide puhul aitab väga hea videokaart jõudluse kasvus rohkem kui mõni kallis protsessor. Lõpetuseks, kui arvuti ostja peaks valima kalli sülearvuti või komplekteeritava lauaarvuti vahel kodu keskkonda, oleks soovituslik valida lauaarvuti, sest jõudluse vahe võrreldes sülearvutitega on kordades suurem, nagu näiteks testitud Elitebook 840 koos Intel i5 4200U ja HD 4400 graafikaga puhul oli näha. Jah, sülearvuti on mobiilsem, aga ilma korraliku hoolduseta ei kesta see kaua töökindlana ning jõudlus raueb sellel veelgi. Seevastu püsib lauaarvuti

ilma hoolduseta aastaid.

## 6 Ülevaatlik turuuuring

Siinses alateemas räägitakse, kuidas erineb arvuti ostmine Eestis jaekaubanduskettidest ja spetsialiseerunud firmadest, kui palju erinevad hinnad komponentide ostmisel Eestis kui ka välismaa veebipoodidest. Uuritud komponentide põhjal vaadeldakse, palju erinevad jõudluse ja hindade suhted erinevate komplektide vahel ning kuidas ja mida oleks kõige targem komponentide puhul osta.

Tehnika hind on ajas muutuv ning seetõttu ei saa võtta kõike töös öeldut üksüheselt. Autori eesmärk on teadvustada, et väikest eeluurimist arvuti juures tehes on võimalik hoida märkataval määral kliendina raha kokku tehnika ostul. Näidetes kasutatud materjalid leiab autori ülikooli kodulehelt [101].

### 6.1 Jaekaubanduskettide võrdlus spetsialiseerunud esindustega

Siin on omavahel võrdluses: ONOFF [109], Arvutitark [6], Euronics [108] ja 1a.ee [106]. Võrdluste juures võrreldakse Arvutitarga ja 1a.ee toodeta valikut ja hindu ONOFF-ist ja Euronics-st ostetavate kaupade vahel. Peale hindade ja toodete valiku vaadeldakse veel toodete kirjeldusi, komplekteerimis võimalusi, kaupluste asukohti. Autor on teadlik, et ka poodidest nagu Arvutitark ja 1a.ee on võimalik arvuteid eelkomplekteerituna osta, aga kuna mõlemad keskenduvad eelkõige riistvara müümisele, vaadeldakse nende puhul ainult komplekteeritavaid arvuteid.

Euronicsi võrdlemisel teiste poodidega valiti Euronics-i veebipoest välja autori poolt piiritlustes välja toodud nõuetega arvuti ning vaadeldi, kui palju maksaks sarnane arvuti komplekteerituna. Näitena vaadeldakse kahe süsteemi.

Esimeseks tooteks oli Lenova IdeaCentre Y700. Toote hind soodustusega 1099 eurot ning täishinnaga 1199 eurot. Süsteem koosneb järgnevatest komponentidest: protsessor Intel i5 6400, videokaart GTX 1060 6 gb, püsimälu 256 gb SSD ja 1 TB HDD, muutmälu 8 gb ning windows 10 home.

Teiseks tooteks oli MSI Codex. Toote hind oli vaatlemise 1139 eurot ning täishind 1299 eurot. Süsteem koosneb järgnevatest komponentidest: protsessor Intel i7-6700, videokaart GTX 1060 3gb, püsimälu 2000 gb HDD, 8 gb RAM ning windows 10 home.

Kummagis tootes kasutatud komponentide kohta polnud mitte mingit kasulikku in-

formatsiooni lisatud. Ei ole täpsustatud mälude, videokaardi, emaplaadi ning PSU tootjaid ega viiteid nendele. See on vajalik kuna näiteks madala kvaliteedika PSU võib riknemise korral kõik arvuti komponendid kahjustada ja videokaartidel on erinevad tehaseseaded.

Autor pani enam-vähem sama komplekti kokku Arvutitarga ning 1a.ee veebilehtedel. Komplekterides süsteemi vaadeldi, et kasutatakse kvaliteetseid komponente. Kvaliteedi määrab ära siin tuntumad tootjad.

Esimese süsteemi hind Arvutitargas komplekteritult oli 858.69 eurot ja 1a.ee's oli see 849.10 eurot. Teise süsteemi hind Arvutitargas oli 873.22 eurot ja 1a.ee's oli see 865.33 eurot. Antud arvutite komplekteerimisel hoitaks rohkem kui 300 kuni 400 eurot kokku, kui ignoreerida allahindlust. Operatsioonisüsteem tuleb pahatihti eraldi omandada, aga sellegi poolest tuleb komplekti hind soodsam. Linux on vabavara, Windows 10 saab tõmmata ja kasutada ilma litsentsita [102], mida hiljem saab aktiveerida. Litsentsi saab osta ostetud arvuti esindusest või Windows-i oma kodulehelt 100 euroga.

Vaadeldes eelkomplekteeritud arvuteid, mida müüakse ONOFF-is, oli hindede vahe sarnane Arvutitarga ja 1a.ee-ga kui olid seda Euronicsi-ga. Erinevalt Euronics-st on ONOFF jaekaubanduskettina hakanud müüma arvuti komponente. Võrreldes hindu erinevate komponentide vahel ONOFF-is, Arvutitarga ning 1a.ee-ga, on näha, et hinnad on natukene kõrgemad ONOFF-is kui teisest kahes kohas. Lisaks sellele on toote valik väike ja mis peamine, ONOFF ei paku komplekteerimise võimalust, parandust ega hooldust.

Arvutitarga eelis 1a.ee ees on, et firmal Arvutitark on esindused kõikjal Eestis. Spetsialiseerunud firmad on jaekaubandustest parem alternatiiv kuna jaekaubandustel on järgnevad probleemid:

- **Väike tootevalik** Spetsialiseerunud kauplustes on tootevalikud oluliselt suuremad ning võimalusel on ka spetsiaalseid tooteid tellida. Jaekaubanduskettides saab osta, mis olemas ning ka siis on olemasoleva kauba valik väike;
- **Kõrged hinnad:** Eelkomplekteeritud arvutite eest küsitakse rohkem raha, kui seda komplekteeritava arvuti eest, seda tihtipeale kuni 25 protsenti arvuti hinnast. Toote hind on erinevate põhjuste pärast kõrgem: kolmanda osapoole käest komplekteeritud arvuti, ebavajalikud lisaseadmed ja silmailu pakkuv kast, mis jõudlust juurde ei anna ja poe omapoolne suur vaheltvõtt;

