

# Ohjeita turvalliseen 3D-tulostukseen

HELENE STOCKMANN-JUVALA | KATRI OKSANEN | ANNA-KAISA VIITANEN | ANNELI KANGAS  
MARIKA HUHTINIEMI | TOMI KANERVA | ARTO SÄÄMÄNEN

**3D-TULOSTUSTYÖSSÄ TYÖNTEKIJÄT** voivat altistua haitallisille kemikaaleille ja hiukkasille. Altistumiseen vaikuttavat käytetyt menetelmät. Työturvallisuutta voidaan parantaa tekeväällä työstä riskinarvio ja valitsemalla oikeat riskinhallintakeinot. On tärkeää tietää, mitä kemikaaleja käytetään ja huolehtia turvallisista työtavoista.

3D-tulostus eli materiaalia lisäävä valmistus on yhteisnimitys ryhmälle erilaisia valmistustekniikoita, joissa fyysinen kappale valmistetaan virtuaalisen mallin pohjalta kerros kerrokselta täysin automaattisesti. Tämä mahdollistaa ulkopinnaltaan yhtenäisen mutta sisältä onton kappaleen valmistamisen yhdessä osassa. 3D-tulostimissa voidaan käyttää tulostusmateriaaleina mm. muoveja, metalleja, kipsiä, hiekkaa ja keraameja.

## 3D-tulostusmenetelmät

3D-tulostus voidaan jakaa pientulostamiseen ja teollisen mittakaavan tulostamiseen. Pientulostimia käytetään esimerkiksi kouluissa, yrityksissä, toimistoissa, kirjastoissa ja kotona. Teollisen mittakaavan tulostusta tehdään tuotantolaitoksissa, jotka valmistavat 3D-tulosteita esimerkiksi teollisuuden ja lääketieteen sovelluksiin sekä kuluttajille.

3D-tulostusmenetelmiä ovat mm. pursotus, jauhepetisulatus, kerroslaminointi, sideaineen tai materiaalin suihkutus, suorakerrostus ja valokovetus altaassa.

**Pursotus:** Pursotuslaitteissa pursotetaan suuttimen avulla sulaa materiaalia kappaleen pintaan kerroksittain. Pientulostimet ovat pääasiassa pursotuslaitteita ja niissä käytetään tavallisimmin ABS- ja PLA-muoveja, joiden lämpöhajomista tulostuksen aikana on myös eniten tutkittu.

**Jauhepetisulatus:** Hienojakoista jauhetta, esimerkiksi muovi- tai metallijauhetta, levitetään tasolle ja jauhe kovetetaan haluttuun muotoon laserilla.

**Valokovetus altaassa (esimerkiksi stereolitografia):** Kappale valmistetaan kovettamalla altaassa olevaa valoherkkää nestemäistä muovia (tavallisesti epoksihartsia) lasersäteellä.

## 3D-tulostustekniikan käyttö

- teollinen 3D-kappaleiden valmistus
- prototyyppien valmistus
- lääketieteen sovellukset
- suunnittelutoimistot
- koulut ja oppilaitokset
- kirjastot
- harrastekäyttö

## Yleistä 3D-tulostuksen työturvallisuudesta

Työntekijä voi altistua hengitysteitse tai ihon kautta tulostusmateriaalipölylle, nanohiukkasille, kaasumaisille yhdisteille ja erilaisille kemikaaleille 3D-tulostuksen eri työvaiheissa, joita ovat esikäsitteleminen, tulostus ja tulostetun kappaleen jälkikäsitteleminen. Näiden lisäksi altistumista voi tapahtua tulostimia puhdistettaessa ja huollettaessa, tulostusjätteitä käsiteltäessä ja työympäristöä siivottaessa. Altistumiseen vaikuttavat tulostusmateriaali, tulostustekniikka, jälkikäsittelemiskemikaalit ja työtavat.

Myös toimistotyypisillä työpaikoilla käytettävistä pientulostimista vapautuu tulostusmateriaalista ja -lämpötilasta riippuen eri määrä hiukkasia ja kaasuja. Normaalisissa toimistotiloissa käytetyllä ilmanvaihdolla epäpuhtausmäärät voivat nousta selvästi taustapitoisuutta korkeammaksi. Tulostimet tulisikin sijoittaa esimerkiksi erilliseen, hyvin ilmastoituun tilaan erilleen työskentelytiloista.

Käyttöturvallisuustiedotteista löytyy lisätietoa tulostusmateriaalien ja työssä käytettävien muiden kemikaalien mahdollisista terveydelle haitallisista vaikutuksista ja niiltä suojautumisesta.



3D-tulostusmenetelmällä tuotettu metallikappale.

## Työturvallisuudessa huomioitavaa

Jälkikäsitteily koskematta kovettumattomaan muovimateriaaliin tai puhdistuksessa käytettyihin kemikaaleihin.

