



**TAL
TECH**

SISSEJUHATUS: VISUALISEERIMINE

Raido Puust, *MSc, PhD*
professor
raido.puust@taltech.ee

ÜLEVAADE

- Riistvaralised nõuded BIMi kasutuselevõtuks
- Erinevate tarkvaraliste lahenduste erinõuded
- Riistvaraliste nüansside vahel orienteerumine (protsessor, mälu, graafika jne)
- Tööjaama valik lähtuvalt kasutaja profiilist
- Terviklahendused vs komponentidel põhinev ülesehitus

SISSEJUHATUS

- Tarkvara tootjad esitavad tüüpilised nõuded riistvarale (stiilis minimaalne vs soovitatav)
- Sõltuvalt töö ja tarkvara iseloomust, on aga need soovituslikud aspektid erinevad, mistõttu paljud ettevõtted on eelistanud katse-eksituse meetodil läbi proovida, mis töötab, mis mitte, ... samas kui teised baseeruvad puhtalt valmislahendustel

„Wow, this workstation is way too fast for me.“

/Said no one. Ever/

"Wow, see tööjaam on minu jaoks üle mõistuse kiire."

/Mitte kellegi poolt öeldud. Mitte kunagi./

SISSEJUHATUS

- Otsuste vastuvõtmine riistvara osas ei ole lihtne, tihtipeale ei tea ka riistvara müüja konkreetse tarkvara spetsiifikat
- Foorumid, ülevaated – ühesõnaga '*guugeldamine*'?
- Suurim erinevus varasemaga võrreldes, on ühelt poolt see, et projekti failid on mahukamad kui eales varem (vastupidiselt olukorrale, kus olid lihtsalt 2D joonised)
- Sõltuvalt tarkvarast võib ressursikasutus minna intelligentsete objektide manipuleeritavusele (reaalajas?) või ilupiltide/ animatsioonide renderdamisele (reaalajas?)

KASUTAJA VAJADUSED

- **Igapäeva kasutaja** – Üldjuhul kasutab tarkvara (AutoCAD, Revit) baas-funktsionaalsust projekti loomiseks, dokumenteerimiseks ning projekti haldamiseks, kuid ei loo spetsiifilist sisu (komponente, intelligentse loogikaga). Ei tegele visualiseerimisega. Pigem ühe konkreetse tarkvara kasutajad.
- **BIM gurud** – BIM haldajad, *-managerid*, edasijõudnud kasutajad/projekteerijad – kasutavad tarkvara pisimaidki detaile/võimalusi, et viia kontseptsioonimudel ehitatavaks mudeliks; loovad uut sisu, haldavad mudeleid erinevatest allikatest, uuendavad/parandavad projekti. Loovad esialgseid visualiseeringuid (Revit, 3ds Max jt).
- **Visualiseerimise kunnid** – 3D ning visualiseerimise gurud, kes jagavad oma aega projekteerimistarkvara ja visualiseerimispaketi vahel (3ds Max, Lumion jm). Reaalajas renderduste loojad, animatsioonid. Riistvarast maksimumi võtjad.

KASUTAJA VAJADUSED

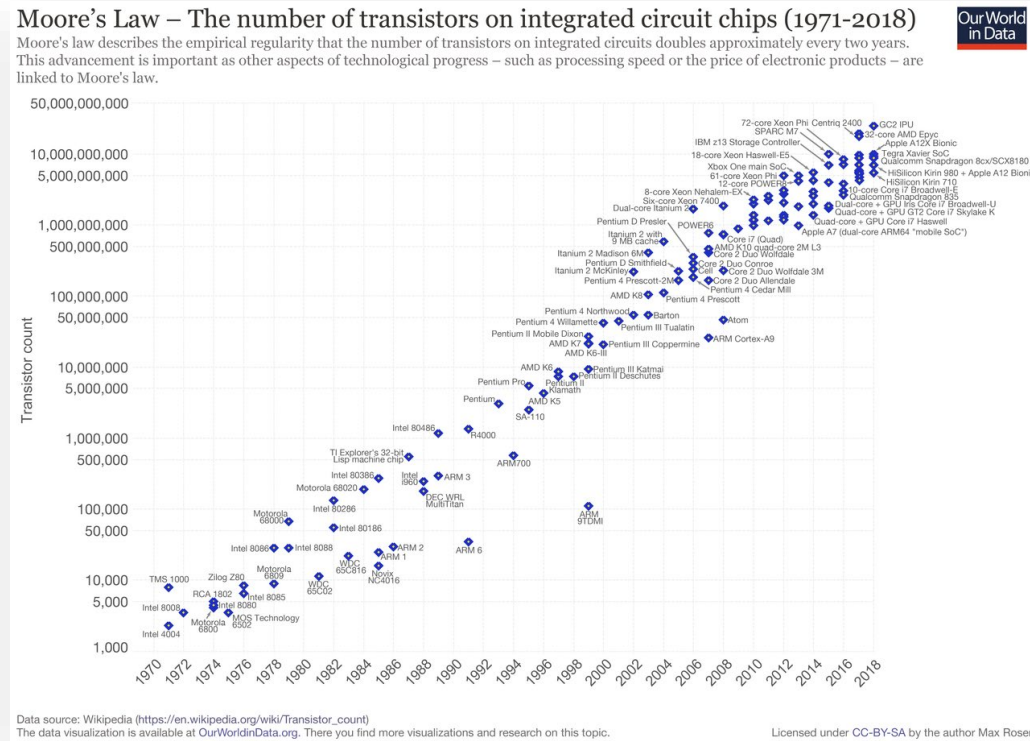
- Igale kasutajale sama lahenduse soetamine ei ole otstarbekas, kuna:
 - Erinevad kasutajad, erinevad töökoormused ja -ootused
 - Visualiseeriija väsib oluliselt kiiremini ootamast kui tavakasutaja
 - Tööjaamade soetamine visualiseeriija lähtepunktist kõigile on aga väga kulukas

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- Mis võiks lähiajal BIM põhise arvutust mõjutada?
 - Võimsuse maksimeerimine vati kohta (energiakasutuse efektiivsus)
 - Paralleelarvutuste suutlikkus, lõimtöötlus (tuumade ja/või protsessorite tähenduses) (*multithreading vs multiprocessing*)
 - GPU (*graphical processing unit* ehk graafikakaart) põhise arvutuse avardumine
 - Virtuaalmudelite võidukäik ning pilveteenuse põhine arvutus
 - Riistvara komponentide hinnastuspoliitika muutus
- See kõik võiks mõjutada meie töökoormust nii üles- kui allapoole (sõltuvalt tehnoloogilistest saavutustest)

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- Energiakasutus vati kohta
 - Kasvab iga-aastaselt (*Moore's Law* – transistoride arv kahekordistub iga 2 aasta tagant; *Gordon E. Moore* – *Inteli* kaasasutaja)



- Saavutatud transistori mõõtmete vähendamisega, ehk siis neid mahub teatud pinnauhikule rohkem
- Hetkel räägime suuruselt: *14 nm (2018) – 5 nm (2020)* (võrdluseks, juuksekarv on *100'000 nm*)
- Tänapäevane protsessor sisaldab kuni *2.6 miljardit* transistori (varasema *2300* asemel – *1971*)
- Energiakasutus vs jahutus vs intelligentne puhke seisund kui võimsust vaja pole
- Tänapäeval ei räägi me seetõttu enam arvutussuutlikkusest nn lauaarvutite tähenduses, aga ka sülearvutid / nutiseadmed / dronid
- Ainuüksi transistoride mõõtmete vähendamisega me ei suuda *Moore* seaduspärasust enam järgida
- *YouTube*: [Transistors & The End of Moore's Law](#)

