



LUT

Lappeenranta

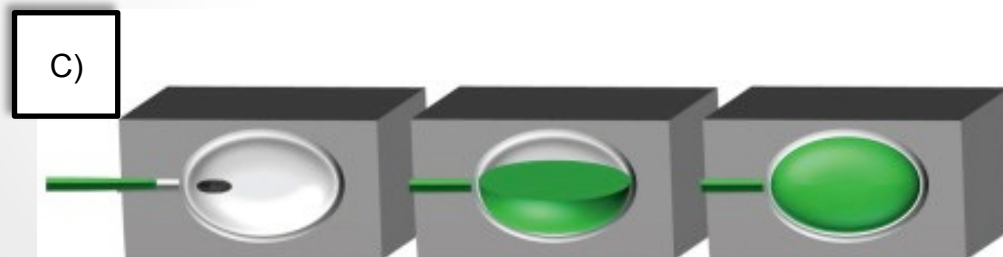
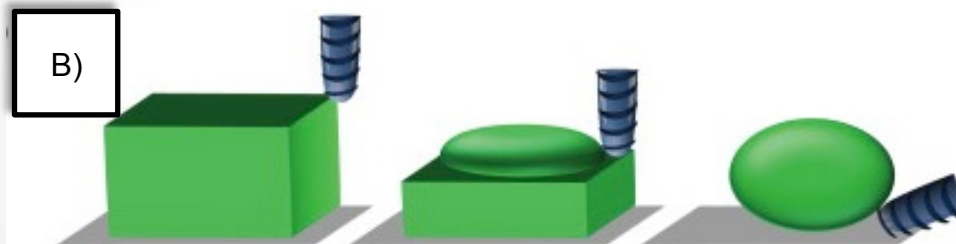
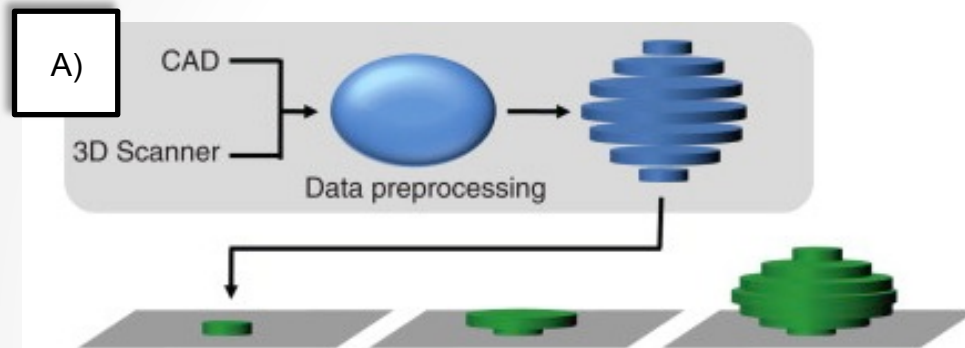
University of Technology



3D tulostus kierrätetystä materiaalista

Antti Salminen

Valmistustekniikoita



- A) 3D tulostus
- B) Koneistus
- C) Valaminen

Lisäävä valmistus / 3D tulostus



→ ISO standardikomitean suositus:

1. Additive Manufacturing AM (lisäävä valmistus) teollisesta muovin ja metallin valmistuksesta
2. 3D printing (3D tulostus) edullisempien laitteiden kuluttajatulostuksesta.