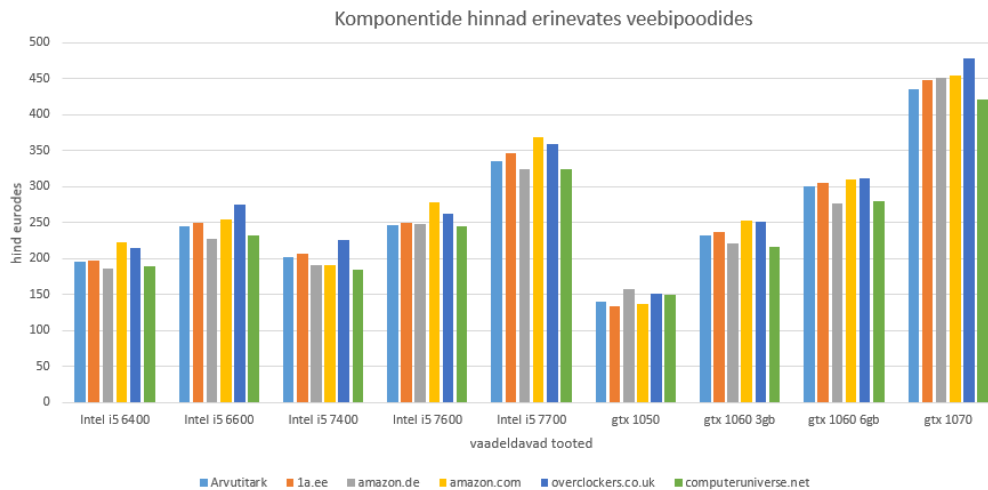
- **Ebamäärane informatsioon toodete kohta:** Jaekaupluste puhul näidatakse komponentide kohta ainult üksikuid numbreid ega viidata tootjatele;
- **Aegunud komponendid:** Spetsialiseerunud ettevõtted vahetavad kiiresti oma laoseise ning teevad suuri soodukaid vanemate komponentide peale. Jaeketid müüvad tihti peale aegunud kaupa ja kui otsustatakse teha sooduspakkumist, siis seegi väike võrreldes esiaglse hinnaga.
- **Hooldus ja Garantii:** Spetsialiseerunud firmades reageeritakse garantii remontidele ja hooldustele kiiremini otseste sidemete tõttu. Jaekaubandus ketid müüvad teiste firmade kaupu, mistõttu hooldusele ja garantiile kuluvad ajad on suuremad;

## 6.2 Komponentide hindade võrdlus Eesti ja välismaa veebipoodide vahel.

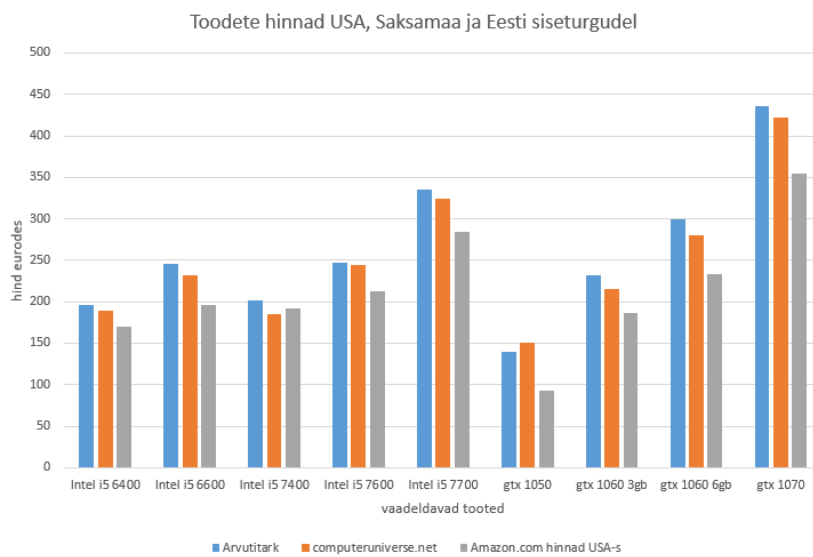
Siinses osas vaadeldakse erinevate komponentide hindu erinevates veebipoodides: amazon.de [103], amazon.com [104], overclockers UK [105], Arvutitark [6], 1a.ee [106] ning computeruniverse.net [107]. Autor pani veebipoodi otsides tähele, et Euroopas tegutsevad ainult üksikud veebipoed, mis tegelevad Euroopa siseselt kaupade saatmisega. Suurem osa veebikauplusi tegelevad ainult, kas piiratud saatmisega tähtsamatesse riikidesse nagu näiteks Holland, Prantsusmaa, Suurbritannia, või ainult oma riigi siseselt.

Joonisel 23. on näha hindu erinevates veebipoodides. Overclockers UK ja amazon.com puhul on sisse arvestatud saatmine ja maksud. Computeruniverse ja amazon.de puhul on saatmine Eestisse üldjuhul tasuta. Amazon.de puhul võib juhtuda aga, et teatud tooteid siinsele turule ei müüda. Joonisel 23. on näha, et Arvutitarga ja 1a.ee hindade puhul on Arvutitarga hinnad natukene soodsamad kui seda 1a.ee-st. Kõige soodsamad hinnad kõikidest veebilehtedest on computeruniverse'l, millele järgneb amazon.de. Kõige kallimad hinnad on aga overclockers UK-l. Nende vahe tuleneb sellest, et Suurbritannias müüvad komponendid on Saksamaalt sisse ostetud, samas kui amazon.de ja computeruniverse müüvad kaupa otse Saksamaa vahe ladudest. Amazon.com hinnad on kõrged kohalike maksude ja pikka tarne tõttu. USA siseselt on tooted palju soodsamad kui seda Saksamaalt ostes, mida on näha Joonisel 24..

Teoreetiliselt on võimalik osta komponente välismaalt odavamalt, seda computeruniverse ja amazon.de näitel. Küsimus on selles, kas kasutaja on nõus riskima võimalike



Joonis 23. Hindade võrdlus erinevate veebilehtede põhjal.