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

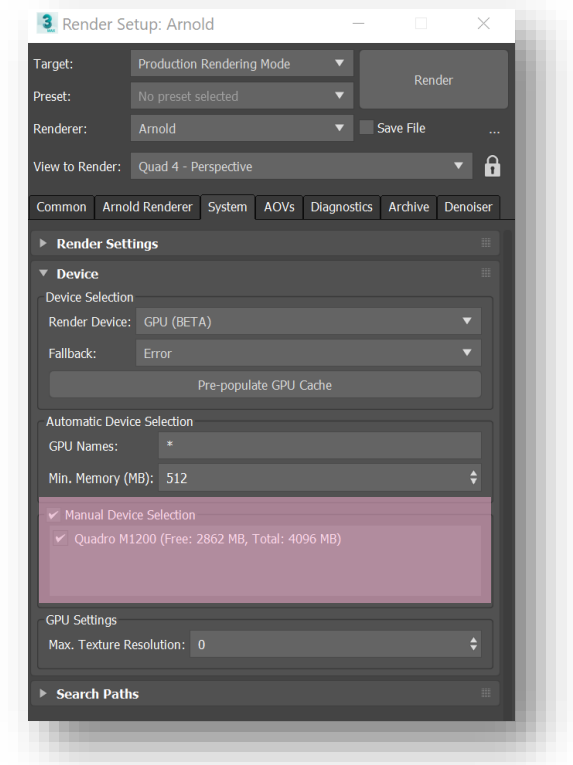
- Paralleelarvutus ning lõimtöötlus
 - Peamine probleem BIMi ning 3D visualiseerimise juures (nt energiaarvutus, fotorealistlik kujutamine, inseneri arvutused) on asjaolu, et need on ühele protsessorile liig, mis liig ja seda siis just efektiivsust arvesse võttes
 - Need ülesanded/probleemid on oma olemuselt paralleelselt toimuvad, mistõttu neid saab jagada väiksemateks tükkideks ning eraldiseisvalt arvutada (ehk siis ei pea ootama eelmise lõpuni arvutamist, enne kui järgmine protsess saab alustada)
 - See käivitas ka paralleelarvutuse ning lõimtöötluse võidukäigu:
 - *Multiprocessing* – erinevate tegevuste suunamine erinevatele protsessori tuumadele (*CPU core*)
 - *Multithreading* – erinevate tegevuste lõimude suunamine erinevatele protsessoritele (üks tegevus võib sisaldada mitut lõimu)
 - Algselt ilmusid mitme-protsessoriga lahendused, siis mitme-tuumalised protsessorid – lihtne reegel, mida rohkem, seda kiiremini sinu süsteem saab reageerida
 - Tänapäeval ka kõige lihtsam nutiseade sisaldab juba mitut protsessori tuuma
 - *Renderdus* (ilupiltide loomine) – kõige lihtsam näide lõimtöötluse kasutusest. Pildi (kaadri) *renderdamine* jagatakse ära protsessori tuumade vahel ning iga protsessor võtab enda kanda teatud osa selle valmimisest (kiirte kimbu peegeldumisel / murdumisel tekkiva värviinfo kogumine pikslile).

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- GPU (*Graphical Processing Unit*) põhine arvutus:
 - GPU on ülesehitatud just pannes rõhku paralleelarvutuste suutlikkusele
 - Kui tänane CPU (*Central Processing Unit*) sisaldab ehk 8 või 32 tuuma, siis GPU-s on neid tuumasid 1000+
 - Kui CPU eelis on tema kiirus, siis piiriks on paralleelarvutuste suutlikkus (tuumade arv)
 - GPU eelis on aga just nimelt paralleelarvutuste suutlikkus ja vähem nende üksikute arvutuste kiirus või siis andmete/tegevuste haldamine/väljajagamine (selle eest vastutab ikkagi CPU)
 - GPU peamine rõhuasetus on varasemalt olnud teatud kindla ülesannete jada lahendamine ja seda kasutati ennekõike graafilise pildi kuvamiseks reaajas (mängudes), mille loomine koosnes siis standardsammudest, mis pidid juhtuma väga kiiresti, et mängukogemus oleks sujuv – sisuliselt toimus pidev 3D stseeni rasterdamine 2D kujutiseks arvuti ekraanile (arvestades kõiki efekte, liikumisi jne).
 - GPU ei olnud algselt mõeldud pildi renderdamiseks, mistõttu oli ekslik arvata, et sellest sõltub pildi (animatsiooni) loomise kiirus. Alles spetsiifilised renderdus-algoritmide edasiarendused on võimaldanud kaasata GPU pildi renderdamise kiirendamiseks.

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- GPU põhine arvutus:
 - Üldiselt peaks GPU seadistused olema alati eraldi valitavad, veendumaks et mingi funktsionaalsus/arvutus toetab GPU-d. Kui ei ole, siis ei maksa eeldada, et toetab!



Autodesk 3ds Max

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

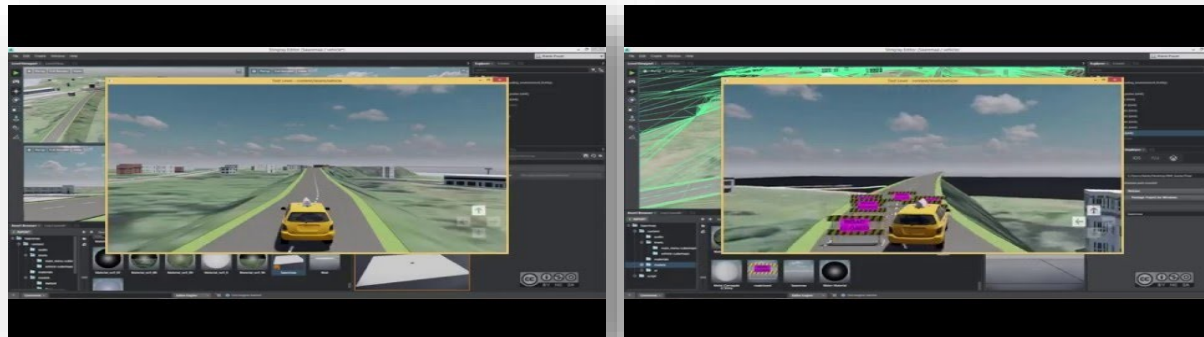
- GPU põhine arvutus:
 - Kui keskenduda renderdusele, siis nn kolmandad tootjad pakuvad tihtipeale erinevaid tooteid, kus siis toetatakse ka GPU-d:
 - V-Ray (3ds Max, Revit)
 - BIM IQ (Revit)
 - GPU võimalusi on avardanud just GPU arvutusplatvormide arendus (nt CUDA – NVIDIA, ning OpenCL – AMD/ATI) – seda arvutusplatvormi nimetatakse lihtsalt ka kui GPGPU (*general-purpose computing on the GPU*)

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- GPU vs *Game Engine* (mängumootor):
 - GPU rakendus/ülesanne on võimaldada reaajas navigeerimine foto-realistlikus keskkonnas
 - Mängumootorite areng on osalt varjutamas renderdusalgoritmide arengut (*v-ray* jt)
 - Mängumootor – see ei ole pelgalt 3ds Max või Maya stiilis modelleerimis-pakett, kus töötatakse 3D objektidega, luuakse tõe-truid materjale, lisatakse fotomeetrilisi valgusallikaid, animatsioonid ning kirjutades programmikoodi objektide omavaheliseks interakteerumiseks, mille lõpptulemusena saadakse staatiline 3D mudel ühes interaktiivsete tiitritega
 - Mängumootor vastandub täielikult, osalt tüütule (klassikaline kaamera liikumine) ja teisalt tavapärasele eeltöödeldud esitlusele/animatsioonile – tegemist on tasuta mängitava mänguga, kus tellija/klient saab avastada ning suhestuda projekteeritava lahenduse/keskkonnaga, mida renderdatakse reaajas
 - Tänapäeval on nende mängumootorite poolt jooksupildid pildi kvaliteet väga kõrge