AM tekniikat (prosessit) F2792-12a standardin mukaan



1. **Sideaineen suihkutetus (binder jetting), n** — lisäävän valmistuksen prosessi, jossa nestemäistä sideainetta suihkutetaan kerros kerrokselta viipaloidun datan mukaisesti jauhepedin pinnalle, jotta jauhemainen materiaali sitoutuu näistä kohdin toisiinsa ja täten aikaansaadaan valmis, fyysinen kappale.
2. **Kohdennettu sulatus (directed energy deposition), n** — lisäävän valmistuksen prosessi, jossa lisättävää materiaalia sulatetaan suoraan kohdennetun lämpöenergian avulla kerros kerrokselta viipaloidun datan mukaisesti, jotta aikaansaadaan valmis, fyysinen kappale.
3. **Materiaalin pursotus (material extrusion), n** — lisäävän valmistuksen prosessi, jossa materiaalia pursotetaan kerros kerrokselta viipaloidun datan mukaisesti suuttimen tai vastaavan lävitse valmiin, fyysisen kappaleen aikaansaamiseksi.
4. **Materiaalin suihkutetus (material jetting), n** — lisäävän valmistuksen prosessi, jossa materiaalia suihkutetaan pisaroina kerros kerrokselta viipaloidun datan mukaisesti valmiin, fyysisen kappaleen aikaansaamiseksi.

Myös
metalleille

Myös
metalleille

AM tekniikat (prosessit) F2792-12a standardin mukaan



5. **Jauhepetisulatus (powder bed fusion)**, n — lisäävän valmistuksen prosessi, jossa jauhemaista materiaalia, joka on levitetty jauhepediksi rakennusalueelle, sulatetaan kerros kerrokselta viipaloidun datan mukaisesti kohdennetun lämpöenergian avulla, jotta aikaansaadaan valmis, fyysinen kappale.
6. **Arkkilaminointi (sheet lamination)**, n — lisäävän valmistuksen prosessi, jossa materiaaliarkkeja liitetään toisiinsa (esim. hitsaamalla) kerros kerrokselta muodostamaan valmiin, fyysisen kappaleen.
7. **Valokovetus altaassa (vat photopolymerization)**, n — lisäävän valmistuksen prosessi, jossa nestemäistä, valokovettuvaa fotopolymeeriä käsitellään suljetussa altaassa valolähteen avulla, siten että materiaalia kovetetaan kerros kerrokselta viipaloidun datan mukaisesti valmiin, fyysisen kappaleen aikaansaamiseksi.

