

Juhend: 3D-PRINTER KOOLIS



Autorid:
Priit Norak,
Karl-Tanel Paes,
Allar Aasjõe ja
Tarmo Saluste

Koostatud HITSA tellimusel.

NB! Teksti kopeerimine ja kasutamine ainult autori loal.
Koolides lubatud kasutada, kui on viidatud autoritele.

Sisukord

Sissejuhatus	3
Mis on 3D-printer ning kuidas see töötab?	3
Millist kasu toob 3D-printimine igapäevaellu?	3
Kas 3D-printimisel on ka negatiivseid pooli?	3
3D-printimise kasutusala ja võimalused	3
Mõisted	4
KIT 3D-printer	5
Mis on KIT 3D-printer?	5
Millist 3D-printerit soetada?	5
Mida jälgida KIT printeri ostmisel	6
Keerukus	6
Konstruktsioon	6
Materjalid (ABS'iga printimise võimalus)	6
Tugi	6
Kuidas KIT printerit kokku panna	6
KIT printeri kasutamine	7
Vabavara tarkvara	7
Mis võimalused	7
Ohud	7
KIT printeri hooldamine	7
Mida peaks jälgima?	7
Mis kulub?	7
Kust saab abi?	8
Materjalid, plastid	8
ABS	8
PLA	8
PLA segud	9
PETG	9
PVA	10
HIPS	10
Ninjabflex	11
Nailon	11
Millistes õppeainetes ja kuidas	12
3D printereid kasutada saab	12
10 viisi, kuidas rakendada 3D-printimist õppetöösse:	12
3D-printimise kasutamine õppetöös	12
3D-printimise eelised koolis	12
Matemaatika	13
Füüsika	14
Keemia	15
Bioloogia	16
Geograafia, ajalugu, kunstiajalugu	17
Tehnoloogia	18
Muusika	19
Koolihaldus ja õpilasfirmad	20

Sissejuhatus

Mis on 3D-printer ning kuidas see töötab?

3D-printer on masin, mille abil saab digitaalsest mudelist tekitada (printida) kolmemõõtmelise eseme. Esmalt luuakse või laetakse alla mudel, mida soovitakse välja printida ning seejärel muudab arvutiprogramm detaili paljudeks kahemõõtmelisteks kihtideks. Seejärel hakkab 3D-printer peenikest plastniiti ümber sulatades detaili kihtide kaupa kasvatama, uus materjal lisatakse eelnevalt paigaldatud kihile.

Millist kasu toob 3D-printimine igapäevaellu?

3D-printer lihtsustab meie igapäevaellu mitmel viisil: on võimalik luua kiirelt ning soodsalt prototüüpe, millega saab näiteks testida uue toote erinevaid disaine, on võimalik luua kergelt valuvorme (kasvõi piparkoogivorme omaenda kööki) ning erinevaid vajalikke mudeleid. 3D-printimine annab võimaluse valmistada väga erineva keerukusega detaile – lihtsatest plastikrattastest kuni sisepõlemismootori mudelini välja. Võimalused on lõputud.

Kas 3D-printimisel on ka negatiivseid pooli?

Nii nagu igal teiselgi kiirprototüüpimismeetodil on ka 3D-printimisel omad miinused. Kõige suuremaks miinuseks oleks töö tegemiseks kuluv aeg – mida keerulisem ning suurem on objekt, seda kauem läheb printeril selle printimisega. Vahel võib mõne objekti printimine võtta koguni päevi. Osade detailide puhul peab mitu korda eelnevalt testima erinevaid seadeid, et saada lõpuks ideaalne soovitud tulemus ning kahjuks ei ole võimalik äärmiselt väikeseid ning suuri asju printida, seega printitavate detailide suurus on piiratud. Samuti eraldub ka osade plastikute printimisel ebameeldivat plastiku lõhna (näiteks mürgist ABS plastikut kasutades). PLA puhul eraldub aga magusamat lõhna, sest PLA on valmistatud ohutust biolagunevast materjalist, mistõttu soovitamegi koolidele just printimist PLA materjaliga. Õnneks täiustatakse 3D-printereid ning printitavaid materjale pidevalt ning võib julgelt väita, et juba lähima viie aasta jooksul paraneb printerite kvaliteet hüppeliselt.

3D-printimise kasutusala ja võimalused

Erinevad 3D-printimise rakendused hõlmavad endas visualiseerimist, prototüüpimist/CAD, metallivalu, arhitektuuri, haridust, tervishoidu, meelelahutust/jaemüüki ja palju muud. Teised rakendused hõlmavad endas näiteks paleontoloogias fossiilide taastamist, arheoloogias vanade ja hindamatute esemete kopeerimist, kohtuekspertiisi patoloogias luude ja kehaosade taastamist ning mõrvapaiga uurimiseks tugevalt kannatada saanud tõendusmaterjali taastamist. Samuti on 3D-printimist laialdaselt ära kasutatud kunstiliseks eneseväljenduseks.

Tulevik toob aga võimaluse printida erinevaid materjale korraga ning täisvärviliste printide tegemist pea iga 3D-printeriga. Samuti võib oodata tohutut arengut bio-printimises. Bio-printimisel ladestatakse elus rakkude kihid geelikeskkonda ja ehitatakse aeglaselt üles, et moodustada

kolmemõõtmelisi bioloogilisi struktuure. Sellele alale viitamiseks kasutatakse erinevaid väljendeid nagu organite printimine, bio-printimine ja arvutipõhine koetehnoloogia.

Mõisted

Ekstruuder (prindipea) – Tuleb ingliskeelsest sõnast *extruder* ning tähendab printeri pead, mis tõmbab endasse filament ning teostab kogu printimise.

