

Copyright © 2009 Department of Production Engineering

All rights reserved. No part of this document may be reproduced, distributed, or transmitted in any form or by any means, including printing, photocopying, recording, or other electronic or mechanical methods, without the prior consent, written or spoken, from the creators of the document. For permission request, contact the responsible person at the addresses above.

TEKES – Uudistuva teollisuus -aktivointihanke

## **KEstävän KEhityksen kilpailukykyinen ekotuotanto (KEKE)**

Projektin kesto 1.1.2010-31.12.2011

### Tiivistelmä

KEKE-projektilla vahvistetaan Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) Tuotantotekniikan laitoksen (TTE) osaamista kestävä kehityksen kilpailukykyisten tuotteiden ja niihin liittyvien palveluiden suunnittelun ja tuottamisen alueella. Alue on ratkaisevan merkittävä määriteltäessä yritysten tulevaisuuden kilpailukeinoja ja menestystekijöitä. Hankkeen luonne on pitkäjänteinen ja vastaa TTYn ja TTE:n uusia strategisia linjauksia. Osaamis pohjan leventämisen lisäksi hankkeessa rakennetaan vahvat yhteydet alan tunnettuihin kansainvälisiin osaamistahoihin. Tämä toteutetaan mittavalla professori- ja tutkijatason asiantuntijavaihdolla. Tulosten kansallinen vaikuttavuus varmistetaan laajalla teollisella seuranta- ja ohjausryhmällä.

### Abstract

The KEKE project strengthens the competence of the Department of Production Engineering (TTE) at Tampere University of Technology (TUT) in the area of competitive sustainable design and production of products and related services. The area is crucially significant when determining future competitive measures and success factors for companies. The project's nature is long-term and it corresponds to the new strategic guidelines defined by TUT and TTE. In addition to the broadening of the competence base, the project builds strong connections to acknowledged international expert institutions. This is realised through large-scale professor and researcher exchange. The large scale national impact of project results is ensured through a large Industrial Interest Group (IIG).

## Lyhenteet, merkinnät ja termit

EFFRA	European Factories of the Future Research Association. Tuotantotekniikan laitos on EFFRAn jäsen Laitoksen johtaja Prof. Reijo Tuokko on EFFRAn hallituksen jäsen
FoF	Factories of the Future – Tulevaisuuden tehtaات. EU-tason Manufuture-aloite
IIG	Industrial Interest Group, KEKE-projektin teollinen seurantaryhmä
KEKE	KEstävän KEhityksen kilpailukykyinen ekotuotanto, tämän projektin nimi
NIST	National Institute of Standards and Technology, USA
RU	Raffles University, Singapore
STEEP	Sosiaalinen, Teknologinen, Ekologinen, Ekonominen ja Poliittinen muutoskenttä
TTE	TTY:n Tuotantotekniikan laitos
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto
TUM	Technical University of Munich, Saksa
UK	University of Kentucky, USA
UoT	University of Tokyo, Japani
UPC	Universitat Politecnica de Catalunya
UWINDSOR	University of Windsor, Ontario, Kanada
<i>Manufuture</i>	Eurooppalainen teknologiaplatforni, joka on EU:n Komission Tutkimus-DG:n tukema

# Sisällysluettelo

Lyhenteet, merkinnät ja termit .....	2
Sisällysluettelo.....	3
1. Johdanto .....	4
2. Tieteellinen tausta ja strateginen merkitys .....	5
3. Projektin tavoitteet .....	7
4. Tutkimusmenetelmät ja valittu lähestymistapa .....	10
5. Resurssointi, roolitus ja kansainvälinen akateeminen yhteistyö.....	10
6. Työpakettit ja tehtävät .....	13
6.1. Työpaketti 1: Projektin johtaminen ja raportointi .....	13
6.2. Työpaketti 2: Kansallisen nykytilan ja suomalaisyritysten tarpeiden päivitys ....	14
6.3. Työpaketti 3: Kansainväliset Benchmarking-vierailut ja state-of-the-artin päivitys	15
6.4. Työpaketti 4: Tuotantoverkkojen uudet eko-konseptit ja niihin liittyvä palveluliiketoiminta .....	16
6.5. Työpaketti 5: Lean-, Agile- ja Eko-ajattelun huomioonottaminen Digitaalisessa valmistuksessa.....	18
6.6. Työpaketti 6: Tuotteiden ja tuotantojärjestelmien elinkaarten vuorovaikutus ....	19
6.7. Työpaketti 7: Tuotantoverkkojen riskienhallinta .....	21
6.8. Työpaketti 8: Projektin tuloksista tiedottaminen .....	22
7. Riskit ja varasuunnitelmat .....	24
Lähteet .....	24