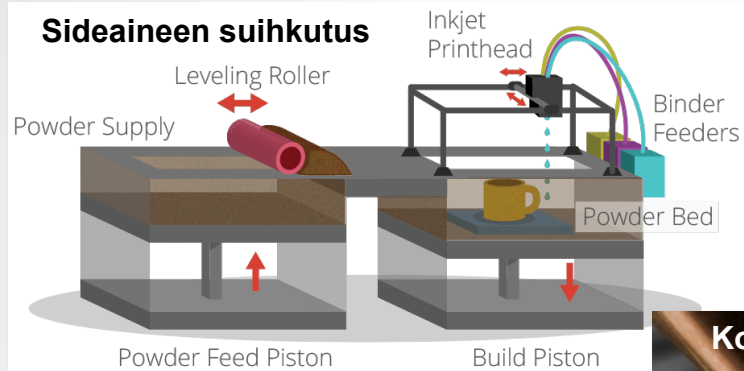
Myös metalleille

Ei oikein soveltu kierrätykseen

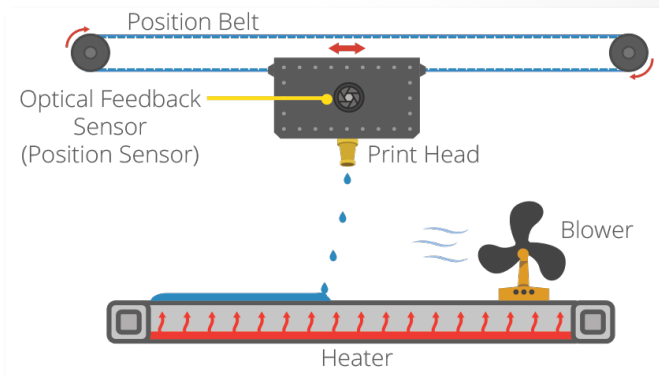
Prosessit



Sideaineen suihkut



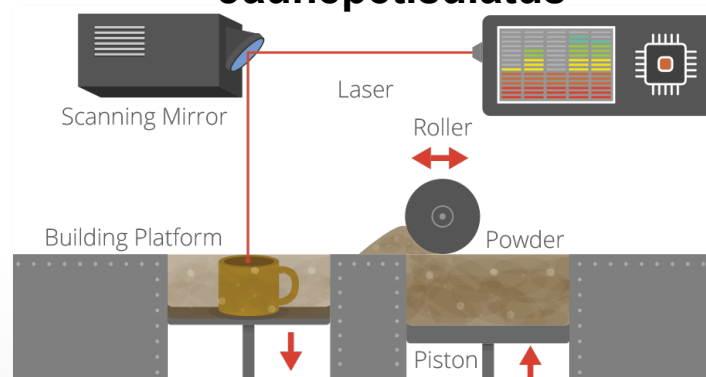
Materiaalin suihkut



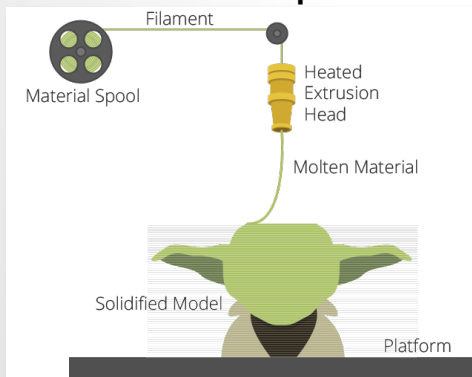
Kohdennettu sulatus



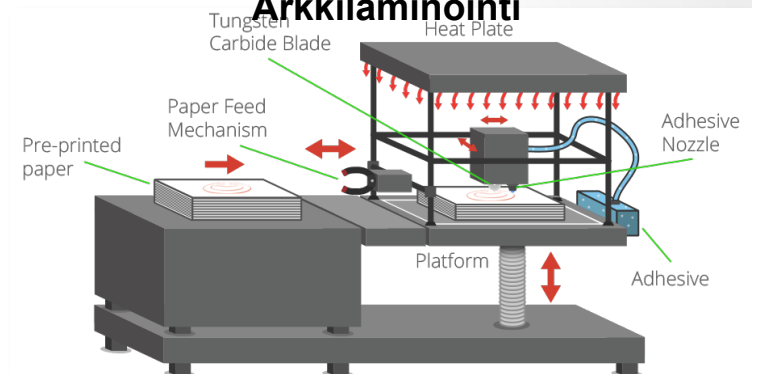
Jauhepetisulatus



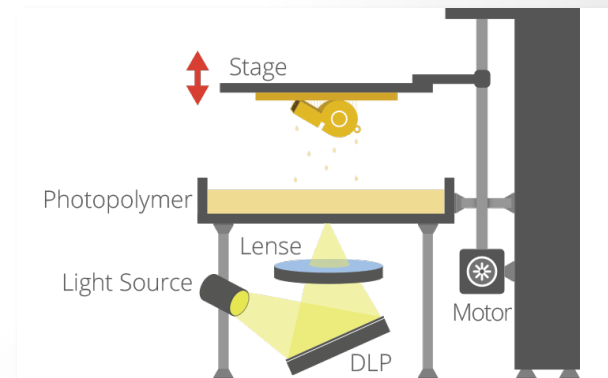
Materiaalin pursotus



Arkkilaminointi



Valokovetus altaassa



OUTLINE OF A CIRCULAR ECONOMY

PRINCIPLE

1

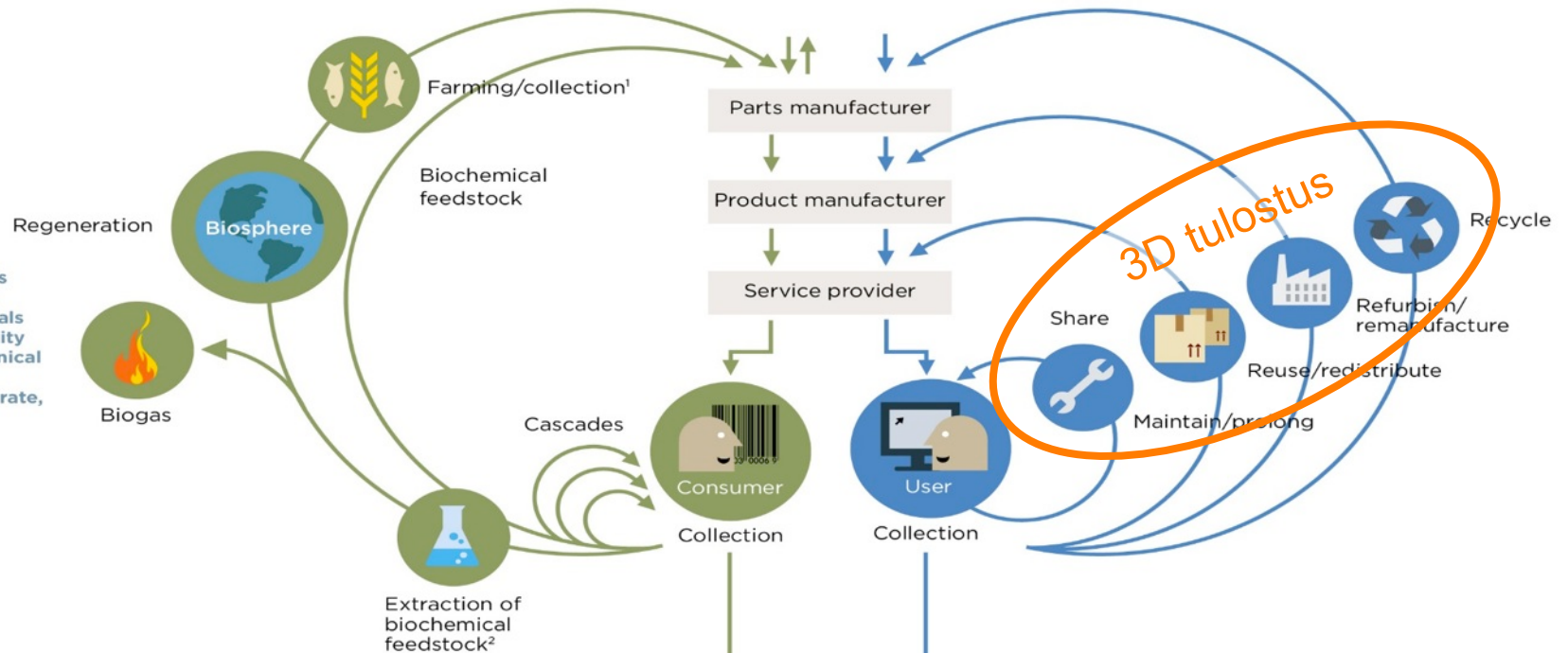
Preserve and enhance natural capital by controlling finite stocks and balancing renewable resource flows
ReSOLVE levers: regenerate, virtualise, exchange



PRINCIPLE

2

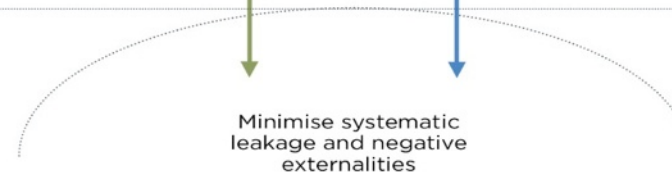
Optimise resource yields by circulating products, components and materials in use at the highest utility at all times in both technical and biological cycles
ReSOLVE levers: regenerate, share, optimise, loop



PRINCIPLE

3

Foster system effectiveness by revealing and designing out negative externalities
All ReSOLVE levers



1. Hunting and fishing
2. Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input

Source: Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment; Drawing from Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C).

Tutkimustuloksia



- Tutkimustuloksia on olemassa sekä metallien että muovin tulostamisesta.
- Tekniikasta riippuen menetelmät luontaisesti hyödyntävät materiaalin tehokkaasti kierrättämällä
- Jauhepetisulatuksessa materiaali hyödynnetään n. 90%, mutta tämä perustuu kierrätykseen, joka tapahtuu tulostimella.
- Prosessi käyttää materiaalia valikoivasti, jolloin käyttämätön materiaali siivilöidään, kuivataan ja käytetään seuraavan osan tulostamisessa.