Filament (lõng, traat) – Tuleb ingliskeelsest sõnast *filament*. See on 3D-printimise toormaterjal, tavaliselt plastmass nagu PLA, ABS, Nylon jne. Filament on levinud läbimõõtudega 1,75 mm ja 3 mm.

Nozzle (eesti keeles ka düüs) – Printeri pea küljes olev kuumutatav düüs, millest surutakse filament välja äärmiselt väikese joana. Düüsi läbimõõt on vastavalt printeri mudelile 0,8 mm kuni 0,2 mm ning mõne printeri puhul ka vahetatav.

Platvorm (kuumaalus) – Inglise keeles ka teada kui *heated bed*, *bed* või *platform*. Platvorm on tavaliselt ala, millele prinditakse detail. Olenevalt materjalidest võib olla platvormil kuumutamise võimalus. Kuumutatav platvorm tagab materjali parema haakumise platvormiga.

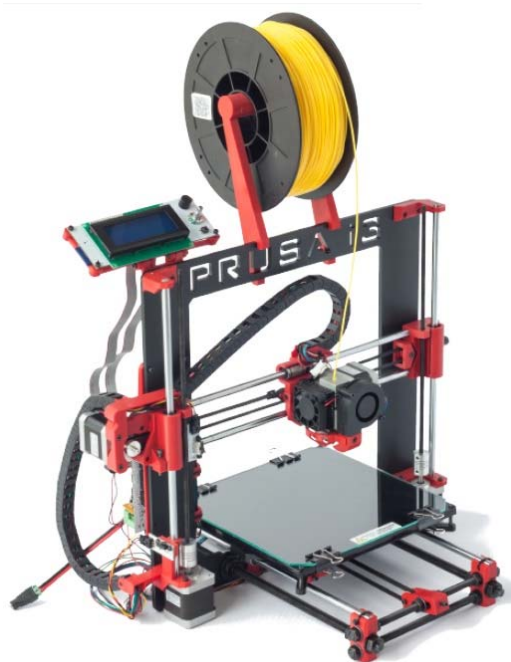
X-, Y- ja Z-telg – 3D-printeri ruumiliseks printimiseks on vaja kolme või enam telje liikumist. Vastavalt printeri ehitusele või omapärale liigutavad teljed kas platvormi või prindipead.

Delta printer (Delta robot) – Üks omapärane 3D-printeri ehitus, kus kolm vertikaalset telge võimaldavat prindipead liigutada kolmes dimensioonis.

KIT 3D-printer

Mis on KIT 3D-printer?

KIT 3D-printer tähendab seda, et printer tuleb peale ostu ise kokku panna. Komplektides on olemas kõik poldid, kruvid, mootorid, ekraan, raam, plastikust kinnitusdetailid ning juhtmed. Enamasti on printeritega kaasas ka õpetus, mis näitab samm-sammult, kuidas 3D-printer kokku panna. KIT printerid on enamasti soodsamad, sest hinnale ei lisandu tehase poolt kokku panemise hinda. KIT printerid on enamasti ka väga kergesti ümber ehitatavad ning uuendatavad, sest need printerid on mõeldud eksperimenteerimiseks ja arenduseks. Internetist võib leida tohutul hulgal erinevaid komponente, mille saab printeriga välja printida ning seejärel oma printeri külge monteerida. Lisaks on võimalik paljudele KIT'idele hiljem juurde osta suurem alus või hoopiski soojendatav platvorm, et laiendada printimaterjali valikut, millega printida. Ka tarkvarad, mis ühilduvad KIT printeriga, on enamasti tasuta. On ka tootjaid, kelle DIY (*Do it yourself* e. tee seda ise) 3D-printeri komplektidega ei ühildu vabavarad ning peab ostma vastava tootja tarkvara. Ometi on see KIT'ide puhul erand.



Millist 3D-printerit soetada?

3D-printeri soetamise puhul on esmatähtis loomulikult eelarve ning 3D-printeri kasutamise otstarve. Kui 3D-printeri eelarve jääb alla 1000€, siis 3D-printeritel üldiselt suurt vahet ei ole. Enamasti on neil puhkudel tegemist kokkupandavate (KIT) või odavamate Hiinas toodetud kokkupandud 3D-printeritega. Nende printerite soetamisel soovitame olla ettevaatlikud, sest tihti võib juhtuda, et soetatud 3D-printerit enam üldse ei toodetagi (müügil viimased jäägid) või on tegemist tundmatu printeritootjaga, kelle puhul võib kasutajaskond ning tugi olla täiesti puudulik. Soovitaksime valida 3D-printeri, mis on suuresti toodetud Euroopas ning mis on laiemalt levinud. Seda seepärast, et paratamatult nõuavad 3D-printerid hooldust või aeg-ajalt ka parandamist ning neil juhtudel on hea, kui on nõu ja/või varuosad lähedalt ning kiiresti võtta. Parimal juhul valige 3D-printer, millele pakutakse hooldust ning garantiid ka Eestis, et kõikide probleemide ning küsimuste korral oleks võimalik kiirelt vastus saada.

Koolidele soovitatud 3D-printeri omadused:

- tugi võimalikult lähedalt võtta;
- suur kasutajaskond 3D-printerile;
- mida suurem 3D-printeri ehitusala, seda parem;
- mida väiksem kihipaksus (mikronites), seda paremat kvaliteeti on võimalik saavutada;
- 3D-printer prindib PLA materjali, mis vastandub mürgisele ABS plastikule.