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- GPU vs *Game Engine* (mängumootor):
 - Enamlevinud mängumootorid on *Unreal Engine* ning *Unity*
 - Üha enam leiavad need kasutamist ka ehituste visualiseerimises
 - Näiteks *Autodesk* omandas 2014 aastal *Bitsquid* mängumootori, mis tänasel päeval on arendatud omaette tootena *Stingray*. Paraku ei suutnud see võistelda teiste samaväärtsete toodetega (*Unreal Engine*, *Unity*) ning arendus on lõppenud, kuid toode endiselt kasutatav (*3ds Max Interactive*).
 - *Lumion* (*Quest3D*)
 - See on kasvav trend, ja seda ka asjaolul, et *Unreal Engine* või *Unity* omamine on tasuta
 - Arendus nendele platvormidele nii arhitektuurses kui infrastruktuuri valdkonnas käib suure hooga (*SITOWISE* näited: <http://vrs3d.sito.fi/>)



Autodesk 3ds Max

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- *Virtual Machine*
 - Tänapäeval üha rohkem kasutatav kui *high-end* graafika tarkvara jagajana, kuna üks riistvara võib sisaldada mitut erinevat graafikakaarti, mis siis erinevate virtuaalsete masinate vahel on ära jagatud ning seejärel omakorda kasutajatele kättesaadavaks tehakse (nt *VMWare* jt)
 - Sarnaselt on üles ehitatud ka tasulised pilveteenused, mis arvutusmahukaid teenuseid ühiku või kuumaksu baasil pakuvad
 - Võib seega panustada, et selle asemel, kus igaüks meist omab personaalset arvutusvõimsust (füüsiliselt ehk siis oma enda arvuti ja nt GPU näol) on tulevikus just mudelpõhises projekteerimises asjad liikumas 'pilve' (*Autodesk A360, Revit/AutoCAD Cloud Rendering, Green Building Studio* energiaanalüüsid, konstruktsiooni arvutused, valgade arvutused jpm)
 - Taas näide pildi renderdamisest, kus oma enda arvutusvõimsuse kasutamisel võtab selle renderdamine aega tunde, kuid pilveteenuses seda tehes vaid mõne minuti

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- *Virtual Machine*
 - Pilveteenuse pakkujaid on erinevaid, osaliselt võib ka lõpp-tarbijale müüv pakkuda tegelikult teenust sisse osta kelleltki teiselt. Näiteks *Autodesk* (vähemasti osaliselt) ostab teenust *Amazon EC2*-lt (*Elastic Compute Cloud*), et seeläbi pakkuda pilveteenust Autodesk tarkvara kasutajatele (sealhulgas ka nt *Autodesk Revit* tarkvara jooksumist pilves).
 - Pilveteenuses valib selle kasutaja tundide ja/või CPU/GPU kasutamise arvu ning selle järgi arvutatakse hind (samas lõpp-tarbijale võidakse hind kuvada ka kui „ühe pildi renderdus“ või „ühe mudeli arvutus, mis on $X m^2$ või $y m$ pikk“ jne).
 - Võrdluseks: <https://www.migenius.com/products/nvidia-iray/iray-rtx-2019-1-1-benchmarks> (renderdus pilves vs oma arvuti graafikakaarti kasutades)

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- Komponentide hinnastamise põhimõtted:
 - Tihtipeale langeb kõvaketta 1 TB hind kui ostetakse suuremad kettad (nt 1 TB = 35 € ning 4 TB = 100 €, seega 25 €/TB)
 - Süsteemimälu (*RAM*) on "*BIM* tarkvara" juures minimaalselt vaja 8 GB, aga soovitatavalt 16 GB (uuema põlvkonna protsessorid toetavad aga ka 64 GB ja rohkem)
 - Kuna süsteemimälu lisatakse paaris komponentidena, siis näiteks 8 GB saamiseks on meil võimalik see kokku panna kui 4x2 GB või siis 2x4 GB
 - Varem oli 2 GB moodul märksa odavam, nüüd on aga 4 GB hinnavahe minimaalne (pigem odavam), samas kui 32 GB kokku saamine täna veel ei tähenda, et 2x16 GB on odavam kui 4x8 GB. Ehk siis tuleb vaadata ühikmaksumust.

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- Komponentide hinnastamise põhimõtted
 - Juhul kui andmeid hoitakse aga enamjaolt keskses serveris, siis pole lokaalse kõvaketta ruumivajadus nii suur (OS, tarkvarad, profiili andmed jmt)
 - CD/DVD lugeja vajadus ilmselt enamikel ka puudub, pealegi saab selle eraldi (välisena) ka juurde osta, kusjuures hinnad on suurusjärgus 15 €
 - CPU hinnad on aga seotud võimekuse ning populaarsusega ning hinnad ei ole just lineaarsed, seega võib CPU tähenduses selle kõige-kõige viimase lisa 0.1 GHz eest maksta mitu sada lisa eurot. Pane tähele hinnahüpe võib olla ka protsessori tehnoloogiast tingitud, nt 22 nm vs 14 nm).
 - Graafikakaardi (GPU) hinnad on ennekõike seotud GPU mäluga ning GPU protsessorite tüübiga/põlvkonnaga. Põhitootjad (NVIDIA/AMD) tulevad iga-aastaselt välja 5-6 uue kaardiga, kus siis taas GPU arhitektuuri (põlvkond) on täiendatud. GPU-sid saab eristada taktsageduse, mälu ning GPU tuumade arvu järgi. Mõlemad tootjad pakuvad oma tehnoloogiat ka 3nd tootjatele, mistõttu tegelikult võib graafikaardi soetada ka teise tootja käest. Samas on hinnad siiski üsna samasugused (kui eripakkumisi arvesse ei võta).

TÖÖSTUSE RÕHUASETUS NING ÜLDISED TRENDID

- Komponentide hinnastamise põhimõtted
 - Kokkuvõtvalt, kui rääkida komponentidest, mis on piisavalt head tavapärasele kasutajale (lauaarvuti hinnaks näiteks 700 €), siis professionaalsele BIM/3D tarkvara kasutajale mõeldud valmiskomplektid jäävad pigem 2000-4000 € vahemikku. Lauaarvuti/sülearvuti võib leida ka suurusjärgus 300 €, mistõttu odavama ning kallima arvuti vahekord on jäänud samaks kui see oli näiteks 1990ndate lõpus, kus täiesti tavaline lauaarvuti maksis 20 000 EEK aga professionaalne graafikatööjaam (nii neid ka siis kutsuti) võis maksta 25 000 \$ (*SGI Octane* näiteks). Suurusjärk seega sama (10x erinevus).
 - Olulisemad komponendid nn "*BIM* tarkvara" seisukohast (ehkki ka emaplaadil, mis kõiki neid komponente tervikuks seob, võib olla oluline roll täita, kuid pigem mitte tarkvara seisukohast):
 - CPU
 - RAM
 - GPU
 - HD (kõvaketas)

TARKVARALE SEATAVAD RESSURSSI NÕUDED

- Näitena mõned *Autodesk* tarkvarad ja nende nii-öelda tundlikkus erinevatele komponentidele (1 – madal tundlikkus/vajadus ning 10 – väga kõrge tundlikkus/ vajadus):