Kierrätysmuovien 3D-tulostuksen sovelluslaboratorio -hanke



- Juuri päättynyt hanke
- Toteuttajina Turun Ammattikorkeakoulu, Arcada Ammattikorkeakoulu ja Suomen Ympäristökeskus
- Rahoittajina Tekes, EAKR ja teollisuus: Fortum Waste Solutions Oy, Prenta Oy, Oili Jalonen Oy, LapMek Oy, 3DTech Oy
- Hankkeessa tutkittiin kierrätysmuovin hyödynnettävyyttä 3D-tulostusmateriaalina ja liiketoimintamahdollisuuksia yritysten tarpeista lähtien.
- Tutkimuksen pohjalta on tehty hajautetun ja keskitetyn tuotannon ympäristövaikutusten vertailua.



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

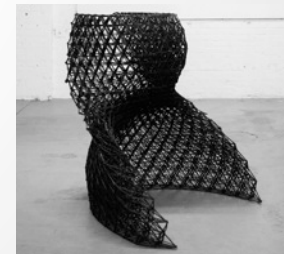
Tekes



Kierrätysmateriaalit



- Tarjolla paljon filamentteja, jotka ovat ainakin osittain kierrätysmateriaalista.
- Useita teollisia kehityshankkeita muovijätteen hyödyntämiseksi tulostukseen
- Tulevaisuudessa on tarve kehittää teollisuudelle prosesseja:
 - Isojen kappaleiden tulostamiseen ilman välivaiheita kuten langan valmistusta
 - Erilaisten raaka-aineiden — kierrätys- ja neitseellisten materiaalien — ja teollisuuden sivuvirtojen samanaikaiseen hyödyntämiseen
 - Tekstiilijätteen hyödyntämiseen 3D-tulostuksessa
- Tulostuksessa syntyvän ylimääräisen materiaalin tehokas uusiokäyttö edellytys kustannustehokkuudelle
 - HP:n Multi Jet Fusionin materiaali
 - Uuden ja käytetyn suhde 20:80
 - Avoin alusta — materiaalikehitys kolmansien osapuolten käsissä
=> mahdollistaa myös kierrätysmateriaaleista tehdyn pulverin kehityksen teolliseen tulostukseen



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

Tekes



LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Jätteen kierrättämisen hyödyt



- Energiansäästö valmistusprosessissa
 - Ekologisuus
 - Kustannustehokkuus
- Muovin kierrätys 3D tulostuksessa
 - Ympäristöystävällisyys



Jätteen käyttö



- Kierrätysmuovia on tarjolla paljon, käyttökohteet pitää löytää
- Eri raaka-aineet soveltuvat eri kohteisiin
- Helpoin tulostustekniikka kierrätysmuoveille on ns. FDM, jossa käytetään ohutta lankaa, joka on useimmiten PLA:ta
- Esim. polypropeeni vähän käytetty raaka-aine 3D-tulostamisessa
 - edullinen perusmuovi
 - useita käyttökohteita; ekstruusio- ja ruiskuvaluteollisuus
 - käytetty muovi autoteollisuudessa
- Käsittelyn vaiheet: jätteen rouhinta, kuivaus ja sekoitus, ekstruudaus, tulostus



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

Tekes

TURKU AMK
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



ARCADA

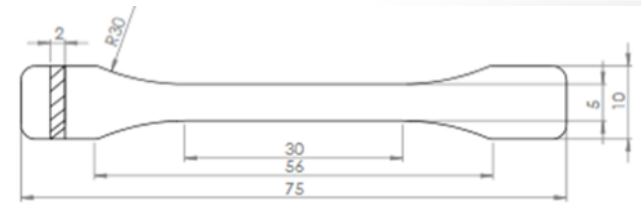
LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