Mida jälgida KIT printeri ostmisel

Kuna turul on väga lai valik KIT 3D-printereid, peab ostmisel lähtuma järgmistest parameetritest: keerukus, konstruktsioon, prinditavad materjalid, tugi ja kättesaadavus.

Keerukus

Üks kõige olulisemaid näitajaid on printeri keerukus, millest oleneb printeri töökindlus, prinditavate detailide kvaliteet ja palju muud, mis kõik on väga tähtsad lõpptulemuse saavutamisel. Kui printer on liiga keerulise ehitusega, on seda ka probleemide esinemisel tülikas parandada. Näiteks ekstruuderi, platvormi ja telgede kinnitused on ühed tähtsaimad osad printeril. Kehva disaini puhul võivad need osad kaotada oma tõelise eesmärgi. Näiteks jäävad need printeri hooldamisel ette või on neid keeruline hooldamiseks eemaldada. Printeri ehitus peab olema lihtne, efektiivne, vastupidav ja töökindel.

Konstruktsioon

Kuna paljudel KIT printeritel on varuosad ka internetis olemas ning need saab vajadusel igaüks ise oma printeriga printida, peaks kontrollima nende kättesaadavust internetis. Kontrollida tuleks ka ühilduvate programmide valikut ning nende keerukust. Enamasti läheb printimisel tarvis vaid mõningaid seadeid, kuid mõned programmid laskuvad detailidesse iga prindi ettevalmistamisel.

Printeri ehitamisel kasutatud materjalid peavad olema kvaliteetsed ja defektideta. Loomulikult peab odavate KIT printerite puhul tegema järeleandmisi, kuid printeri soetamisel tasub kindlasti jälgida varudetailide olemasolu ning varraste, raami ja telgede kvaliteeti. Samuti tuleb veenduda elektroonika nõuetele vastavuses. Probleemide esinemisel tasub kindlasti pöörduda esimesel võimalusel edasimüüja või tootja poole.

Materjalid (ABS'iga printimise võimalus)

Kuna väga paljud KIT printerid on võimelised printima vaid PLA'd või sellele sarnaseid materjale, tuleks kindlasti uurida printeri täiustamise võimalusi, näiteks suurem prindiplatvorm või hoopis soojendatav prindiplatvorm (saab printida ABS, ULTRA-T, WOOD jpt. plastikuid). See võimaldab teha pikemas perspektiivis otsuseid, kas muretseda endale suuremate vajaduste korral parem ning kallim printer või osta lisaosad olemasolevale printerile.

Tugi

Printeri ostul on soovitatav kontrollida ka edasimüüja poolt pakutavaid teenuseid nagu varuosade müük, parandus ja üldine abi. Uurida tasub ka internetis leiduvat informatsiooni printeri kohta – kas on olemas foorumid, kust leida abi või leidub videoid, mis õpetavad, kuidas printerit tõhusalt hooldada ja kasutada.

Kuidas KIT printerit kokku panna

KIT printerit ostes on enamasti kaasas ka samm-sammuline printeri kokkupanemise õpetus. Õpetus juhendab täpselt, millist eesmärki iga detail täidab ning mis viisil on 3D-printerit kõige kergem komplekteerida.

Juhul, kui komplekt ei sisalda kokku panemise õpetust, leiab häid juhendeid ka videote näol. Videokeskkonda Youtube on paljud hobi korras printijad lisanud õpetlikke videoid printeri kokkupanekust, kalibreerimisest ning hooldamisest.

Õpetusi võib leida ka tootja kodulehelt ning kuna enamasti on KIT printerite ehitus väga sarnane, võib ligilähedasi õpetusi leida ka teiste tootjate kodulehtedelt.

Piisava tahtmise juures on KIT võimalik ka ilma juhenditeta kokku panna. Peab küll mainima, et 3D-printimises alles vähikutele ei pruugi see olla kõige kergem katsumus ning vigade esinemisel võivad osad detailid puruneda. Siiski on see täiesti võimalik ning kaalutav otsus.

KIT printeri kasutamine

Vabavara tarkvara

CURA 15.04.02 (<https://ultimaker.com/en/products/cura-software/list>)

Slic3r (<http://slic3r.org>)

Repetiere host (<http://www.repetier.com/>)

Mis võimalused

KIT printeri puhul on võimalusi katsetada erinevate materjalidega.

Printeri kokkupanemisel kasutaja õpib printeri mehaanikat ja elektroonikat paremini mõistma.

Kasutajal on parem printerit hooldada ja seda parandada mõistes printeri tööd.

Ohud

Kuna mõne KIT printeri osad on 3D-prinditud siis võib printimisel esineda ebatäpsusi, kuid õige hooldamise ning kalibreerimise tulemusena peaks printer printima just printija soovidest lähtuvalt. KIT printerit on tihtipeale ka avatud, ehk nende liikuvad osad pole kaetud ja mõni uitama läinud käsi võib sattuda liikuva osa vahele või saada kõrvetada ekstruuder vastu minnes. Tähele peab panema ka seda, et mootoreid, ekstruuderit ja elektroonikat ühendavad juhtmed oleks ohutult kinnitatud, vältimaks hilisemaid tõrkeid printeri töös.

KIT printeri hooldamine

Mida peaks jälgima?

Peale 3D-printeri kokku panemist, kalibreerimist ning seadistamist on vaja printerit teatud aja tagant hooldada. Printeri hooldamisel peab kindlasti jälgima, et teljed ja liikuvad osad oleksid õlitatud. Samuti peab kontrollima, et ekstruuderit vedav telg ei oleks kulunud ning kummist osad oleksid terved ning liiguksid sujuvalt. Printer on soovitatav kalibreerida iga 20 prindi järel või siis, kui selleks vajadus tekib. Ekstruuderit ummistuse korral tuleks prindipea eemaldada ning prindipea puhastada. Selline hooldamine tagab printeri töökindluse ning kestvuse.