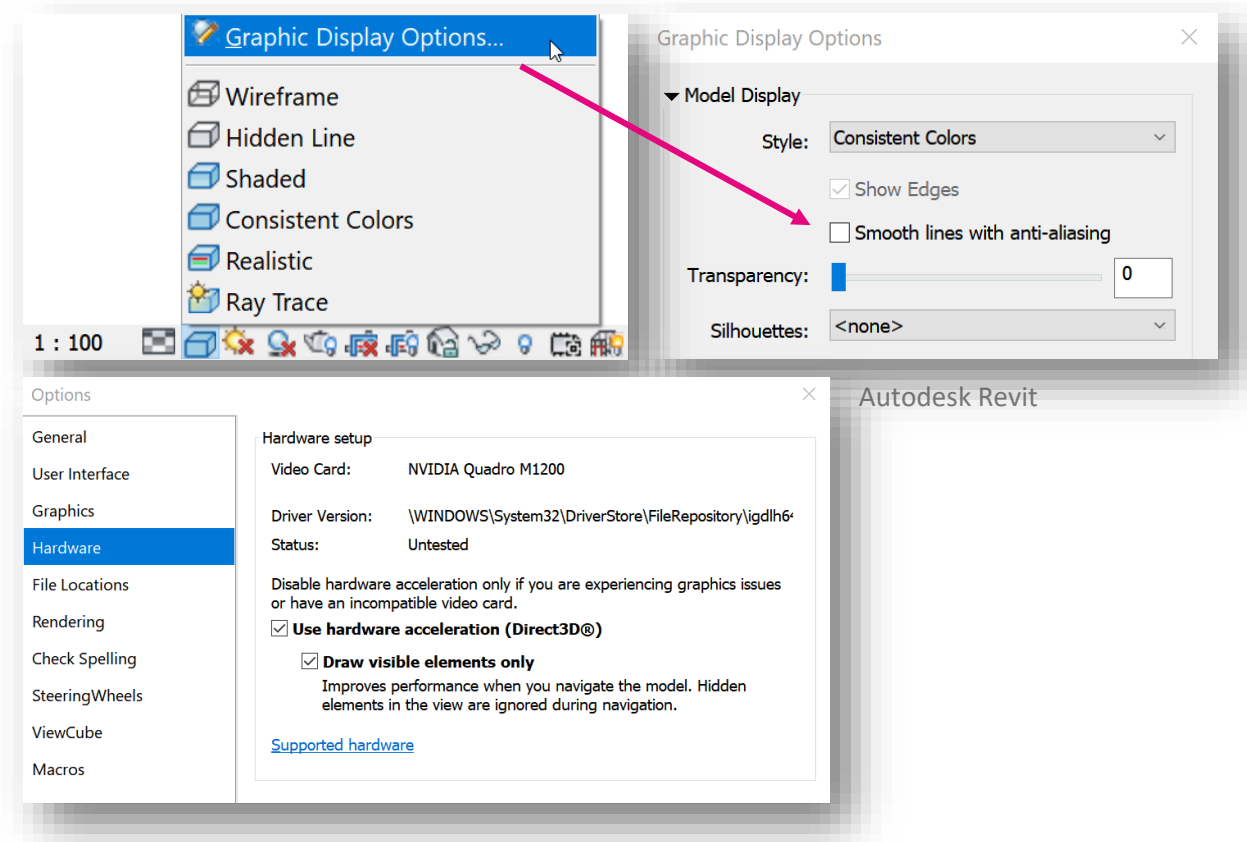
	CPU kiirus / multithreading	RAM GB / kiirus	GPU võimekus	GPU mälu	HD kiirus
Revit	10 / 9	9 / 7	7	5	10
3ds Max	10 / 10	9 / 7	7 / 5 / 10 (Nitrous / mr / iray)	6 / 10 (mr / iray)	10
Navisworks	7 / 7	6 / 6	6	5	8
AutoCAD (2D/3D)	6 / 6	5 / 5	5	5	6
AutoCAD MEP	8 / 6	7 / 5	5	5	6
ReCap	10 / 10	9 / 5	8	7	10

TARKVARALE SEATAVAD RESSURSSI NÕUDED

- Seega võib keskmine arvuti (*Core i5, AMD A8, 8 GB RAM, integreeritud video, 1 TB HDD, mitte SSD*) hakkama saada piirini "6" väga hästi (näiteks *AutoCAD*), kuid ülesse poole liikudes hakkab arvuti piiratud ressurss juba töötegemist häirima
- *Autodesk Revit* –
 - Kiire CPU oluline, kuid lihtsam GPU täiesti piisav (pigem loeb selle kiirus), *multi-threading* on oluline paljude alamtegevuste juures ja tarkvara uued versioonid üha rohkem sellest ka võidavad, nt progressiivne mudeli kuva/esitus (al 2016), punkti-pilvede kuva
 - *Autodesk Revit* kasutab RAMi ca 20x (mudeli faili suurus), seega kui projekti fail on 100 MB, siis see võtab enda alla ca 2 GB RAMi. Mida rohkem vaateid avatud, seda rohkem kasutatakse ka mälu. Seega on 16 GB täiesti miinimum, millele mõelda.
 - Graafika poole pealt ei ole nn *high-end* (nt *Quadro* või *FirePro*) graafikakaardi kasutamine väga oluline, hakkama peaks saama hinnaklassiga 200-350 €

TARKVARALE SEATAVAD RESSURSSI NÕUDED

- *Autodesk Revit* –
 - Pealegi saab vajadusel osasid graafikakaardi poolt täidetavaid ressursse välja lülitada, näiteks:



TARKVARALE SEATAVAD RESSURSSI NÕUDED

- *Autodesk Revit* –
 - Ekslik on arvata, et GPU-d ei ole vaja, lihtsalt tipp-mudelit ei ole vaja! Kuna see lisainvesteering ei tõsta hüppeliselt enam töötamise kiirust.
 - Üks suurim erinevus *Revit* vs CAD platvorm, on asjaolu, et *Revit* projektifailid võivad kujuneda väga suureks. 100 MB on väga tavaline suurus. Ja 1 GB mudeleid võib samuti kohata (mõttele taas RAMi vajaduse peale).
 - Kuna pidev failist lugemine eeldab ka kiiremat ligipääsu failile, siis SSD ketas võiks olla normiks.
 - Samas on väga lihtne ka mudelis nii-öelda prügi hoides, igasugune süsteem kokku jooksutada. Üks lihtne näide. Kui ollakse harjunud CAD (*.dwg, *.dgn) faile *Revit* projekti importima, mis toob omajagu "nähtamatut" prahti *Revit* projektifaili. Ressurssi kokku hoidmiseks tasub ka *Revit* 3D komponente nutikalt üles ehitada, näiteks vaadetes, kus on oluline vaid 2D esitus (plaan, vertikaal), siis seal ei ole mõtet objekti kuvada 3D-na, kui vaid selle 2D esitusest piisab.
 - Loe lisaks: [Revit Model Performance Technical Note](#)

TARKVARALE SEATAVAD RESSURSSI NÕUDED

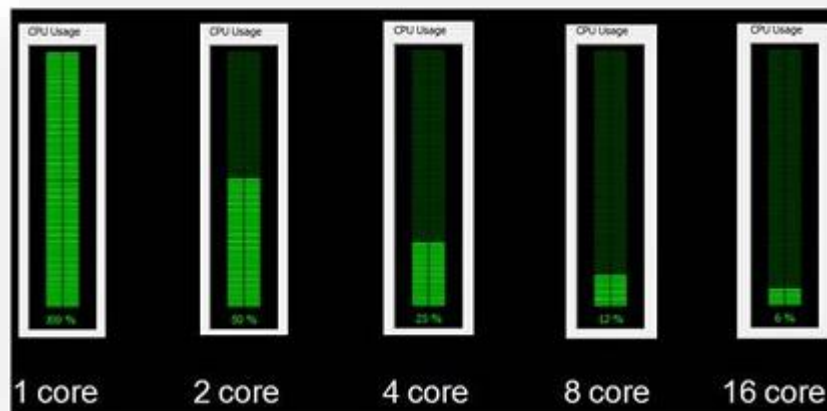
- *3ds Max* –
 - Me võime suures plaanis öelda, et *3ds Max* vajadused on üsna sarnased sellele, mis ka *Revit* puhul.
 - *3ds Max* tarkvaras me ei lingi ega uuenda pidevalt alusinfot, mis on *Revit* mudelitele väga tavaline. Siinne ressursi vajadus on üles ehitatud mudeli kiirele navigeerimisele ning miljonite polügoonide kuvamiseks koos tekstuuride ning valgustusega, ja lisame siia otsa siis ka veel renderduse spetsiifika.
 - Kuna tüüpiline renderdus võib baseeruda vaid CPU-l, siis on siinne investering mitme-tuumalisse ning kiiresse CPU-sse väga rentaabel ja peaks võidetud aja üsna kiirelt tagasi teenima.
 - GPU põhise renderdamise kaasamiseks võid kiigata masina poole, mis lubab emaplaadile integreerida ka 3 või 5 graafikakaarti, seda kõike suudab *3ds Max* enda kasuks pöörata (ehk siis siin muutub oluliseks spetsiifiline CPU ja GPU platvormi kooslus, et kõik omavahelt töötaks).