3D tulostusjätteen uusiokäyttö 3D tulostuksessa



- Testattiin eri muovilaatujen tulostettavuutta ja saavutettuja mekaanisia ominaisuuksia

	Neitseelliset		Kierrätetyt		Kaupallinen 3D tulostus-lanka	Vetolujuuskokeet	
	Lanka	Tuloste	Lanka	Tuloste		Ruisku-valu	3D tuloste
PP	X		x			X	
ABS	X	X			X		
PLA	X	X	X	X	X	X	X
HDPE	X	X	X	X		X	



Vetolujuus

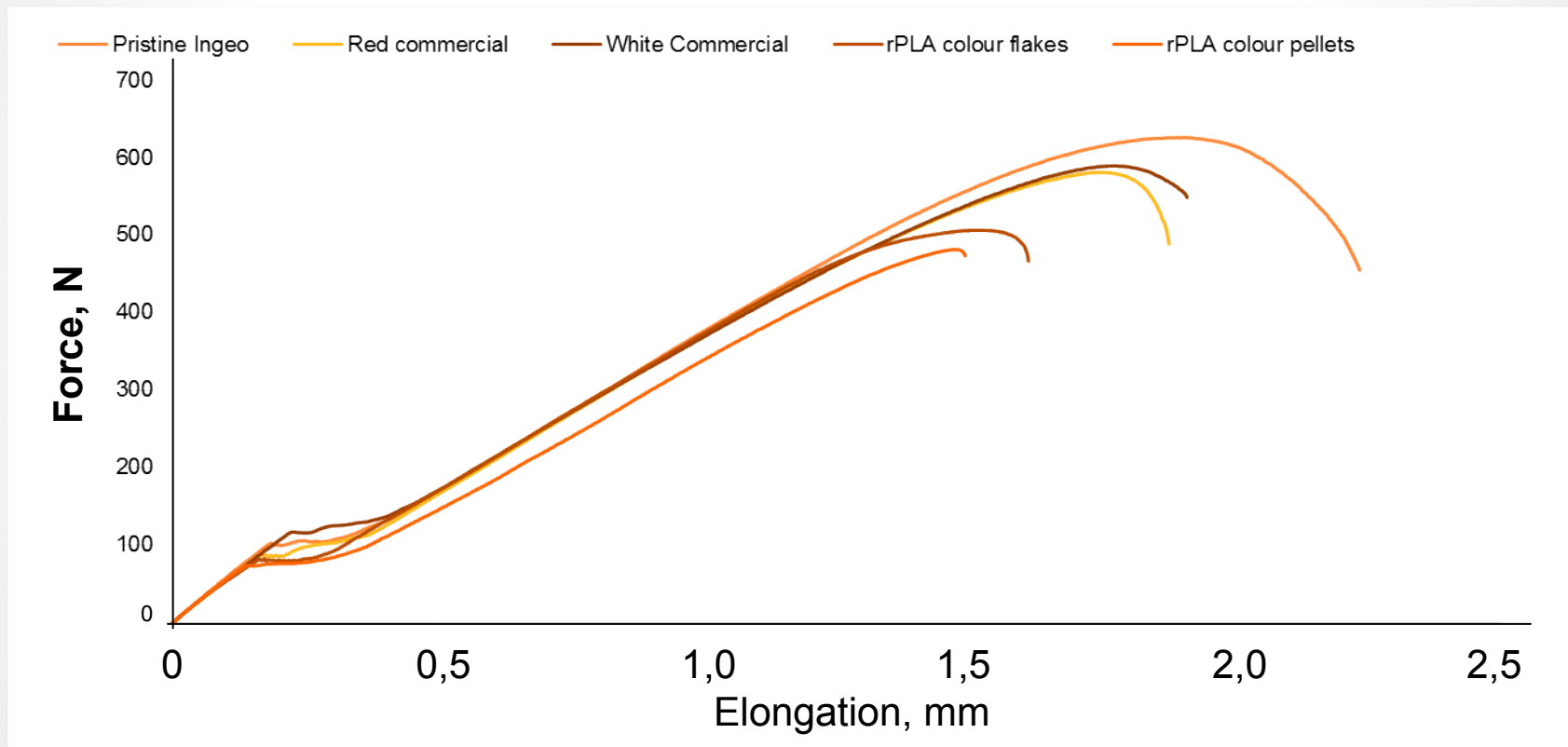


3D tulosteet



ruiskuvalu

Vetolujuuskokeet



Case: Puskurista 3D-tuotteeksi



- Raaka-aineena auton puskuri
 - maalattu Audin PP-puskuri
 - oletuksena pienempi UV-stabilaattorin määrä
 - maali hiekkapuhallettiin pois
- Puskurin rouhinta



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

Tekes

TURKU AMK
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Juha Nurmio, 27.9.2017

Case: Puskurista 3D-tuotteeksi



- Raaka-aineen kuivaus ja sekoitus
 - kuivaus ennen työstöä
 - tehtiin mm 50/50 sekoitus kaupalliseen PP-raaka-aineeseen
- Ekstruuderit
 - valmistettiin filamenttia
 - tavoitteena 1,7 mm halkaisijainen filamentti



Case: Puskurista 3D-tuotteeksi



■ 3D-tulostus

- Käytössä FDM-menetelmä (Fused Deposition Modeling)
- filamentti tuli hyvin ulos 3D-tulostimen tulostuspäästä
- ei pysynyt kiinni tulostusalustassa tulostuksen loppuun
- PP:lle tyypillinen ominaisuus "warping" tuli siis esille

■ Yhteenvedo

- Toimivan tulostuslangan valmistus kierrätysmuovista on mahdollista, mutta haastavaa.
- 3D-tulostuksessa käytettävät raaka-ainemäärät ovat tällä hetkellä pieniä (komponenttikoko suhteellisen pieni).



Turbiinin siiven korjaus



- Suihkumoottorit on ylläpidettävä ja kunnostettava säännöllisesti