Mis kulub?

Juhul kui kuullaagrid või muud detailid amortiseeruvad, tuleks uute muretsemiseks pöörduda ettevõtte Shaperize poole. Samuti võib ette printida printerile sobivad plastikust detailid, mille mudelid on tasuta internetis saadaval.

Kust saab abi?

Probleemide esinemisel saab ühendust võtta ettevõttega Shaperize.

Kui printimine ebaõnnestus või tulemus pole päris see, mis on soovitud, on võimalik tuvastada pildi järgi viga ja leida probleemile lahendus siin:

<https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>.



Materjalid, plastid

ABS

Kirjeldus	Enamlevinud plast. Kasutatakse suuremate plastikust korpuste ning varuosade printimisel.
Omadused	• Saab liimida ja töödelda atsetooniga. • Hea temperatuuritaluvus. • Kuumutamisel eritab toksiine. • Kuumutamisel paisub – suur tõenäosus kaardumiseks (warp), ehk kui üks osa detailist on jahe ja teine kuum, siis detail tahab end kaardu tõmmata.
Tugevus	ABS plast on omadustelt jäik, kuid siiski piisavalt paindlik ning kergema painutuse korral ei purune.
Taaskasutavus	Halb. ABS plast nagu paljud polümeerid kaotavad oma omadused sulatamisel ning seetõttu on taaskäideldud plastik habras. Taaskasutatakse ABSi, lisades seda väiksemates kogustes värsket ABSi plasti segusse või toodetakse sellest kehvemat ABS plasti, näiteks pakendid jne.
Printimine	• NB! Vajab kuumutatud prindialust! • Prinditemperatuur: 220-250 kraadi. • Kuumaalus: 110 kraadi.

NB! Kõiki materjale tuleb hoida kuivas ning eemal otsese päikesevalguse eest.

PLA

Kirjeldus	Enamlevinud plast 3D-printimisel. PLA on tehtud maisitärklisest, seega on ainuke taastuvatest ainetest toodetud plast.
Omadused	• Keeruline liimida. • Halb temperatuuritaluvus – deformeerub juba 65 kraadi juures ja kaotab oma kuju. • Kuumutamisel ei erita toksiine. • Ei vaja printimisel tingimata kuumutatud alust.
Tugevus	PLA plast on omadustelt jäik ning rabadam kui näiteks ABS plastik.
Taaskasutavus	Kuigi PLA materjalist räägitakse kui biolagunevast plastist, laguneb see ikkagi suure kuumutamise ja mitmete teiste protsesside abil. Taaskasutatakse PLAd, lisades seda väiksemates kogustes värsket PLA plasti segusse või toodetakse sellest kehvemast PLA plasti, näiteks pakendid jne.
Printimine	• Ei vaja kuumutatavat alust! • Prinditemperatuur: 170-220 kraadi. • Kuumaalus (valikuline): 60 kraadi.

PLA segud – Wood, Copper

Kirjeldus	Erilised PLA plastiku segud, mis on mõeldud kindla otstarbega detailide printimiseks. Puidu filament kasutatakse puidu imiteerimiseks ning vasesegust materjali metalli imiteerivate detailide printimiseks (segusid on veel mitmeid).
Omadused	• Keeruline liimida. • Temperatuuri taluvus on täielikult segust. Prinditemperatuuri tuleb kontrollida pakendilt või lisalehelt. • Kuumutamisel eritab toksiine väga vähesel määral. • Ei vaja printimisel tingimata kuumutatud alust.
Tugevus	Puidu plastik on omadustelt väga sarnane PLA plastikuga, kuid vase materjal imiteerib pigem päris vaske.
Taaskasutavus	Kuna materjalid on väga keerulise keemilise struktuuriga on nende taaskasutus väga kallis ning seetõttu ka olematu.
Printimine	• Ei vaja kuumutatavat alust! • Prinditemperatuur: 170-230 kraadi. • Kuumaalus (valikuline): 60 kraadi.

NB! Kõiki materjale tuleb hoida kuivas ning eemal otsese päikesevalguse eest.

PETG

Kirjeldus	Väga vastupidav sooladele, hapetele ja leelistele, mistõttu soovitatakse PETG materjali kasutada just mehaaniliste detailide printimisel, mis on pidevas kokkupuutes keemiliste ainetega.
Omadused	• Hea temperatuuritaluvus. • Kuumutamisel eritab toksiine. • Hea keemiliste ainete taluvus. • Kuumutamisel paisub – suur tõenäosus lainetamiseks (warp), ehk kui üks osa detailist on jahe ja teine kuum, siis detail tahab end kaardu tõmmata.
Tugevus	PETG plast on omadustelt jäik, siiski lubades piisavalt painduvust, et mitte puruneda. Sarnaneb ABS plastikule.
Taaskasutavus	Vähekasutatud materjal, mistõttu on taaskasutamine kulukam.
Printimine	• NB! Vajab kuumutatud prindialust! • Prinditemperatuur: 220-250 kraadi. • Kuumaalus: 110 kraadi.