TARKVARALE SEATAVAD RESSURSSI NÕUDED

- *Navisworks Manage / Simulate* –
 - Olulisem aspekt, et mudel vaateaknas liiguks sujuvalt. See võib koosneda väga paljudest erinevatest allikatest (lingitud failidest).
 - *Navisworks* kasutab oma enda *cache* süsteemi, kus ta konverteerib alusinfo **.nwc* formaati, et seda saaks kiirelt taasesitada (selle käigus vähendatakse märkamatu meile kuvatavate polügoonide arvu, kui seda vaja pole) – 60 MB *Revit* failist võib väga lihtsalt saada 6 MB **.nwc* fail
- *Autodesk ReCap* –
 - Punktipilvede eeltötluseks mõeldud tarkvara (miljonid punktid, mis siis peavad olema vaateaknas sujuvalt kuvatud, navigeeritavad jne)
 - Kõige arvutusmahukam tegevus on punktifailide indekseerimine (CPU põhine, mille käigus toimub pidev lugemise/kirjutamise protsess kõvakettal **.rct* faili näol)
 - Näiteks 80-st **.rct* failist koosnev, 18 GB projekt võib sujuvalt liikuda ka masinas, milles on 8 GB RAMi (seotud **.rct* failidest lugemisega)
 - GPU graafika (keskpärane) on aga vajalik, kui soovid reaajas punktipes ringi liikuda (jalutada)

TARKVARALE SEATAVAD RESSURSSI NÕUDED

- *AutoCAD (AutoCAD Architecture / MEP), Autodesk Civil 3D –*
 - 2D osas erinõuded ei ole, kuid 3D osas peaks saama hakkama ka keskpärase masinaga (8GB RAM, graafikakaart muutub oluliseks 3D stseenide korral)
 - Olulisem on analüüsida, et kui sa töötad ka teiste tarkvaradega (nt *Revit, 3ds Max* jne), siis dikteerivad just need teised tarkvarad süsteemile erinõuded. Kahe-tuumaline protsessor tuleb kasuks, kuid rohkemate tuumade kasutamine aitab pigem op.süsteemil paralleeltegevustega hakkama saada kui et parandab *AutoCAD-iga* töötamist. Sisuliselt nimetatakse seetõttu täna *AutoCAD-i* kui *single-threaded application* – mistõttu olulisem on protsessori kiirus kui tuumade arv.

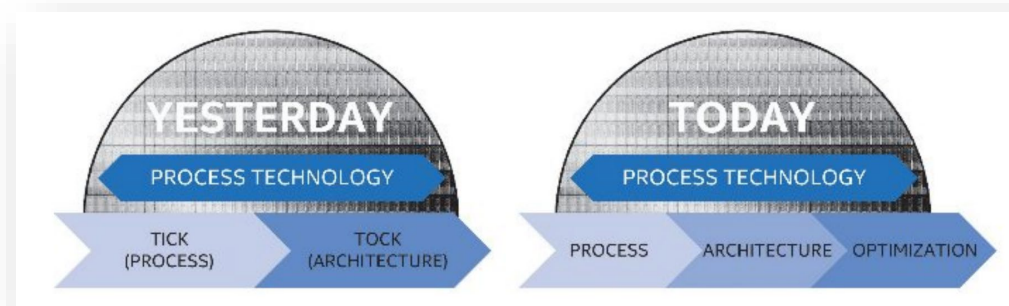


Näiteks 2-tuumalise protsessori kasutamisel kasutab *AutoCAD* ühest tuumast max 50% (kokku 100%), 4-tuumaga korral max 25% (kokku 100%) jne.

Allikas: [Autodesk](#)

PROTSESSORID JA EMAPLAADID

- Ülevaade protsessorite arhitektuurist
 - Keskendume siin hetkel vaid *Intel* protsessoritele (ehkki ka *AMD* teeb häid CPU-sid, siis ei ole nende hinnatase ja kiirus võrreldav hetkel *Intel*-iga ning pidades silmas ka "*BIM* tarkvara" nõudeid protsessorile tervikuna)
 - 2020/01 seisuga on turul 10.nda põlvkonna *Intel*-i *i*-seeria (*i7*, *i5*, *i3*), *Intel* Core X seeria (*i9* või *Extreme* seeria) ning *Xeon*-i *E7.v4* põlvkond (mõlema protsessori juures räägime nendest mudelitest, kus on siis ka CPU-ga koos integreeritud graafika, nt serveri protsessoritel seda tüüpiliselt pole)
 - *Tick-Tock* arendusmudel (*Tick* – väiksem transistor, parem jahutus, väiksem energiakasutus, vähem vigasid jne; *Tock* – põhimõtteline arhitektuuri muutus) asendus 2016. aastal kolme-astmelise arendusmudeliga: *process-architecture-optimization* (ehk siis lisandus kolmas tasand – *optimization*)



Allikas: [wikichip](#)

PROTSESSORID JA EMAPLAADID

- Ülevaade protsessorite ajaloost (*Intel*-i näitel)
 - 2008 – *Tock* – esimene nelja-tuumaline *i7* protsessor (*45 nm Nehalem*)
 - *Hyper-Threading* (esmakordselt *Pentium 4* protsessoril, nüüd värskemal kujul) – sisuliselt tähendab see seda, et sinu protsessori ühte tuuma võimaldatakse op.süsteemil näha topelt ja seega jagada ka tegevusi nende vahel (nt kassa-järjekorrast, kus teise kassa avamine vähendab järjekorda momentaalselt)
 - Eelduseks oli tihtipeale see, et RAM moodulid oli vaja lisada 3 kaupa (praeguse 2 asemel, seega oli siis tüüpiline, et mälu pesasid oli näiteks emaplaadil 3 või 6)
 - 2010 – *Tick* – protsessori ülesehitus *32 nm* tehnoloogial (*Westmere*)
 - *i3* (kahe-tuumaline), *i5* (nelja-tuumaline, aga ilma *Hyper-Threading*) tutvustamine, kuue tuumalised protsessorid (aga esimesed 10-tuumalised Xeon protsessorid). Oluline: *i3* on sisuliselt välistatud "BIM tarkvara" kasutamisel, kuid *i5* võiks teatud juhtudel olla OK.
 - 2011 – *Tock* – *32 nm Sandy Bridge*
 - Integreeritud graafika (GPU) – Intel HD Graphics (2000, 3000) – samas BIM kasutajale jääb ka täna sellest väheks (integreeritud graafikast)
 - 2011 Q4 – Extreme variatsiooni turule tulek (mis ei ole otseselt ei *Tick/Tock*, vaid lihtsalt erimudel, mis on paralleelselt tänaseni, milles rohkem tuumi ning vähemälu)