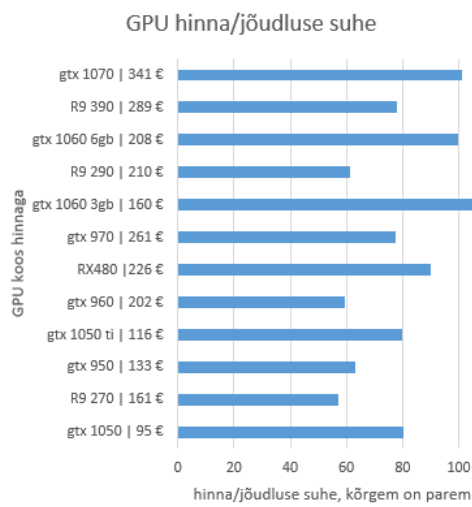
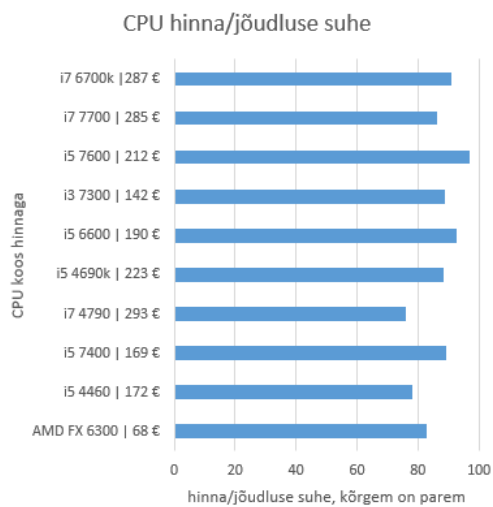
Joonis 24. Komponentide hinnad erinevate maade siseturgudel.

tarne ja garantiiga tekkivate probleemidega. Välismaalt otse tellides on raskem etteteada, millal kaup jõuab, kus kaup igal ajahetkel on ja mis seisukorras see kohalejõudmisel on. Probleemide puhul peab kasutaja ise tegelema toote tagasi saatmisega, tehingu tõestamise ja teiste sarnaste probleemidega. Isegi, kui näiteks Arvutitark on computeruniverse'st väheke kallim, tegelevad nemad garantiist tulenevate probleemidega ning seetõttu on hinnad õigustatud.

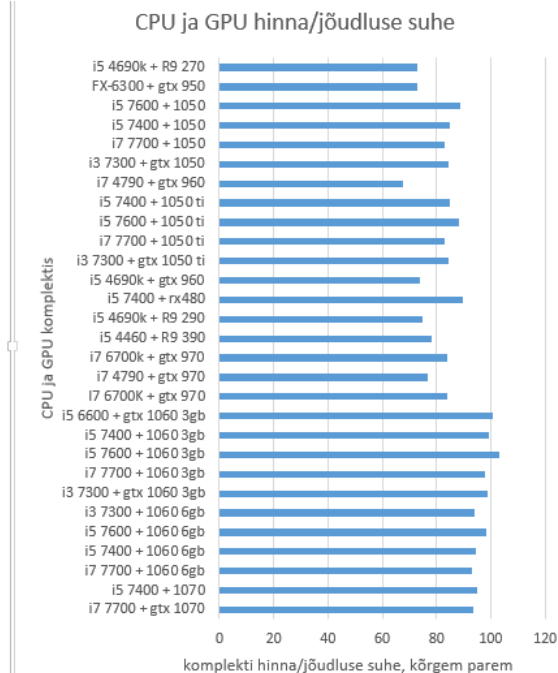
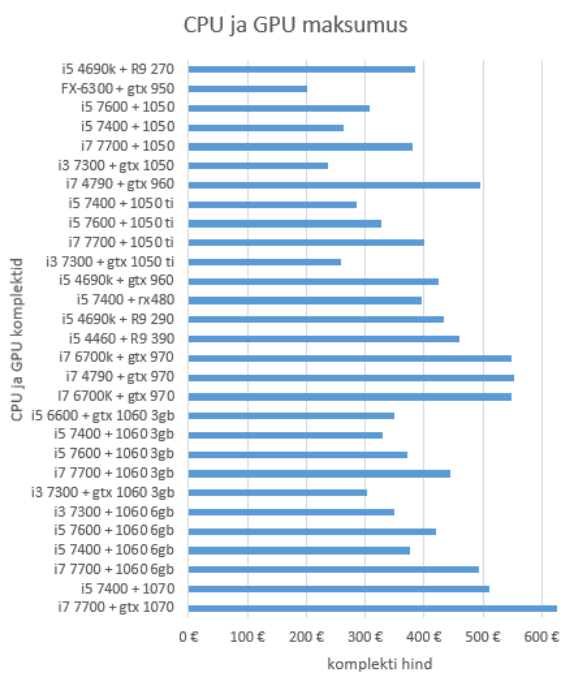
### 6.3 CPU-de ja GPU-de väärtuse hindamine

Osa eesmärk on näidata, et võimalik on valida CPU ja GPU kombinatsioon, mis on võimalikult odav, aga jõudluselt efektiivne. CPU-de ja GPU-de väärtuste vaatlemisel kasutati Userbenchmark'i poolt toodud hindu kuna jõudlustestides vaadeldi komponente, mida Arvutitargas ega 1a.ee-s mai kuu seisuga ei enam leidunud. Userbenchmark kasutab amazon.com hindu, mistõttu on hinnad väiksemad kui seda oleks Eestis, sest hind ei sisalda tarnimist ega kohalikku maksu. Sellegi poolest näitab see ära teatud suhte komponentide vahel, kui samu komponente ostetakse Eestist. Testides kasutatud sülearvuti komponente ei vaadelda, kuna sülearvutite protsessoreid ei müüa eraldi. Mõned tulemused järgnevas joonistes tulid üle 100 protsendi, kuna Userbenchmark võrrandite [129, 130] põhjal olid mõned komponendid palju efektiivsemad nende poolt seatud ülempiirile.

Joonisel 25. on näha protsessorite ja videok kaartide hinna/jõudluse suhet. Vaatleme joonise vasak poolsest graafikust protsessoreid Intel i3 7300 ja Intel i5 7400 ning parem poolsest graafikust gtx 1060 3gb ja gtx 1070. Kuigi Intel i5 7600 oli parima hinna/jõudluse suhtega, oli ta siiski kallim kui teised kaks. Kui vaadelda valitud komponente komplekti i3 7300 + gtx 1060 Jooniste 26,6 ja 14. on näha, et antud testitud arvuti annab väga häid tulemusi CPU ja GPU kombineeritud testi juures nii Heaven kui 3DMark Fire Strike testi juures, seda väga säästliku arvuti komplektiga. Vaadeldes komplekti i5 7400 + 1070, mis eelneva komplektiga poole võrra kallim, vaadeldes samu jooniseid, on näha rohkem kui 1.5 kordset jõudluste vahet. Või vaadeldes Joonisel 26. komplekte i5 7400 + gtx 1070 ja i7 6700k + gtx 970 on näha, et i7 6700k+ gtx 970 on natukene kallim kui i5 7400 + gtx 1070, aga Jooniseid 6. ja 14. vaadeldes on näha, et i5 7400 + gtx 1070 komplekt saavutab palju 1.5 kordseid tulemusi võrreldes i7 6700k + gtx 970 komplektiga. Samu tulemusi on näha ka teiste komplektidega nagu näiteks i7 7400 +



Joonis 25. Komponentide hindade/jõudluste suhted testitud arvutites.



Joonis 26. Komponentide kombineerimise maksumused ja hinna/jõudluse suhted testitud masinatest.