PVA

Kirjeldus	Kuumas vees lahustuv materjal. Sobib printimiseks printeriga, millel on mitu prindipead (ühega peaga prindib teisest materjalist detaili ning PVA plastikuga näiteks tugistruktuure – tugistruktuuride eemaldamine on palju hõlpsam, kui muidu)
Omadused	• Hea temperatuuritaluvus. • Kuumutamisel eritab toksiine. • Kuumutamisel paisub – suur tõenäosus lainetamiseks (warp), ehk kui üks osa detailist on jahe ja teine kuum, siis detail tahab end kaardu tõmmata.
Tugevus	PVA plast on omadustelt jäik, siiski lubades piisavalt painduvust, et mitte puruneda.
Taaskasutavus	Vähekasutatud materjal, mistõttu on taaskasutamine kulukam.
Printimine	• NB! Vajab kuumutatud prindialust! • Prinditemperatuur: 190-200 kraadi. • Kuumaalus: 110 kraadi.

NB! Kõiki materjale tuleb hoida kuivas ning eemal otsese päikesevalguse eest.

HIPS

Kirjeldus	ABS plastikule väga sarnane materjal, kuid lahustub limoneenis.
Omadused	• Hea temperatuuritaluvus. • Kuumutamisel eritab toksiine. • Talub tugevaid lööke ja lihvimist (töötlemist) • Üks materjal, mis õigel temperatuuril printides ei tohiks lainetama (warp) hakata.
Tugevus	HIPS plast on omadustelt jäik, siiski lubades piisavalt painduvust, et mitte puruneda.
Taaskasutavus	Vähekasutatud materjal, mistõttu on taaskasutamine kulukam.
Printimine	• NB! Vajab kuumutatud prindialust! • Prinditemperatuur: 220-240 kraadi. • Kuumaalus: 110 kraadi.

Ninjabflex (või teised elastsed materjalid)

Kirjeldus	Levinud elastsete omadustega detailide printimisel.
Omadused	• Kuumutamisel eritab toksiine. • Väga elastne, kummi taoline struktuur.
Tugevus	Väga veniv ning elastne materjal.
Taaskasutavus	Polümeeride lagunemisel ei ole teistkordselt printitav. Võimalik on küll proovida, kuid tulemus on väga kehv.
Printimine	• Ei vaja ilmtingimata kuumutatavat alust. • Prinditemperatuur: 210-225 kraadi.

Nailon

Kirjeldus	Sarnaneb tugevuselt ABS plastikuga, seega sobib erinevate varuosade ja korpuste printimiseks.
Omadused	• Enne printimist peab kontrollima materjali kuivust. Niiske materjaliga printides on tulemus rikutud. • Hea temperatuuritaluvus. • Kuumutamisel eritab toksiine. • Kuumutamisel paisub – suur tõenäosus lainetamiseks (warp), ehk kui üks osa detailist on jahe ja teine kuum, siis detail tahab end kaardu tõmmata.
Tugevus	Nailon plast on omadustelt jäik, siiski lubades piisavalt painduvust, et mitte puruneda.
Taaskasutavus	Võimalik, kuid vajab spetsiaalseid seadmeid, mis tagavad materjali omadused ka teiskordsel prindil.
Printimine	• NB! Vajab kuumutatud prindialust! • Prinditemperatuur: 240-260 kraadi. • Kuumaalus: 70-80 kraadi.

Millistes õppeainetes ja kuidas 3D-printereid kasutada saab

10 viisi, kuidas rakendada 3D-printimist õppetöösse:

1. Inseneeria ja disaini tundides saab välja printida prototüüpe.
2. Arhitektuuri tudengid saavad välja printida erinevate disainide 3D-mudeleid.
3. Ajaloo tundides on võimalik välja printida ajalooliste esemete või tegelaste koopiaid.
4. Graafilise disaini tundide raames saab välja printida 3D-versioone oma kunstiloomingust.
5. Geograafia tundide raames saab printida topograafilisi kaarte.
6. Kokandust õppivad õpilased saavad luua vorme erinevate toitude valmistamiseks (nt šokolaad).
7. Füüsikas on võimalik 3D-printida näiteks aatomite ning elektronide mudeleid.
8. Keemia tundide raames saab printida molekulide 3D-mudeleid.
9. Bioloogia tundide raames saab printida rakke, viiruseid, organeid jms.
10. Matemaatika tundide raames saab printida „probleeme“, mida oma õppimisprotsessi käigus lahendada, või matemaatilisi 3D-mudeleid.

3D-printimise kasutamine õppetöös

Arvestades, et 3D-printimine mõjutab kõiki ärivaldkondi alustades meditsiini ja arhitektuuriga kuni moe- ja toidutööstuseni välja, on mõistlik võimaldada õpilastel õppetöös ja oskuste arendamisel kasutada just antud tehnoloogiat. Hariduses on 3D-printimise põhirõhk disainil ja loovusel, samuti ka tehnoloogial ja inseneerial.

3D-printimise eelised koolis

Peale õpilaste ettevalmistamise nende tuleviku jaoks ja nendele väärtuslike oskuste õpetamise on 3D-printimisel veel teisigi rakendusi haridusprogrammis. 3D-printimine on revolutsiooniline vahend, millele on õppeprogrammis mitmeid erinevaid rakendusi, samuti on 3D-printimise näol tegemist uue võimalusega õpetajatel oma ideid ja materjale õpilastele edastada ning arusaadavamaks teha.