PROTSESSORID JA EMAPLAADID

- Ülevaade protsessorite ajaloost (*Intel-i näitel*):
 - 2012 – Tick – 22 nm Ivy Bridge:
 - 3-dimensional „Tri-Gate“ transistoride disain, energiasääst, HD Graphics 4000, DirectX 11, OpenGL 3.1, OpenCL 1.1
 - 2013 – Ivy-Bridge-E (high-end, Extreme edition, tehnoloogia võimaldas emaplaadil kasutada juba 3-4 eraldi graafikakaarti, protsessori vesijahutus õhkjahutuse asemel)
 - 2013 – Tock – 22 nm Haswell:
 - 4.0 GHz piir ületatud (endiselt kasutusel tööjaamades kui Haswell-E tüübina)
 - 2015 – Tick – 14 nm Broadwell:
 - Moore's Law saab esmakordselt tagasilöögi, kuna tehnoloogiliselt ei suudeta enam päris täpselt algeid seaduspärasusi jälgida (10 nm tehnoloogia turule tulek viibib), ja seega võtab Intel kasutusele 3-etapilise mudeli ([lisainfo](#))
 - 2015 Q3 – Tock - 14 nm Skylake:
 - Max RAM nüüd 64 GB, erinevad optimeerimised ka graafika osas

PROTSESSORID JA EMAPLAADID

- *Turbo Boost (Intel-i näitel):*
 - Võimaldab protsessoril (tuumal) töötada kõrgemal taktsagedusel kui märgitud keskmiselt
 - Iga tuuma kohta märgitakse, kui suures mahus saab taktsagedus kasvada, näiteks kui meil *i7-6700* CPU, mis töötab baassagedusel 3.4 GHz (3400 MHz), ja nn *Turbo režiimis* max 4.0 GHz, siis tegelikkuses sõltub see *max* sagedus sellest, mitu tuuma korraga on kaasatud, sest iga skeemi kohta võib *Turbo režiim* olla erinev. *Turbo režiimi* arvestatakse 100 MHz kaupa, ja 4-tuumalise protsessori juures tähendab *Turbo skeem 3/4/5/6* järgmist:

Aktiivsete tuumade arv	Turbo skeem (3/4/5/6)	Arvutus	Max sagedus
4	3	$3400 + (3 \times 100) = 3400 + 300 = 3700$	3.7 GHz
3	4	$3400 + (4 \times 100) = 3400 + 400 = 3800$	3.8 GHz
2	5	$3400 + (5 \times 100) = 3400 + 500 = 3900$	3.9 GHz
1	6	$3400 + (6 \times 100) = 3400 + 600 = 4000$	4.0 GHz

PROTSESSORID JA EMAPLAADID

- *Turbo Boost (Intel-i näitel):*
 - Tüüpiliselt on aga *Turbo skeem* väga madalate numbritega, ehk siis taktsagedus on juba timmitud *max* piiri lähendale. Seega võib *Turbo skeem* olla ka kui *0/0/0/2* (nelja-tuumaline protsessor, *Skylake i7-6700*), mille baas-sagedus on 4 GHz, ning mis siis saak töötada vaid ühe tuuma kasutamise korral taktsagedusel 4.2 GHz.
 - Seega sõltub kõik taas ülesandest/tarkvarast. Kui tarkvara oskab kasutada tuumasid (nt renderdamine), siis *Turbo skeemil* pole suurt tähendust. Kui aga ei oska, siis mõningane kasu sellest võib olla.
 - Üldiselt peaks tänase "*BIM* tarkvara" kasutaja lähtuma protsessori valikul baas-taktsagedusest ja selle võimalikust suurest väärtusest (mitte koos *Turboga*)
 - Pane tähele, et mõne protsessori juures on lubatud ka nn *overclocking*, kus siis kasutajal (entusiastil) on lubatud *Turbo skeemi* muuta (max 4 numbri võrra ehk siis 400 MHz) – võimaldatud teatud tüüpi emaplaatide BIOS sätetes ja mida tüüpiliselt ei kohta *Dell* ning *HP* tööjaamades (ütleme, et see võimalus on eos kinni keeratud).

PROTSESSORID JA EMAPLAADID

- Protsessori nimetamise skeem (*Intel-i* näitel):



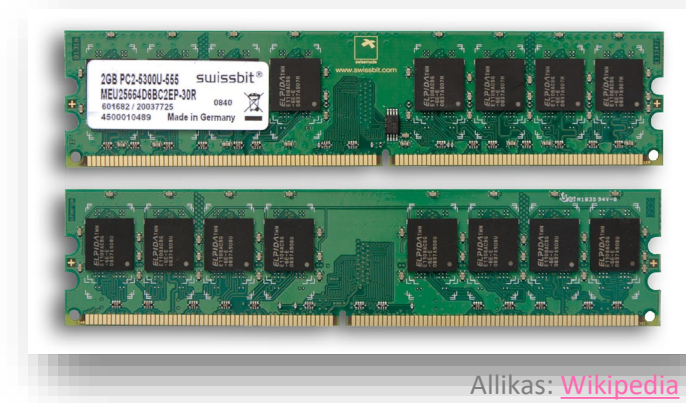
- "K" tähistab protsessori nime juures, et seda saab *BIOS-is* ületuunida (muuta *max* taktsagedust).
 - "S" – madalama energiatarbega mudel (65 W).
 - "T" – ülimadala energiatarbega mudel (35 W).
- *Xeon* protsessor:
 - Algusaegadest peale olnud tööjaamade ning serverite protsessorite lipulaev, samas, et sellest protsessori võimalustest võtta viimast, on vajalik ka spetsiifilisemat emaplaati, mida võib turult leida, kuid hind võib olla isehitamisel üsna krõbe. Samas, just jõudluse tähenduses on selle protsessori eluiga ka pikem.
 - Tasub tähele panna, et kui soetad *Xeon* protsessoriga tööjaama, millise põlvkonna protsessorit kasutakse (võib juhtuda et hinnasula on just tingitud aastate taguse mudeli kasutamisest, mis ei pruugi olla pikas perspektiivis enam väga hea investeering)
 - *Xeon* protsessorid on ennekõike stabiilsemad, parim valik kasutamaks ka virtuaalse masina loomisel, suurem tuumade arv (valik) + mitme protsessori tugi, 64+ GB RAM-i tugi
 - Tooteseeria odavamad kannavad tähist *E3* ning kallimad vastavalt *E5* ning *E7*. *E7* on mõeldud ennekõike andmebaaside jooksumiseks.
 - Saadaval nii *IGP-ga* kui ilma

PROTSESSORID JA EMAPLAADID

- Protsessorite võrdlusest - www.cpubenchmark.net
 - Pane tähele, et tüüpiliselt on need keskmised väärtused ning arvesse pole võetud kasutaja op.süsteemi, RAM-i, emaplaadi konfiguratsiooni, *overclocking* sätet jne – seega ei pruugi need näidata tegelikkust
- Tagasi tulles protsessori soovitusliku valiku juurde (konfiguratsiooni):
 - Igapäeva kasutaja – *Comet Lake i7-10710U* (6 tuuma, 440 \$, 01.2020)
 - BIM guru – *i9-10920X* (12 tuuma, 700 \$)
 - Visualiseerimise kunn – *Xeon Platinum 8268* (24 tuuma, 6300 \$)
- Juhul kui kaalud protsessori valikut ennekõike renderduse järgi, siis ära unusta, et mõnel juhul on odavam kasutada:
 - Jagatud renderdust kohalikus võrgus erinevate arvutite vahel (nt *3ds Max Backburner*)
 - GPU põhise renderdust (nt *V-Ray*)
 - Pilveteenuse kasutamine (nt *Amazon EC2*)

SÜSTEEMIMÄLU (RAM)

- RAM (*Random Access Memory*) on olnud tüüpiliselt kõige vähem olulisem, millele oleme mõelnud (lihtsalt 8 GB või 16 GB ja kõik)
- Samas on nüüd uute protsessorite tulekuga oluline, millist mälu kasutatakse, et ressursse sellega ei piirata
- Põhivalikud hetkel:
 - DDR3
 - vanem, aeglasem, max kiirus *2133 MT/s (megatransfers per second)*
 - Max *128 GB/moodul*
 - DDR4
 - uuem, kiirem, max kiirus on *4000 MT/s*



SÜSTEEMIMÄLU (RAM)