1060 3gb, i5 7400 + 1060 3gb ja i5 6600 + 1060 3gb.

Eelnevate näidete põhjal on näha, et väga edukalt on võimalik soetada endale soodne protsessori ja videokaarti komplekt, mille jõudlus on sama või parem, kui mõnel kallimal komplektil.

## 7 Arvuti komplekteerimine

Siinses alateemas räägitakse lõpetuseks, kuidas ning mille põhjal peaks endale igat arvuti komponenti valima, saavutamaks võimalikult head hinna ja jõudluse suhet arvuti komplekteerimisel. Alateemas kasutatakse eelmistest alateemadest analüüsitud informatsiooni, autori enda kogemusi jõudlustestide jookustamisest praktilises osas ja reaalistest olukordades ning veebikeskkondade artikleid.

Teemades räägitakse protsessori ehk CPU, videokaardi, emaplaadi, muutmälu ehk RAM, andmesalvestus seadmete, toiteallika ehk PSU, arvutikorpuse ning lisaseadmete valimisest. Antud järjestuse järgi peaks komponente valima, kuna kaasaegsemate süsteemide puhul protsessori kinnitus tüübist ehk pesast sõltub emaplaadi valik. Kõik uuemad emaplaadid toetavad PCIe x16 ühendust [110], mida kasutatakse videokaarti ühendamiseks emaplaadile. Emaplaadi valikust sõltub mälu valimine. Salvestusseadmed nagu SSD-d ja HDD-d samuti ühenduvad kõik SATA liideseid kasutades ning tüüp sõltub emaplaadist. PSU valik sõltub ülejäänud komponentide energia tarvitamisest. Arvutikorpus sõltub komponentide suurusest, aga otseselt süsteemi jõudlust ega kiirust ei mõjuta.

Esmalt vaadeldakse protsessorid ja videokaarte. Nagu korduvalt juba mainitud, moodustavad need komponendid peamise süsteemi jõudluse. 3DMark, Heaven ja Passmark Benchmark 9 jõudlustestide tulemuste põhjal oli näha, et protsessori ja videokaarti kombineeritud töös andis kõrgemaid tulemusi parema videokaarti olemasolu arvutis nagu nt Joonisel 6.. Erinevate protsessorite ning samasuguste videokaartidega süsteemide tulemuste juures oli näha, et protsessor ei muuda videokaardi tööd efektiivsemaks ning seetõttu ei tooda mitte mingit lisaväärtust nagu näiteks Joonisel 14. näha. Mõlmetes jõudlustestides nagu Joonistel 17. ja 12. oli näha, et näiteks Intel-i kõige võimsama, milleks oli i7 7700, ja kõige vähem võimsama, milleks oli i3 7300, andsid samasuguseid tulemusi. Välja toodud protsessorite võimsuste vahe Joonisel 11. tulenes ainult erinevate tuumade arvust, kus i3 7300 oli ainult 2 tuuma ja 4 lõime ning i7 7700 oli 4 tuuma 8 lõime. Tegelikuses ei kasuta kodukasutajad selliseid võimuseid ära. Autor, kellel on olemas Intel i5 4690K protsessor 4 tuuma 4 lõimega ning kes on väga tegus videomängude mängija, vahelduva eduga *live streamer* ning videode monteeriija, ei ole kasutanud ära täielikult ära kõiki ressursse, mis kättesaadaval. Samasugusele järeldusele

jõuti näiteks Lifewire [101] ja Rockpapershotgun artiklites [112].

Võttesse arvesse eelnevalt analüüsitud informatsiooni, leiab autor, et protsessori ja videokaarti ostu puhul peaks rahaliste ressusside jagamisel keskenduma järgnevalt:

#### · **protsessori hind < videokaardi hind**

Hindu vaadeldakse, kuna tihtipeale kallim komponent tähendab kõrgema jõudlusega toodet.

Autori poolt on see antud kujul defineeritud kuna, nagu jõudlustestides oli näha, et jõudluselt paremad videokaartid tõestisid tulemusi märkimisvääresel. Protsessorite võrdlused sama videokaartiga tulemuste vahed olid minimaalsed, mistõttu saadav kasu parem protsessori ostul on väike. Seda kõike Jooniste 26, 25, 6 ja 22. näidete põhjal. Näiteks Intel i5 7400 + gtx 1070 on hinnalt ja jõudluselt parem komplekt kui Intel i7 6700k + gtx 970. See ei tähenda otseselt seda, et peaks ostma kõige halvema jõudlusega protsessori. Protsessor peaks olema piisavalt võimas, et toetada videokaarti tööd. Vastasel juhul tekib n-ö "pudelikaelus", kus protsessor ei ole võimeline videokaartilt saadud informatsiooni täielikult edastama. Hea protsessori hind üldjuhul on umbes 150 kuni 260 euro vahel.

Emaplaadi ostul on tähtis kaks asja: protsessori pesa ning hind. Emaplaadid samatüüpi pesadega töötavad jõudluse mõttes sarnaselt. Sama pesa tüübiga emaplaadi hind sõltub emaplaadi suurusel, lisaseadmete ühenduste arvust ning nende paigutustest [113]. Seetõttu ei ole otseselt vahet, kui kallis või odav emaplaat on, peaasi, et see toetaks valitud protsessorit. Uuemate emaplaatide turule tulekuga hinnad ei suurene, vaid toimub kiibistike uuenemine, mis toetavad juba uuema generatsiooni emaplaate ja teisi ühendusi. Hea emaplaadi hind on 60 kuni 90 euro vahel.

Muutmälu ehk RAM tüüp sõltub välja valitud emaplaadist. Kui emaplaat toetab näiteks DDR4 mälu, siis tuleb osta sellele DDR4 muutmälu ning kui emaplaat toetab DDR3 mälu, siis tuleb osta seda. Praegusel hetkel ei ole vahet, kas tegemist on DDR3 või DDR 4 mäluga [114, 115], ning kui kiired need mälud on [117], sest mälu pöördumise kiirus suurendab ka selle viivitust protsessorile. Mälu ei muuda protsessori tööd kiiremaks, mistõttu ei suurenda see ka arvuti süsteemi jõudlust [117]. Ainuke asi, mis aitab arvuti jõudlusele mõningat viisi kaasa on RAM-i suurus. RAM-i mahu suurendamisel suurendatakse arvuti võimet jookustada rohkem programme. Praegusel hetkel on hea suurus 8 GB [118]. DDR3 8GB või DDR4 8GB mälu hinnad jäävad umbes 50-70 euro vahele.