Järgnevalt on välja toodud, kuidas 3D-printimine muudab õppetöö hõlpsamaks:

- **Õpilaste tähelepanu püüdmise:** Noored õpilased ei huvitu tihtipeale suurest hulgast kirjalikest materjalidest. Informatsiooni visuaalselt nähtavaks tegemine aitab küll noori kaasa töötama, kuid kolmedimensiooniliste vahendite loomine ja kasutamine köidaks õpilaste uudishimu ning tähelepanu veelgi.
- **Stimuleerida koostööd tunni ajal:** 3D-printerite kasutamine muudab iga tunni hetkega koostöö arendamise ja koos töötamise kogemuseks. Näiteks on õpetajal võimalus printida inimese skeleti osi bioloogia tunni raames või luua prototüüpe tehnoloogia tundides.
- **Loo käegakatsutavaid abivahendeid:** Keerulised mõisted ja mudelid ei ole enam mitte ainult silmaga nähtavad, vaid ka käega katsutavad. Kõike, mille õpetaja tavaliselt tahvlile joonistaks, on nüüd võimalik lahti seletada, kasutades füüsilisi mudeleid, mida õpilased saavad käega

katsuda ja iga nurga alt uurida.

- **Loovuse arendamine läbi 3D-printimise:** 3D-printimine oleks suurepärane võimalus eriti just kunsti või tehnika tundides, kus on võimalik 3D-printimisega õpilaste loovaid ja metsikuid ideid reaalsuseks muuta kunsti või prototüüpide näol.

Matemaatika

3D-printimises on matemaatika väga olulisel kohal, alustades seadmetest ja lõpetades tööprotsessiga. Väga suur rõhk on matemaatilistel teadmistel jooniste ja modellatsioonide valmistamisel. Olenevalt mudelist on võimalik (ja tihtipeale ka vajalik) kasutada kõiki erinevaid matemaatilisi teadmisi - alustades lihtsate arvutustega ja lõpetades keerukate funktsioonidega. Väga olulisel kohal modellatsioonide loomisel on teadmised trigonomeetriast, geomeetristest kujunditest ja nende omadustest ning seostest.



Teadmised

trigonomeetriast on tarvilikud, et osata lahendada erinevaid probleeme ja ülesandeid ning luua keerulisi lahendusi, mis on vajalikud mudeli loomiseks. Trigonomeetria baasteadmised omandatakse juba 9. klassis, kuid nende teadmiste abil võib komplitseeritumate mudelite loomine osutuda problemaatiliseks.

Vajalikud lisateadmised omandatakse gümnaasiumiastmes kursuste „Trigonomeetria“ ja „Funktsiooni piirväärtus ja tuletis“ käigus.

Teadmised geomeetristest kujunditest on hädavajalikud jooniste ja modellatsioonide loomiseks. Olenemata joonise raskusastmest on vaja tunda põhilisi tasapinnalisi kujundeid nagu kolmnurk, ruut ja ristkülik. Mida keerulisemaks lähevad joonised, seda suurem on tõenäosus, et nende korrektseks lahendamiseks on tarvis teadmisi ka keerulisematest tasapinnalistest kujunditest nagu romb, rööpkülik, trapets, erinevad hulknurgad, ring ja ellips. Tasapinnaliste kujundite baasteadmised saavutab õpilane teises kooliastmes. Laiem teadmiste pagas omandatakse aga gümnaasiumiastmes kursuste „Planimetria“, „Integraal. Planimetria kordamine“, „Geomeetria I“ ja „Geomeetria II“. Lisaks neile kursustele on oluline kursus ka „Vektor tasandil. Joone Võrrand“, mille käigus omandatakse teadmised vektori kohta, samuti õpitakse sirge ja ringjoone võrrandeid.

Peale selle, et matemaatilised teadmised on äärmiselt olulised jooniste ja modellatsioonide loomisel, saab 3D-printimist matemaatikaga siduda ka teisel viisil. 3D-printeriga on võimalik luua 3D-funktsioonide graafikuid, uurimaks kuidas funktsiooni graafik käitub. Samuti on võimalik luua erinevaid geomeetrisi kujundeid ja kehasid, mida saab kasutada õppematerjalina klassiruumis.

Matemaatika süvakursuse raames on 3D-printimise ja modelleerimise potentsiaali võimalik ära kasutada matemaatiliste probleemide lahendamiseks ja loovuse arendamiseks. 3D-printeri abil on võimalik luua erinevaid mõistatusi ja „probleeme“, mida hiljem tundide käigus (või iseseisvalt) lahendada ja analüüsida. Sellisel viisil probleemide lahendamine, probleemi reaalselt käes hoides ja uurides, arendab õpilastel tavapärasest teistmoodi asjadele lähenemist, „kastist välja mõtlemist“, ruumilist mõtlemist ja kujutlusvõimet.

Füüsika

Füüsika mängib 3D-printimise protsessis olulist rolli mudelite loomisel. Füüsikaalaste teadmiste rakendamine kolmedimensiooniliste mudelite loomisel on oluline just seepärast, et objekti peale valmismudeli 3D-printeris väljaprintimist ka reaalselt kasutada saaks. See tähendab, et mudelite loomisel tuleb arvestada paljusid erinevaid aspekte, mille hulgas on põhilised (loetelu ei ole lõplik):

- kehale mõjuvad jõud;
- tasakaalupunkt;
- keha struktuur;
- keha füüsikalised omadused.