- Mälumoodulite konfiguratsiooni dikteerib protsessor, mitme kanali kaudu see korruga suhtleb (2, 3, 4), lisaks märgitakse, mitme mooduli kaupa tuleb alati lisada (kas näiteks 2, 3 või 4 kaupa).
- Enamus keskpäraseid protsessoreid toetavad *max* 64 GB, näiteks *Xeon E7 v4* on see aga 3 TB.
- Kiirus ei mängi väga suurt rolli, mistõttu *DDR4 2400*, *DDR4 2800* või *DDR4 3000* on mõistlikud valikud
- Non-ECC vs ECC süsteemimälu
 - ECC – *Error Correcting Code*, kasutatav serverites, kus mälu kasutuses ei ole lubatud vigade ilmnemist
 - Non-ECC – tööjaamade puhul tavaline valik, ehkki võidakse vaikimisi kasutada ka ECC tüüpi

GRAAFIKAKAART

- Oluline on leida see vahekord, palju väga hea või siis hea *GPU* kaart säästab aega mudeli kuvamisel/navigeerimisel/renderdamisel – ühest punktist alates, ei ole parema kaardi soetamine enam otstarbekas
- Laias laastus me saame rääkida professionaalsetest ning nii-öelda mängurile mõeldud graafikakaartidest:
 - Oluline on mõista, et tehnoloogia või siis GPU ise on mõlemas kaardis sisuliselt sama aga taktsagedused võivad olla erinevad, mida tootja on välja tuuninud, lisaks ka *OpenGL* tugi võib olla erinev:
 - *Quadro RTX8000 vs GeForce RTX 2080 Ti (6700 € vs 1000 €)*
 - *AMD FirePro vs Radeon*
 - Lisaks on oluline rõhutada, et professionaalse klassi kaarte testitakse erinevate tarkvaradega ja seeläbi saavad need sertifikaadi, mis sisuliselt tähendab ka seda, et graafikakaartide tootjatele on see kulu ning seega on need kaardid ka kallimad

GRAAFIKAKAART

- Professionaalne vs mänguri kaart (jätk):
 - RAM-i hulk võib olla samuti erinev (nt 24 GB vs 4 GB), see on kriitilise tähtsusega näiteks GPUd kasutavatele renderdusalgortimidele ja/või tarkvaradele, mis sõltuvad ennekõike GPUst
 - Professionaalsete kaartide turg on piiratum (nt mänguri kaartide osas antakse tehnoloogiat üle teistele, kolmandatele tootjatele)
 - Professionaalne kaart on mõeldud töötama 24 x 7 x 365, mistõttu selle taktsagedus võib olla mõnevõrra väiksem kui mänguri tüüpi kaardil
 - Koostöö tarkvaraga ei ole niivõrd seotud sellega, kas on tegemist professionaalse või mänguri kaardiga, vaid pigem draiveri ühilduvusega. Draiverite uuendused tulevad sisuliselt välja igapäevaselt, mistõttu ei *Autodesk* ega keegi teine suuda kontrollida oma tarkvara töötavust uue versiooniga ja öelda, et professionaalne kaart on alati sertifitseeritud.
 - Graafikaardi hinnatase "BIM tarkvarale" algab ca 250 €, sellest allapoole ilmselt võib täheldada puudujääke graafilises suutlikkuses

GRAAFIKAKAART

- Professionaalne vs mänguri kaart (jätk):
 - Pilt aga muutub kui me räägime renderdusest, mis kasutab GPUd. GPU on tüüpiliselt 4-12x kiirem kui 4-tuumaline CPU paralleeltegevustes
 - *NVIDIA Tesla* – arvutusmahukate ülesannete lahendamiseks (tegemist ei ole otseselt graafikakaardiga vaid pigem "*arvutuskaardiga*", nende ei saa näiteks ühendada ekraani/monitori jne) – ehkki neid saab väga edukalt kasutada ka GPUd toetavate renderdusalgortimidega, siis hinnapoliitikat vs võimekust arvesse võttes, ei saa need ligilähedalegi mudelitele: *GeForce / Quadro*

GRAAFIKAKAART

- Professionaalne vs mänguri kaart (jätk)
 - Näitena võib tuua ühe GPU CUDA tuuma hinna erinevale kaardi tüübile:
 - *Quadro RTX8000* (4608 CUDA tuuma, 1395 MHz, 48 GB, 6700 € - 1.45 € / CUDA tuum)
 - *GeForce RTX 2080 Ti* (4352 CUDA tuuma, 1350 GHz, 11 GB, 1000 € - 0.23 € / CUDA tuum)
 - Seega väiksem hind ja kiirem tulemus ning jääb igaks juhuks ka puhver, kui peaks midagi juhtuma selle "odavam" kaardiga. Võid osta uue (ja veel uue ja veel...) ja endiselt ka selle üle kuumutada 😊.
 - Mänguri kaartidel on kõrgem max (turbo) taktsagedus, mistõttu neil on oht üle kuumeneda kergemini! Samas pole need mõeldud ka töötama 24/7 (nt pikemad renderdused).
 - Vaadates testide tulemusi, siis ei pruugi olla ka kõige uuema mudeli ostmine kõige mõistlikum

GRAAFIKAKAART

- Professionaalne vs mänguri kaart (jätk):
 - Teatud protsesside juures (nt renderdus) saab kaasata ka mitut GPU kaarti, kuid sellisel juhul peab silmas pidama, et ka *op.süsteem* kasutab graafika-kaarti, mistõttu on mõistlik määrata, mida kasutatakse ainult renderduseks ja mida muudeks tegevusteks, et renderdusprotsess sellest ei hanguks niipea, kui hiirt arvuti ekraanil nihutama peaks ja seejärel taas jätkub, kui see tegevus on *Windows*-i poolt nii-öelda lõpetatud.
 - Korruga mitme kaardi kasutamine on mõistagi renderduse tähenduses kiirem (sisuliselt on lineaarne seos *CUDA* tuumade ja kiiruse vahel).

GRAAFIKAKAART

- Professionaalne vs mänguri kaart (jätk)
 - Ehkki *GeForce* seeria võib olla odavam lahendus, siis mõnikord seab piirid just nimelt kaardi *max* mälu (2, 4, 8 või 24 ... GB).
 - Aga *AMD* kaardid?
 - Need ei põhine *CUDA* arhitektuuril, mistõttu tasub kontrollida, mida eeldab kasutatav tarkvara ja kas neid saab kasutada (nt *V-Ray* renderduse juures)
 - Samas on ka *OpenCL* põhiseid renderdusalgoritme (*Indigo*), mida saab kasutada nii *3ds Max*, *Maya*, *Revit*, *SketchUp*, *Blender* kui teiste tarkvarade juures.
 - *OpenCL* tugi on *AMD* leivanumber, mistõttu *NVIDIA* kaardid ei suuda selles osas *AMD*-ga [võistelda](#).

KÕVAKETAS

- SSD (*Solid State Drive*) võidukäik:
 - Alati parim valik (või *upgrade* olemasolevale süsteemile, mis kasutab HDD, kust andmete lugemine on ca 100 korda aeglasem)
 - Lisaks ei põhjusta andmete killustatus (*fragmentation*) probleeme kettalt lugemist
 - SSD ainsa kettana on endiselt kallis (ca 5 korda kallim GB kohta), samas tasandub see paremate kiirusnäitajatega
 - Seega võid soovid korral välja arvutada, palju maksab see lisootamine päeva kohta HDD korral (töötajas) vs SSD hinnavahe (päeva kohta, nt 3-aastase perioodi lõikes):
 - 2 x 512 GB SSD = 260 €
 - 1 TB HDD = 40 €
 - Lisakulu: 220 €
 - Kolme aastane periood: 6 €/kuu või 0.20 €/päev
 - Seega aeglasema faili avamise eest maksab ettevõtte kindlasti rohkem kui 0.20 €/päevas

MOBIILNE TÖÖJAAM (EKRAAN)