Püsimälu ostmisel peaks ostma nii SSD kui HDD seadme. SSD on küll mahult väiksem ning kallim, kui HDD, aga see on palju kiirem. Operatsiooni süsteemi, Windows või Linux, SSD-l hoiustamine muudab arvuti käivitamist ning kasutamise palju kiiremaks [119, 121]. HDD kasutatakse suuremate failide hoiustamiseks nagu filmid ja mängud. Mõlemad nii SSD kui HDD toetavad SATA ühendust, mis olemas kaasaegsetel emaplaatidel [120]. SSD-l on kiiruste vahel, mistõttu ostimisel peaks jälgima nende kiiruseid. Näiteks 120 GB kingston SSD maksab umbes 60 eurot, kuigi hinnad on pidevalt muutuvad. HDD puhul peaks vaatama mahtu, lugemis ja kirjutamis kiiruseid. Nt 1 TB HDD saab kätte umbes 50 euroga, kuigi mahud ja hinnad on ajas muutuvad.

Toiteallikas ehk PSU ostmisel tuleks tähele panna nende efektiivsust, tootjat ja võimsust. Toiteallika efektiivsus on määratud 80PLUS [122] poolt. 80PLUS viide toote juures näitab selle võimet konverteerida vähemalt 82 protsenti vahelduvvoolust alalisvooluks. Efektiivsus on tähtis, sest antud konverteerimise kõrvalnähuks on soojus, mistõttu suure töökoormuse juures võib halva efektiivsusega toiteallikas ülekuumenda ning toiteallikas võib rikneda. Sellisel juhul võib toiteallikas lasta läbi vahelduvvoolu, mis komponendid hävitab. Toiteallika turul on tootja brand tähtis, sest see garanteerib toiteallika töökindluse [123]. Võimsus sõltub puhtalt komponentide nagu protsessori ja videokaarti energia kasutusest. Kui kasutada üht protsessorit ja videokaarti jääb energia kasutus terves arvutis alla 400W [124]. Kvaliteetse 450W toiteallika saab kätte umbes 40-60 euroga, sõltuvalt tootjast.

Arvutikorpus juures on sisuliselt tähtis selle tehase tüüp. Tavalisemad tehase vormid jagunevad mATX ja ATX-ks. mATX on väiksemat mõõtu emaplaat ning ATX sellest suurem. ATX suurusega arvutikorpusesse mahub ka mATX ning ATX. mATX-i ainult mATX [125]. Arvutikorpus on rohkem ilupärast, sest selle eesmärk on kaitsa seesolevaid komponente põrutuste ja muude väliste tingumuste eest. Kuna korpus ei anna jõudlusele midagi, võib selle osta võimalikult odavalt. Hinnad alates 10-st eurost.

Lisaseadmete valimine on kasutaja enda valik. Lisaseadmete alal kuuluvad näiteks DVD-lugeja ja ID kaarti lugeja. Mõningad lisaseadmed on korpustega ka kaasas. Lisaseadmeid ei ole otseselt arvutile vaja, kõik sõltub kasutaja vajadusest.

## 8 Kokkuvõte

Praktilise uurimusliku töö eesmärk oli uurida jõudlustestide kaasabil lauaarvuti komplekteerimist ja ostmist kodukasutajale. Autor testis läbi seitse erinevat jõudlustestide tarkvara, kasutades eraisikute ja firmas Arvutitark komplekteeritud arvuteid. Jõudlustestide tulemustel jõudis autor järeldustele, et seitsmest kuus jõudlustestide tarkvara oli valideeritud. Nii mitmel tarkvaral oli olemas keskkond, mille põhjal sai erinevaid komponentide paare üksteise vahel võrrelda ja hinnata, neist paremad oli autori hinnangul 3DMark ja Userbenchmark. Testide tulemuste põhjal tuli välja, et erinevate arhitektuuridega protsessorite puhul ei saa hinnata jõudlusi taksageduse, tuumade ja lõimede arve vaadeldes. Näiteks Intel-i i3 7300 2 tuuma ja 4 lõimega on jõudluselt parem kui AMD FX-6300 3 tuuma ja 6 lõimega. Sama arhitektuuriga protsessorite puhul saab taksageduse, samade tuumade ja lõimede puhul komponente võrrelda. Testidest oli näha, et Intel-i protsessorite jõudlused viimaste generatsioonidel pole märkataval määral kasvanud, mis viitab samuti Moore-i seaduse ammendumisele. Protsessoreid ja videokaarte koos vaadeldes oli näha, et võimsa videokaardi olemasolu annab nõrgema protsessoriga süsteemi rohkem jõudlust kui võimsa protsessori ja nõrga videokaartiga süsteem. Samasuguste videokaartidega aga erinevate protsessoritega arvutisüsteemide puhul oli näha, et parema protsessori olemasolu süsteemis andis rakenduses jõudlust juurde minimaalselt. Seetõttu ei ole tark osta kallist protsessorit lauaarvutile, sest võimas videokaart annab rakendustes rohkem jõudlust, kui mõni kallis protsessor. Lisaks sellele on tänapäevased protsessorid niivõrd võimsad, et kasutajad ei kasuta neil olemasolevat protsessori arvutusjõudlust rakenduste jooksutamisel ära. Töös testitud äriklassi sülearvuti jõudlus võrreldes keskklassi lauaarvutitega oli mitmeid kordi väiksem, mistõttu ei soovita autor osta sülearvutit raskemate toimingute tegemiseks nagu näiteks pildi- või videotöötlemiseks, sest see on niivõrd ebaefektiivsem. Protsessori valikust sõltub emaplaadi valik ning emaplaadi valikust muutmälu, püsिमälu ja toiteallika valik. Muutmälu puhul ei ole tähtis, kas tegemist on DDR3 või DDR4 tüüpi mälu ning kui kiire see on. Muutus arvuti töökiiruses on kõrgematel kiirustel minimaalne või olematu. Tähtis on seevastu aga maht, mistõttu võiks arvesta 8 GB-ga. Püsिमälu puhul peaks valima endale SSD, mis mahutaks ära operatsioonisüsteemi ja seejärel endale sobiva mahuga HDD ketta muude failide jaoks. Lauaarvuti peaks laskma komplekteerida spetsialiseerunud firmas nagu näiteks Arvutitark, sest jaekaubanduskettides eelkomplekteeritud arvutid on kallimad,

ei ole iial teada, kui kvaliteetseid komponente need sisaldavad, valik väike ning garantiiga ei tegeleta otse. Välismaalt on võimalik komponente natukene odavamalt osta, aga probleeme võib tekkida tarne ja garantiiga.