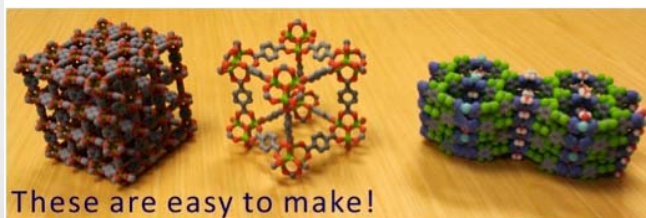


Kõike seda tuleb arvestada lähtuvalt eesmärgist, mille jaoks see konkreetne mudel loodud on. Samuti tuleb vastavalt mudeli eesmärgile arvestada, kuidas keha erinevates tingimustes käitub. Gümnaasiumiastme füüsikas idealiseeritakse enamus olukordi, mis tähendab, et kõik tingimused on ideaalsed. Reaalselt sellist olukorda eksisteerida ei saa – alati on mitmeid tegureid, mis keha mõjutavad. 3D-mudelite loomine annab võimaluse õpilasel erinevaid füüsikalisi teadmisi kombineerida ja

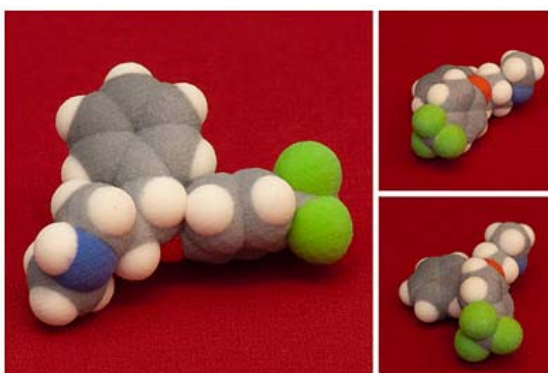
praktiliselt rakendada. Vajalikud teadmised erinevate kehale mõjuvate jõudude ja tegurite kohta omandatakse gümnaasiumiastme kursuste „Kinemaatika“, „Dünaamika“ ja „Jäävusseadused“ raames.

3D-printimist saab rakendada füüsikasse ka muul viisil kui seda on mudelite loomine. Üks suure potentsiaaliga kasutusala on õppeotstarbeliste vahendite loomine. Neid füüsika valdkondi, kus oleks võimalik teoreetilisi teadmisi 3D-printimise abiga õpilastele lähemale ning „käega katsutavaks“ tuua, on mitmeid. Näitena saab tuua kursused „Molekulaarfüüsika alused“ ja „Termodünaamika. Aine ehitus. Faasisiirded“, mille raames on võimalik luua aine ehituse mudelid, samuti teha graafikuid õpilastele käega katsutavaks. Lisaks saab 3D-printeri abil luua vahendeid füüsikaliste seaduste katseliseks kontrollimiseks või tarvikuid praktiliste tööde läbi viimiseks.

Keemia



Keemial on 3D-printimises mitu erinevat kasutusala. Tähtsaim neist on erinevate ainete keemiliste omaduste tundmine ja rakendamine. 3D-printerites on tänapäeval võimalik kasutada mitmeid erinevaid materjale, mis kõik on erinevate keemiliste omadustega. On oluline teada, et mudelit välja printima hakates tuleb valida eesmärgile sobiv materjal. Näiteks koogivormide tegemiseks ei saa kasutada igasugust plastikut, sest osad plastmassid eritavad kõrgemal temperatuuril inimesele mürgiseid aineid või sulavad lihtsalt ära. Laiemale kasutajaskonnale ongi erinevad plastmassid peamisteks materjalideks, mis tähendab, et nende erinevustest on vaja aru saada. Erinevate ainete keemilistest omadustest räägitakse jooksvalt kogu gümnaasiumi vältel, kuid plastmasside (polümeeride) kohta räägitakse täpsemalt gümnaasiumiastme kursuse „Orgaaniline keemia II“ raames.



Teine väljund 3D-printimisele keemias on õppeotstarbeliste mudelite loomine. Mudelite kasutamine õppetöös aitab õpilastel paremini mõista, milline on aine struktuur tegelikult ja kuidas näevad välja

silmaga nähtamatud osakesed (seda väga suure suurendusega mudelite näol). Erinevaid mudeleid, mida õpilastele tutvustada on mitmeid (loetelu ei ole lõplik):

- aineolekute struktuurid;
- molekulide struktuure;
- aatomi ehitus.

Peale mudelite, saab ka keemia tunni jaoks muid praktikas vajalikke labori tarvikuid printida, nagu näiteks katseklaasi hoidja, kraanid jne.



Bioloogia

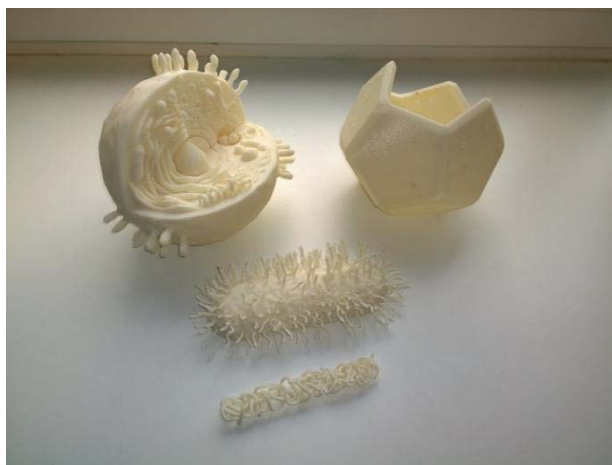
Gümnaasiumitasandil on 3D-printimine bioloogias vajalik just erinevate mudelite ja õppeotstarbeliste vahendite loomisel. Tunnis saab õpilastele tutvustamiseks luua erinevaid organismide koostisesse kuuluvaid biomolekule:

- süsivesikud;
- lipiidid;
- valgud;
- nukleiinhapped.



Samuti on võimalik luua käega katsutavaid mudeleid rakkudest ja rakuorganellidest (näiteks mitokondrid), mis aitab õpilastel praegini aru saada rakkude ehitusest ja talitlusest. Kõiki neid teemasid käsitletakse kursuse „Organismide

koostis ja tsütoloogia“ raames. Niisamuti on erinevaid võimalusi ja variante mudelite loomiseks õppetöö lihtsustamiseks ja õpilastele arusaadavamaks muutmiseks kursuste „Organismide paljunemine ja pärilikkus“, „Metabolism. Viirused. Bakterid. Inimese füsioloogia“ ja „Bioevolutsioon“ raames.