- Mobiilsed tööjaamad (tänu protsessorite tehnoloogia arenguga – muutuvad väiksemaks) võimaldab teha väga häid sülearvuteid piisavalt õhukestena (jahutamise küsimus)
- Ekraani suurus valida alates 15" (kui just ei kasuta seda paralleelselt lauaarvutiga ja/või kliendina töökoha virtuaalsesse serverisse sisselogimiseks)
- Ekraani resolutsioonid alates *1920 x 1080* pikslit
- Ehkki ka juba 15" sülearvutid toetavad resolutsioone *QHD 3200 x 1800*, on tänasel päeval probleeme tarkvara kasutajaliideste skaleerimisega (sh op.süsteem ise), selles osas *Windows 10* on parem kui *Windows 8.1*. Samas ei pruugi nii mõnigi tarkvara üldse töötada väga kõrgetel resolutsioonidel või siis töötab veidralt.
- *IPS (In Plane Switching)* ekraani tehnoloogia oleks soovitav (või ka *TN – Twisted Nematic*), kuna need ekraanid on erksamate värvidega ning laiema vaatenurgaga, mõistagi ka kallimad

MOBIILNE TÖÖJAAM (RAM, GRAAFIKA)

- Mälu on sülearvutitel tüüpiliselt piiratud kahe (või *max* 4) pesaga, millest need lisa 2 võivad tihtipeale paikneda ka klaviatuuri tasapinna all, mistõttu ligipääs raskendatud
- "BIM tarkvara" kasutajale soovitav investeerida kohe max mäluga versioonile (32 GB või siis 16 GB)
- Graafikakaardi valik on väga piiritletud, sisuliselt võib juhtuda, et kindla graafikakaardi saamine dikteerib ka mudeli/tootja valiku
- Püüa vältida, et ainus graafika on integreeritud HD graafika, sellisel juhul oleks pigem mõistlik "BIM tarkvarast" eemal hoida 😊
- Sülearvuti valimisel arvesta ca 3 aastase kasutusperioodiga ning sellest lähtuvalt mõtle ka iga oluline *upgrade* enne lõplikku ostu läbi, ehk siis oletame, et graafikakaardi *upgrade* on 300 €, siis palju teeb see ühes kuus (ca 8 €)

MOBIILNE TÖÖJAAM (GRAAFIKA)

- Sõltuvalt ekraani suurusest (15.6" või 17.3") on ka graafikakaartide valik kitsam/laiem:
 - 15.6" korral on tüüpilised valikud: *NVIDIA T2000, T1000*
 - 17.3" korral: *NVIDIA RTX 5000, RTX 4000, RTX 3000*
- Juhul kui valik langeb *NVIDIA* kasuks ning sülearvuti sisaldab endas ka integreeritud graafikat (tüüpiliselt nii on), ja sa kasutad "BIM tarkvara" sisuliselt igapäevaselt ja arvuti on pigem juhtme otsas kui, et töötad akutoitel, siis on mõistlik *NVIDIA Optimus* BIOS-is kinni keerata (*Off*), sellisel juhul ei luba sa sel tehnoloogial (mis küll on aastatega paremaks muutunud) valida, millal GPU kasutada, vaid seda tehakse pidevalt ja sa peaksid kogema sujuvamat "BIM tarkvara" kasutust

MOBIILNE TÖÖJAAM (KÕVAKETAS)

- Soovitav on valida kohe 512 GB (või 1 TB) SSD ketas, sellega peaks tüüpiliselt hakkama saama ja soovi korral võid kasutada välist ketast failide talletamiseks, mis pigem arhiveerimise iseloomuga
- Juhul kui 512 GB SSD on vähevõitu, siis tea, et tavapärase HDD lisamine mõjutab oluliselt aku kestvust
- 17'' sülearvutitel on kõvaketaste valik (võimalused) suurem aga arvesta ka kaaluga kui plaanid pidevalt ringi liikuda (17'' arvutit ei ole mugav igapäevaselt tassida, olen aastaid seda ise kogenud)

MOBIILNE TÖÖJAAM (DOKKIMISJAAM)

- Igal juhul soovitatav, kuna selle kaudu saab väga mugavalt kõik kaabliühendused teha ja piisab vaid ühe *USB* juhtme ühendamisest (et ekraanipilti jagada näiteks 2 erineva lisaekraani vahel + võrguühendus + hiir + eraldi klaver) – seega saad nii paikses kohase töötades ka sülearvuti enda ekraani sulgeda ning töötada lisaekraanide (nt 24"+) vahendusel
- Sõltuvalt mudelist on dokkimisjaama ühendus erinev (õhematel sülearvutitel on see tüüpiliselt *USB* / *Thunderbolt* kaudu, kuid nii-öelda paksematel arvuti all oleva spetsiaalse pesa kaudu). Uuemad liituvad ka juba juhtmevabalt (*WiGig* kaardi kaudu, mis peab sülearvutis eksisteerima) – kuid nagu ikka iga uuendusmeelse tehnoloogiaga, sel võib olla teatud piirid, kui jutt käib jõudlusest/kiirusest.

MOBIILNE TÖÖJAAM (AKU, KLAVIATUUR)

- 9-cell aku kestab kauem kui 6-cell aku, aga kui sinu peamine töö ei seisne arvuti kasutamist akutoitel, siis 6-cell on parim valik
- Klaviatuurid võivad olla väga erinevad. Osadel, pigem 17", on eraldi numbriklahvistik – mõnel juhul väga mugav. Osadel võib jällegi olla mõni klahv nii tüütult paigutatud (näiteks *Delete*), et selle vajutamine tähendab ka mõne teise nupu paratamatut puudutamist/vajutamist, mis siis näiteks kuvab mingi mõttetu dialoogi (tüüpiliselt tootjate pool paigutatud spetsiifilised nupud, mis võivad näiteks sisse lülitada *Wi-Fi* või *Bluetooth*-i või heli üles/alla keerata jne).

MOBIILNE TÖÖJAAM (LISAEKRAAN)

- Hea LCD ekraani (24") saab juba ca 200 € eest
- Lisaekraani kasutamisel saad osad kasutajaliidese elemendid nihutada teisele ekraanile
- Ekraanitehnoloogiaid on erinevaid, IPS (*In Plane Switching*), VA (*Vertical Alignment*), TN (*Twisted Nematic*)

Tehnoloogia	Värvilahutus	Vaatenurk	Reageerimise aeg	Hind	Kommetaar
IPS	Väga hea	Väga hea	Hea	Kallis	Värvivarjundite teke teatud nurga all
VA	Hea	Hea	Keskmine	Mõistlik	Värvide muutus nurga all
TN	Keskmine	Keskmine	Väga hea	Odav	6-bitine värvilahutus, aga tehnoloogia areneb

- Pea hoogu 4K ekraanitehnoloogiaga, kuna see seab ka graafikakaardile väga kõrged nõudmised

KAS VALMISLAHENDUS VÕI ISE KOKKU PANNA?

- Valmislahendus on turvaline valik, kuid väiksemate valikutega
- Kui näed suurt allahindlust, tee veidi eeltööd ja püüa leida "põhjus", miks see on alla hinnatud – tüüpiliselt on seal kasutusel vanema põlvkonna protsessor ja/või graafikakaart
- Veendu, et oled saanud masina, mille tellisid (meenuta erinevaid RAM konfiguratsioone)
- Eelista minimaalselt 3-aastast garantiid
- Mõne *upgrade-i* saad ise teha oluliselt odavamalt, kui see soetada arvuti edasimüüjalt/pakkujalt (nt RAM).
- Ise kokkupanemine eeldab väga head eeltööd, sest tööjaama komponentide kokku sobitamine võib olla omaette teadus ja võid kogemata avastada, et sinu poolt valitud komponent ei ole 100% töökindel teiste komponentidega, ehk siis kaotad põhjendamatult vajalikku arvutussuutlikkust, mis oli ilmselt sinu peamiseks kaalukeeleks, miks ise soovisid masina kokku panna

**TAL
TECH**

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn,

taltech.ee