## Viited

- [1] Benchmarking, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Benchmark\\_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Benchmark_(computing))", (23.04.2017)
- [2] Eurostat: Wages and labour costs, "[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Wages\\_and\\_labour\\_costs#Further\\_Eurostat\\_information](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Wages_and_labour_costs#Further_Eurostat_information)", (23.04.2017)
- [3] OECD average wages, "<https://data.oecd.org/earnwage/average-wages.htm>", (23.04.2017)
- [4] Keskklass arvuti definitsioon, "<https://www.reference.com/technology/midrange-computer-system-8bfd4fab139eb50e#>", (23.04.2017)
- [5] Keskklass arvuti hinna defineerimine, "<http://www.computershopper.com/desktops/midrange-desktops/midrange-desktops-750-to-1-499>", (23.04.2017)
- [6] Arvutitarga koduleht, "<https://arvutitark.ee/>", (23.04.2017)
- [7] Arvutitarga tootekirjeldustest võetud pildid, "<http://www.arvutitark.ee>", (23.04.2017)
- [8] Arvutus jõudluse definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_performance](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_performance)", (24.04.2017)
- [9] Android jõudlustestides pettmine, "<http://www.anandtech.com/show/7384/state-of-cheating-in-android-benchmarks>", (24.04.2017)
- [10] Jõudlustestide jooksutamine, "[http://www.pcworld.com/article/258473/how\\_to\\_benchmark\\_your\\_pc\\_for\\_free.html](http://www.pcworld.com/article/258473/how_to_benchmark_your_pc_for_free.html)", (24.04.2017)
- [11] Mälu ja selle mõju arvutisüsteemile, "<http://www.computermemoryupgrade.net/memory-influence-on-performance.html>", (25.04.2017)

- [12] Linus Tech Tips: kõrge mälu kiirus arvutisüsteemile, "[https://www.youtube.com/watch?v=D\\_Yt4vSZKVk](https://www.youtube.com/watch?v=D_Yt4vSZKVk)", (25.04.2017)
- [13] Personaal arvuti definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Personal\\_computer](https://en.wikipedia.org/wiki/Personal_computer)", (25.04.2017)
- [14] PSU ehk toiteallika definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Power\\_supply\\_unit\\_\(computer\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Power_supply_unit_(computer))", (25.04.2017)
- [15] Emaplaadi definitsioon, "<https://en.wikipedia.org/wiki/Motherboard>", (25.04.2017)
- [16] RAM-i definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Random-access\\_memory](https://en.wikipedia.org/wiki/Random-access_memory)", (25.04.2017)
- [17] Arvuti salvestus seadmed, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_data\\_storage](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_data_storage)", (25.04.2017)
- [18] SSD definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state\\_drive](https://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive)", (25.04.2017)
- [19] HDD defintsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Hard\\_disk\\_drive](https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_disk_drive)", (25.04.2017)
- [20] GPU definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Graphics\\_processing\\_unit](https://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_processing_unit)", (25.04.2017)
- [21] GPU kiirendatud arvutamine, "<http://www.nvidia.com/object/what-is-gpu-computing.html>", (25.04.2017)
- [22] CPU definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Central\\_processing\\_unit](https://en.wikipedia.org/wiki/Central_processing_unit)", (25.04.2017)
- [23] Nvidia avaleht, "<http://www.nvidia.com/content/global/global.php>", (25.04.2017)
- [24] AMD avaleht, "<http://www.amd.com/en/home>", (25.04.2017)

- [25] Intel-i avaleht, "<http://www.intel.com/content/www/us/en/homepage.html>", (25.04.2017)
- [26] Gigabyte Technology avaleht, "<http://www.gigabyte.com/>", (25.04.2017)
- [27] ZOTAC avaleht, "<https://www.zotac.com/>", (25.04.2017)
- [28] EVGA Corporation avaleht, "<http://www.evga.com/>", (25.04.2017)
- [29] Riistvara tootjate nimekiri, "[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_computer\\_hardware\\_manufacturers/](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_computer_hardware_manufacturers/)", (25.04.2017)
- [30] hüper-hargtöötlus, "<https://en.wikipedia.org/wiki/Hyper-threading>", (25.04.2017)
- [31] Why you cant use cpu clock speed to compare computer performance, "[https://www.howtogeek.com/177790/why-you-cant-use-cpu-clock-speed-to-compare-computer-performance](https://www.howtogeek.com/177790/why-you-cant-use-cpu-clock-speed-to-compare-computer-performance/)", (25.04.2017)
- [32] Lõime definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Thread\\_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Thread_(computing))", (25.04.2017)
- [33] Moore'i seaduse definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s\\_law](https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law)", (25.04.2017)
- [34] 40 aasta andmed mikroprotsessorite trendidest, "<https://www.karlrupp.net/2015/06/40-years-of-microprocessor-trend-data/>", (25.04.2017)
- [35] Jõudlustest definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Benchmark\\_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Benchmark_(computing))", (25.04.2017)
- [36] How to benchmark your pc, "[http://www.pcworld.com/article/236004/how\\_to\\_benchmark\\_your\\_pc.html](http://www.pcworld.com/article/236004/how_to_benchmark_your_pc.html)", (25.04.2017)
- [37] 3DMark-i tutvustav veebileht, "<https://www.futuremark.com/benchmarks/3dmark>", (25.04.2017)

- [38] PCMark-i tutvustav veebileht, "<https://www.futuremark.com/benchmarks/pcmark8>", (25.04.2017)
- [39] Heaven-i jõudlustesti tutvustav veebileht, "<https://benchmark.unigine.com/heaven?lang=index.php>", (25.04.2017)
- [40] Userbenchmark-i tutvustav veebileht, "<http://www.userbenchmark.com/Software>", (25.04.2017)
- [41] Geekbench avaleht, "<http://geekbench.com/>", (25.04.2017)
- [42] Passmark benchmark 9 tutvustav veebileht, "<http://www.passmark.com/products/pt.htm>", (25.04.2017)
- [43] Cinebench-i tutvustav veebileht, "<https://www.maxon.net/en/products/cinebench/>", (25.04.2017)
- [44] CAD defineerimine, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design)", (26.04.2017)
- [45] Futuremark avaleht, "<https://www.futuremark.com/>", (26.04.2017)
- [46] UL-i missioon, "<http://www.ul.com/aboutul/our-mission/>", (26.04.2017)
- [47] Ohutusteadus definitsioon, "<https://www.journals.elsevier.com/safety-science/>", (26.04.2017)
- [48] VR definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_reality](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality)", (26.04.2017)
- [49] Futuremark arendus programm ja koostöö partnerid, "<https://www.futuremark.com/business/benchmark-development-program>", (26.04.2017)
- [50] Ülekiirendamise definitsioon ja kasutus, "<https://en.wikipedia.org/wiki/Overclocking>", (26.04.2017)