Geograafia, ajalugu, kunstiajalugu

Antud õppeainetes on 3D-printimise peamiseks väljundiks õppeotstarbeliste mudelite loomine. Geograafia tarbeks on võimalik teha maakera siseehituse mudeleid ja mudeleid tutvustamiseks õpilastele lihtsustatult erinevaid looduses toimuvaid protsesse. Samuti luua erinevaid pinnamoodide profiile mõistmaks ja analüüsima maa liigestatust ja selle mõjusid loodusele, erinevatele eluvaldkondadele ja rahvastiku ja majandusteguritele:

- loodusvöötmed;
- asustus;
- põllumajandus ja toiduainetööstus;
- energiamajandus.



Ajaloo ja kunstiajaloo tundide jaoks on 3D-printeri abiga võimalik luua koopiaid hinnalistest ja ajaloolistest esemetest, et saada ettekujutus, millised need taiesed reaalselt on või olla võisid ning analüüsida nende põhjal ajaloolisi sündmuseid. Näiteks kunstiajaloo tunni raames teha valmis kuju Willendorfi Veenusest ning hiljem analüüsida põhjuseid, miks võidi selline asi kunagi teha ja mis selle eesmärk/otstarve oli. Lisaks saaksid õpilased antud esemest ka parema ettekujutluse.





Mõningad kunstiteosed või pildid on tehtud kolmemõõtlemiseks ümber ja siis neid on 3D-prinditud. Saadud nõ värviline pilt ruumiliseks on võimalik pimedatel lastel katsuda ruumilisi mudeleid ja mõista paremini ajalugu ja asju, mis muidu jääks neile tundmatuks.

Tehnoloogia



Tehnoloogia suunakursus on 3D-printimise jaoks ääretult oluline. Eriti just kursus „Kujutav geomeetria“, mille raames õpitakse erinevaid teoreetilisi teadmisi ja võtteid jooniste valmistamiseks ja lugemiseks. Ilma nende teadmisteta oleks väga keeruline luua kolmedimensioonilisi modellatsioone, mille järgi hiljem objektid välja printida. Iga kolmemõõtmeline saab alguse kahemõõtmelisest joonisest, millele hiljem lisatakse kolmas mõõde, mida hakatakse erinevates tasapindades omakorda modifitseerima. Joonise lugemise oskus on vajalik, et saada aru teiste inimeste loodud modellatsioonidest ja joonistest ning vajadusel mõista ja seletada enda loodut. Peale teoreetiliste teadmiste arendab nimetatud kursus ka ruumikujutlusvõimet ja ruumilist mõtlemist, mis on eelduseks kolmemõõtmeliste jooniste ja modellatsioonide loomisele.



Lisaks sellele, et tehnoloogia suunakursus on hädavajalik edukaks 3D-printimisega tegelemiseks, on kursuse „Tootearendus ja disain“ edukaks läbimiseks vaja 3D-printimise tehnoloogiat ennast. Antud kursuse raames tuleb õpilastel endil välja töötada ja valmis teha toode, täpsemalt öeldes vähemalt esimene prototüüp. Kuna 3D-printimine on laiemale ringkonnale teada kui üks parimaid kiirprototüüpimise meetodeid, on kursuse raames välja mõeldud ideede kõige lihtsam ja odavam realiseerimisvahend need 3D-printeris valmis printida. Seda muidugi olenevalt ideest.

Muusika

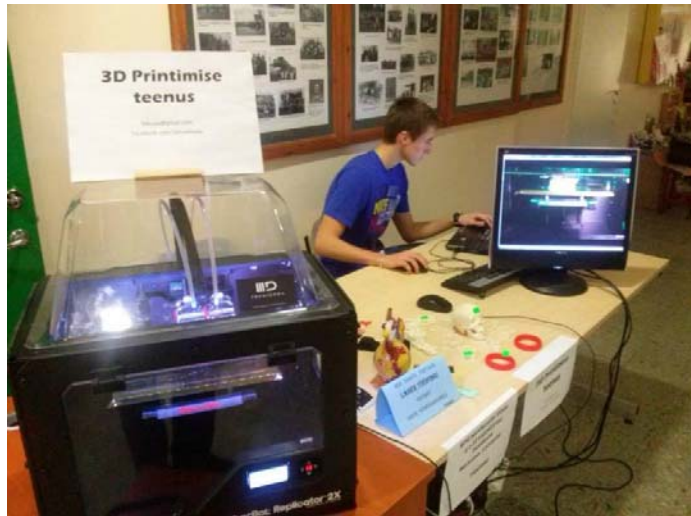
3D-printimisega on võimalik ka printida reaalseid ja töötavaid muusikainstrumente. Kas mõni traditsiooniline muusikainstrument või mõni täiesti uus disain ja heli.



Koolihaldus ja õpilasfirmad

Viimasena võib 3D-printerist ka kasu olla koolile endale. Kui näiteks tualetis on kraani nupp katki läinud, siis saab uue nuppu hoopis 3D-printida ja hoida kokku sellega kooli halduskulusid.

Lisaks on võimalus ka õpilastel luua oma õpilasfirmasid, kasvõi kohalikku printimise teenust osutades.



Lisainfo, teenuste, 3D-printerite ja materjalide kohta



Shaperize

Email: info@shaperize.com

Veeb: shaperize.com

Tel: +372 545 66 208

Facebook: fb.me/Shaperize

Instagram: instagram.com/shaperize

Twitter: twitter.com/shaperize