### 1 MITÄ TULOSTUSMATERIAALIA KÄYTETÄÄN?

- **Pientulostimissa** käytetään yleensä pölyämätöntä ABS- ja PLA-muovinauhaa, jonka käsittelyyn ei liity erityisiä varotoimenpiteitä.
- **Jauhemaiset tulostusmateriaalit**, kuten muovi- ja metalliraaka-aineet, voivat pölytessään ärsyttää lyhytaikaisesti hengitysteitä. Käytä jauheita käsitellessäsi kemikaalisuojakäsineitä ja tarvittaessa hengityksen-suojaimia.
- **Osa metalleista, kuten nikkeli, on herkistäviä ja syöpävaarallisia.** Erityisesti raskaana olevien pitää välttää 3D-tulostusta tai suojautua erittäin hyvin. Syöpävaarallisia aineita käsittelevät työntekijät on ilmoitettava ASA-rekisteriin (Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteri).
- **Stereolitografiassa** käytössä olevat nestemäiset epoksihartsit ovat voimakkaita herkistäjiä eli allergian aiheuttajia. Käytä nitrili- tai butyylikumisia kemikaalisuojakäsineitä ja työhön soveltuvaa suojavaatetusta.

### 2 ONKO 3D-TULOSTIN KOTELOITU

- **Koteloimattomien tulostimien** (pöytäkoneet) sijoituspaikaksi suositellaan hyvin tuuletettua tilaa erillään työtiloista. Oleskelua koteloimattomien tulostimien läheisyydessä tulostuksen aikana tulisi välttää.
- **Tulostimen kotelointi** pienentää tehokkaasti vapautuvien hiukkasten määrää työtiloissa. Päästöjen johtaminen kotelosta työtilojen ulkopuolelle tehostaa sen suojaavaa vaikutusta.
- **3D-tulostuksessa ilmaan voi vapautua nanokokoisia hiukkasia.** Tutkimusten mukaan osa nanokokoluokan hiukkasista voi aiheuttaa keuhkotulehdusta. Kaikkia nanomateriaalien mahdollisia terveydelle haitallisia vaikutuksia ei vielä tunneta, minkä takia työturvallisuudessa suositellaan noudattamaan varovaisuusperiaatetta.
- **3D-tulostuksessa voi vapautua myös kaasumaisia yhdisteitä.** Käytettävä lämpötila ja tulostusmateriaali vaikuttavat kaasumaisten yhdisteiden vapautumiseen. Tutkimusten mukaan esimerkiksi ABS-muovin tulostuksesta vapautuu styreeniä ja formaldehydiä, mutta niiden pitoisuudet jäävät tyypillisesti alhaisiksi. Erilaisten kaasumaisten yhdisteiden vapautumista tulee arvioida tapauskohtaisesti. Tarvittaessa suositellaan käyttämään asiantuntija-apua.

### 3 MITEN TULOSTETTUA KAPPALETTA JÄLKIKÄSITELLÄÄN?

- **Stereolitografiassa tulostettu kovettumaton kappale** nostetaan epoksihartsinesteestä, jolloin kädet ovat vaarassa altistua voimakkaasti herkistävälle epoksihartsille. Käytä kemikaalisuojakäsineitä. Nestettä voi tippua lattialle ja muille pinnoille, jolloin myös huonommin suojatut kehonosat voivat altistua. Hengitysteitse tapahtuva altistuminen on tässä työvaiheessa vähäistä. Lopullisesti kovettunut kappale ei aiheuta haittaa terveydelle.
- **Kappaleiden puhdistamiseen käytetyt kemikaalit** (esim. isopropanoli) voivat ärsyttää silmiä, ihoa ja hengitysteitä. Osa puhdistuskemikaaleista on syövyttäviä (esim. natriumhydroksidi) tai keskushermosto-oireita aiheuttavia (liuotinaaineet). Käytä asianmukaisia suojaimia.
- **Jauhepedissä** valmistettujen kappaleiden puhdistaminen altistaa materiaalipölylle, joka voi aiheuttaa hengitystieoireita. Kappaleiden puhdistuksen aikana on syytä käyttää kohdepoistoa.
- **Kappaleita hiottaessa** voi muodostua hengitysteitä ärsyttävää pölyä. Muovin tulee olla kovettunutta ennen käsittelyä mahdollisen herkistymisriskin vuoksi.
- **Kappaleiden pintakäsittelyssä** voidaan käyttää runsaasti erilaisia kemikaaleja, esimerkiksi herkistäviä epokseja, syanoakrylaatti- ja akrylaattiyhdisteitä tai isosyanaattipitoisia maaleja.

### 4 MITEN TYÖTILAT SIIVOTAAN?

- Pölyn leviämistä pitää välttää. Ylimääräisten jauheiden keräämiseen suositellaan imurointia.
- Pinnat pitää pyyhkiä kostealla, sillä kuivaharjaaminen lisää pölyämistä.

### 5 MITEN LAITTEISTOA HUOLLETAAN?

- Laitteiston huoltotöissä voi altistua tulostusmateriaalipölylle. Käytä huoltotöissä suojakäsineitä ja tarvittaessa hengityssuojaimia.

LISÄTIETOA TYÖTERVEYSLAITOKSEN VERKKOPALVELUSTA [www.ttl.fi](http://www.ttl.fi)

Malliratkaisut:  
3D-tulostuksen kemikaaliturvallisuus työpaikoilla

Malliratkaisuja nanomateriaalien käsittelyyn  
Kemikaaliturvallisuus  
Henkilönsuojaimet

Epoksikansio  
Tietokortit:  
Nanomateriaalit työpaikoilla