- [51] Mänguri arvuti definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Gaming\\_computer](https://en.wikipedia.org/wiki/Gaming_computer)", (26.04.2017)
- [52] 3DMark basic edition allalaadimine, "<https://www.futuremark.com/support/downloads>", (26.04.2017)
- [53] 3DMark veebipõhine andmebaas, "<http://www.3dmark.com/search>", (26.04.2017)
- [54] 3DMark jõudlustestide manuaal, "[http://s3.amazonaws.com/download-aws.futuremark.com/3DMark\\_Technical\\_Guide.pdf](http://s3.amazonaws.com/download-aws.futuremark.com/3DMark_Technical_Guide.pdf)", (26.04.2017)
- [55] Kaadrisageduse definitsioon, "<https://et.wikipedia.org/wiki/Kaadrisagedus>", (26.04.2017)
- [56] Intel'i 4000 seeria informatsiooni tabel, "<https://ark.intel.com/products/family/75024/4th-Generation-Intel-Core-i5-Processors>", (26.04.2017)
- [57] PCMark 8 infoleht, "<https://www.futuremark.com/benchmarks/pcmark8>", (26.04.2017)
- [58] PCMark 8 tehniline manual, "[http://s3.amazonaws.com/download-aws.futuremark.com/PCMark\\_8\\_Technical\\_Guide.pdf](http://s3.amazonaws.com/download-aws.futuremark.com/PCMark_8_Technical_Guide.pdf)", (26.04.2017)
- [59] Geomeetriline keskmine definitsioon, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Geometric\\_mean](https://en.wikipedia.org/wiki/Geometric_mean)", (26.04.2017)
- [60] Cinebench R15 infoleht, "<https://www.maxon.net/en/products/cinebench/>", (27.04.2017)
- [61] MAXON studio avaleht, "<https://www.maxon.net/en/>", (27.04.2017)
- [62] Maxon ülevaade, "<https://www.maxon.net/en/products/cinema-4d/overview/>", (27.04.2017)

- [63] Cinebench protsessorite andmebaas, "[http://www.cpu-monkey.com/en/cpu\\_benchmark-cinebench\\_r15\\_multi\\_core-8](http://www.cpu-monkey.com/en/cpu_benchmark-cinebench_r15_multi_core-8)", (27.04.2017)
- [64] Heaven koduleht, "<https://benchmark.unigine.com/heaven>", (27.04.2017)
- [65] Unigine koduleht, "<https://unigine.com/en/company/profile>", (27.04.2017)
- [66] Unigine loodav tarkvara, "<https://unigine.com/en/products/engine/versatile-platform>", (27.04.2017)
- [67] Heaven youtube keskkonnas, "<https://www.youtube.com/results?sp=CAI%253D&q=heaven+benchmark>", (27.04.2017)
- [68] Youtube, "<https://www.youtube.com>", (27.04.2017)
- [69] Geekbench 4 koduleht, "<http://geekbench.com/>", (27.04.2017)
- [70] Primate lab koduleht, "<http://www.primatelabs.com/>", (27.04.2017)
- [71] Dell koduleht, "<http://www.dell.com>" (27.04.2017)
- [72] HP koduleht, "<http://www.hp.com>" (27.04.2017)
- [73] LG koduleht, "<http://www.lg.com>" (27.04.2017)
- [74] Samsung koduleht, "<http://www.samsung.com>", (27.04.2017)
- [75] Microsofti koduleht, "<https://www.microsoft.com>", (27.04.2017)
- [76] Geekbench dokumentatsioon, "<http://geekbench.com/doc/geekbench4-cpu-workloads.pdf>", (27.04.2017)
- [77] Geekbench üldtulemuste leht, "<https://browser.primatelabs.com/processor-benchmarks>", (27.04.2017)
- [78] Geekbench tulemuste otsingumootor, "<https://browser.primatelabs.com/v4/cpu/search>", (27.04.2017)

- [79] Geekbench tulemuste näide i3 7300 põhjal, "<https://browser.primatelabs.com/v4/cpu/search?dir=desc&q=i3+7300&sort=score>", (27.04.2017)
- [80] Geekbench tulemuste näide i5 7600 põhjal, "<https://browser.primatelabs.com/v4/cpu/search?dir=asc&q=i5+7600&sort=score>", (27.04.2017)
- [81] Geekbench tulemuste näide i7 4790 põhjal, "<https://browser.primatelabs.com/v4/cpu/search?dir=asc&q=i7+4790&sort=score>", (27.04.2017)
- [82] Userbenchmark koduleht, "<http://www.userbenchmark.com>", (27.04.2017)
- [83] Userbenchmark missioon, "<http://www.userbenchmark.com/page/about>", (27.04.2017)
- [84] Userbenchmarki efektiivsuse arvutamine, "<http://www.userbenchmark.com/Faq/What-is-UBM-Effective-Speed/95>", (27.04.2017)
- [85] Userbenchmark protsessori andmebaas, "<http://cpu.userbenchmark.com/>", (27.04.2017)
- [86] Userbenchmark gpu andmebaas, "<http://gpu.userbenchmark.com/>", (27.04.2017)
- [87] Passmark koduleht, "<https://www.passmark.com>", (27.04.2017)
- [88] Passmark Benchmark 9 informatsiooni ja tõmbamise leht, "<https://www.passmark.com/products/pt.htm>", (27.04.2017)
- [89] Passmark firma kohta, "<https://www.passmark.com/about/index.htm>", (27.04.2017)
- [90] Passmark võrrandid, "<http://www.passmark.com/forum/performancetest/4599-formula-cpu-mark-memory-mark-and->

- disk-mark?4490-Formula-CPU-mark-memory-mark-and-disk-mark=", (27.04.2017)
- [91] Passmark cpu andmed, "[http://www.cpubenchmark.net/cpu\\_list.php](http://www.cpubenchmark.net/cpu_list.php)", (27.04.2017)
- [92] Passmark gpu andmed, "[http://www.videocardbenchmark.net/gpu\\_list.php](http://www.videocardbenchmark.net/gpu_list.php)", (27.04.2017)
- [93] Computer performance, "[https://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_performance](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_performance)", (05.05.2017)
- [94] Computer, "<https://en.wikipedia.org/wiki/Computer>", (05.05.2017)
- [95] Taktsagedus, "<https://et.wikipedia.org/wiki/Taktsagedus>", (05.05.2017)
- [96] Keeleveeb arvutikasutaja sõnastik, "<http://www.keeleveeb.ee/>", (05.05.2017)
- [97] Riistvara, "<https://et.wikipedia.org/wiki/Riistvara>", (05.05.2017)
- [98] Lõim (informaatika), "[https://et.wikipedia.org/wiki/L%C3%B5im\\_\(informaatika\)](https://et.wikipedia.org/wiki/L%C3%B5im_(informaatika))", (05.05.2017)
- [99] Graafikaprotsessor, "<https://et.wikipedia.org/wiki/Graafikaprotsessor>", (05.05.2017)
- [100] Videokaart, "<https://et.wikipedia.org/wiki/Videokaart>", (05.05.2017)
- [101] Autori ülikooli serveris asuv koduleht, "[http://kodu.ut.ee/~rio/lkkjtp\\_rioschults/](http://kodu.ut.ee/~rio/lkkjtp_rioschults/)", (05.05.2017)
- [102] How to install windows 10 on your pc, "<https://www.howtogeek.com/244678/you-dont-need-a-product-key-to-install-and-use-windows-10/>", (05.05.2017)