- Tyypillinen vauriokohde on turbiinin siipi.
- Vaurioituneet osat vaihdetaan ylläpidon yhteydessä.
- Siivet ovat konekohtaisesti yksilöllisiä.
- Korjaus tehdään ns. hybridikoneella, jossa voidaan tehdä osan mittaus, koneistus ja suorakerrostuslisesti



Turbiinin siiven korjaus



- Korjausprosessissa on noin 13 vaihetta, joista tärkeimmät ovat:
 - Osan tarkastus
 - Vaurioalueiden poisto
 - Uudelleen valmistus suorakerrostuksella
 - Korjatun alueen koneistus mittoihin ja osan kiillotus.
- Tällä toimintatavalla voidaan automatisoida koko kunnostus.
- Osan ominaisuuksia voidaan parantaa vaihtamalla kriittisiin kohtiin olosuhteet paremmin sietävää materiaalia



Re-Manufacturing: 3i-PRINT projekti



- Urheiluauton eturunko vanhan malliseen VW Caddy koriin



LUT

Lappeenranta

University of Technology

Lähdeluettelo



- Maiju Holm, Arcada, 3D- tulostusjätteen uusiokäyttö 3D- tulostuksessa. Kierrätysmuovien 3D-tulostuksen sovelluslaboratorio-hankkeen loppuseminaari. Tampere 27.9.2017
- Riitta Noponen, 3D-tech, Kierrätys- ja biomateriaalien mahdollisuudet tulevaisuuden valmistavassa teollisuudessa. Kierrätysmuovien 3D-tulostuksen sovelluslaboratorio-hankkeen loppuseminaari. Tampere 27.9.2017
- Juha Nurmio, Turku AMK, Kierrätysmuovin käyttö 3D-tulostuksen raaka-aineena. Kierrätysmuovien 3D-tulostuksen sovelluslaboratorio-hankkeen loppuseminaari. Tampere 27.9.2017
- Hybrid Manufacturing of Turbine Components
- Volker Boehm, Laser metal deposition (LMD) and adaptive repair for higher precision and shorter production time. Laser Technik Journal 2/2016