- [103] Amazon.de avaleht, "<https://www.amazon.de/>", (05.05.2017)
- [104] Amazon.com avaleht, "<https://www.amazon.com/>", (05.05.2017)
- [105] Overclockers UK avaleht, "<https://www.overclockers.co.uk/>", (05.05.2017)
- [106] 1a avaleht, "<http://www.1a.ee/>", (05.05.2017)
- [107] Computeruniverse avaleht, "<https://www.computeruniverse.net/en/>", (05.05.2017)
- [108] Euronics avaleht, "<https://www.euronics.ee/>", (05.05.2017)
- [109] ONOFF avaleht, "<http://onoff.ee>", (05.05.2017)
- [110] Laienduskaart PCI-express, "[https://en.wikipedia.org/wiki/PCI\\_Express](https://en.wikipedia.org/wiki/PCI_Express)", (05.05.2017)
- [111] Is having more processor cores always better?, "<https://www.lifewire.com/multiple-core-processors-832453>", (05.05.2017)
- [112] Why you dont need more than four cpu cores, "<https://www.rockpapershotgun.com/2015/03/05/quadcore-gaming/>", (05.05.2017)
- [113] How to choose a motherboard, "<http://www.tomshardware.com/reviews/motherboard-buying-guide,4596.html>", (05.05.2017)
- [114] When RAM speed matters(and how it affects your games), "<http://lifehacker.com/when-ram-speed-matters-and-how-it-affects-your-games-1436679680>", (05.05.2017)
- [115] DDR4 vs DDR4, "<https://www.youtube.com/watch?v=utWnjA4NzSA>", (05.05.2017)
- [116] Does RAM speed really matter?, "[https://www.youtube.com/watch?v=D\\_Yt4vSZKVk](https://www.youtube.com/watch?v=D_Yt4vSZKVk)", (05.05.2017)

- [117] Memory and its influence on performance, "<http://www.computermemoryupgrade.net/memory-influence-on-performance.html>", (05.05.2017)
- [118] How much RAM does your pc need? Probably less than you think, "<https://www.digitaltrends.com/computing/how-much-ram-does-your-pc-need-probably-less-than-you-think/>", (05.05.2017)
- [119] SSD vs HDD: Whats the difference? "<http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2404258,00.asp>", (05.05.2017)
- [120] SSD vs HDD, "[http://www.storagereview.com/ssd\\_vs\\_hdd](http://www.storagereview.com/ssd_vs_hdd)", (05.05.2017)
- [121] Benchmarks dont lie:SSD upgrades deliver huge performance gains, "<http://www.pcworld.com/article/2048120/benchmarks-dont-lie-ssd-upgrades-deliver-huge-performance-gains.html>", (05.05.2017)
- [122] 80 PLUS sertifikat programm, "[https://en.wikipedia.org/wiki/80\\_Plus](https://en.wikipedia.org/wiki/80_Plus)", (05.05.2017)
- [123] How does PSU efficiency affect me ..., "<https://www.techpowerup.com/forums/threads/how-does-psu-efficiency-affect-me-and-do-i-really-need-an-80-plus-gold-power-supply.129456/>", (05.05.2017)
- [124] Computer power supply wattage, "<https://www.lifewire.com/computer-power-supply-wattage-832368>", (05.05.2017)
- [125] Will mATX motherboard fit with ATX case? "<http://www.tomshardware.co.uk/answers/id-2942679/micro-atx-motherboard-fit-atx-case.html>", (05.05.2017)
- [126] Desktop Operating System Market Share Worldwide, "<http://gs.statcounter.com/os-market-share/desktop/worldwide#monthly-201704-201704-map>", (06.05.2017)

- [127] Risks of overclocking the processor, "<http://www.pcguide.com/opt/oc/risksRisksCPU-c.html>", (06.05.2017)
- [128] Overclocking, "<https://en.wikipedia.org/wiki/Overclocking>", (06.05.2017)
- [129] GPU value for money rating, "<http://gpu.userbenchmark.com/Faq/What-is-the-GPU-value-for-money-rating/83>", (06.05.2017)
- [130] CPU value for money rating, "<http://cpu.userbenchmark.com/Faq/What-is-the-Processor-value-for-money-rating/48>", (06.05.2017)
- [131] ARM koduleht, "<https://www.arm.com/>", (10.05.2017)

# Lisad

## I. Koostöö

Antud bakalaureuse töö valmimist toetas Arvutitark [6]. Arvutitark on arvuti- ja elektroonikaupade müügiga tegelev ettevõtte, kelle põhitegevusalaks on arvutustehnika müük ja hooldus. Arvutitark toetas autorit autorile vajaminevate komponentidega, nõuannete, katsekeskkonna ülesseadmisega ning ruumiga, kus oma katseid läbi viia. Katsed viidi läbi 2. ja 3.-ndal märtsil aastal 2017.

Kõik katse tulemustest saadud materjalid, s.h viited tulemustele, võrdlustele, ekraanivaadetele, on lisatud tööga kaasa.

## **II. Tunnustus**

Autor on väga tänulik Jevgeni Novikov'le, kes andis loa ja võimaluse autoril praktilist tööd läbi viia, ning tervele firma Arvutitark garantii- ja hooldusosakonna meeskonnale, kes aitasid autorit töökeskkonna ülesseadmise, hea nõu ning positiivse suhtumisega. Samuti on autor tänulik järgnevatele eraisikutele, kelle loal sai autor koguda informatsiooni neile kuuluvatelt arvutisüsteemidelt: Al William Tammsaar, Eirik Tuvike, Janek Timmas, Kevin Toomas, Kristen Kotkas, Magnar Aruoja, Rasmus Saks, Siim Mumm, Urmo Schults-Kopp ja Kersti Taurus.

### **III. Litsents**

#### **Lihlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, **Rio Schults**,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihlitsentsi) enda loodud teose

##### **Lauaarvuti komplekteerimine kodukasutajale jõudlustestide tulemuste põhjal**

mille juhendajad on Benson K. Muite

- 1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
  3. 3. kinnitan, et lihlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 11.05.2017