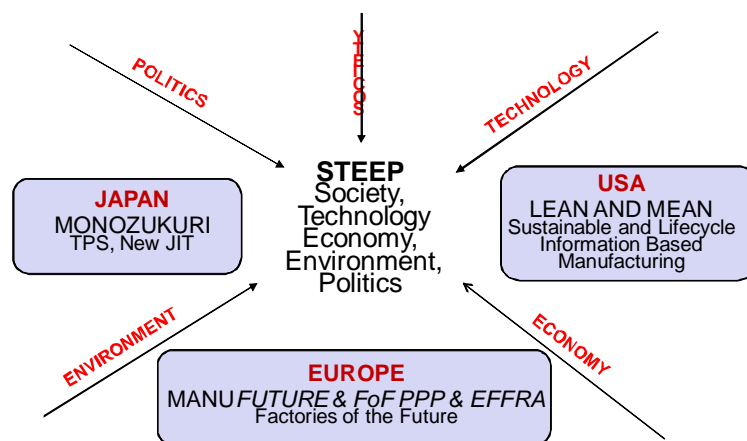
# 1. Johdanto

Suomalaisen valmistavan kappalevarateollisuuden uusiutuminen kansainvälisen kilpailun vaatimalle tasolle on kahden laman jäljiltä jäänyt toteutumatta kansainvälisesti ja kansantaloudellisesti kilpailukykyisessä mittakaavassa. Veturiyritykset siirtävät edelleen valmistusta rajojemme ulkopuolelle, vaikka periaatteessa useiden kansainvälisten tutkimusten ja arviointien mukaan Suomi on maailman kilpailukykyisimpiä maita. Globaalisti tärkeistä pelureista Japani on jo pitkään uudistanut teollisuuttaan uutta globaalia kilpailuympäristöä vastaavaksi keskeisinä teemoinaan

- osaaminen (Monozukuri)
- henkilöstön kehittäminen (Hitozukuri)
- ekotehokkuus sekä hävikitön ja päästötön valmistus
- teknologinen uudistuminen
- ketteryys
- New JIT - kokonaisvaltainen suunnittelu ja sosiaalinen muutos.

Euroopan Unionissa on aloitettu vastaava useiden miljardien eurojen ponnistus (Manufuture Porto Manifesto - Recovery Plan for growth and jobs, to boost demand and restore confidence in the European economy) ja USA on aloittanut samansisältöisen American Competitiveness Initiative –ohjelman, joka perustuu America Competes Act (P.L. 110-69):ään.

STEEP (Sosiaalinen, Teknologinen, Ekologinen, Ekonominen ja Poliittinen) –muutoskenttä ohjaa kehittymistä nopeasti. Useiden maiden hallitukset tähtäävät uusissa ilmasto- ja energiapolitiisissa selonteissaan ilmastopäästöjen rajuun vähentämiseen ja jätteettömyyteen.



**Kuva 1.** STEEP-muutoskenttä (EFFRA, Factories of the Future, Strategic Multi-Annual Roadmap 2007)

Suomalaisen teollisuuden kyky omaksua nopeasti uutta ajattelua on samaan aikaan laman vuoksi kuitenkin heikentynyt ja pitkään jatkunut kehitysresurssien pula on alkanut syödä kykyä ja näkemystä tarvittavan nopean kehittymisen suunnasta. Yrityksiltä

alkaa puuttua selkeä käsitys siitä, mitä uusiutumisen vuoksi olisi tehtävissä, mitä muualla on jo tehty ja mitä ollaan tekemässä.

Tarvitaan paitsi kestävänsä kehityksen alueen kansallista pitkäjänteistä tutkimusta, myös uskottavia erikoistuneita foorumeita, joissa yritykset saavat uusinta tutkimustietoa ja pystyvät vaihtamaan keskenään omia alueen kokemuksiinsa kansallisen teollisen näivettymisen (Anorexia Industrialis) välttämiseksi.

## 2. Tieteellinen tausta ja strateginen merkitys

Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) Tuotantotekniikan laitoksella (TTE) on pitkät perinteet tuotantojärjestelmien ja –verkkojen sekä tuhlauksettoman tuotannon kehittämisessä. Laitoksen hankkeet sisältävät TEKES-rahoitteisia projekteja, kuten

- Manufacturing Development Tools (MDT)
- Ideaalitehdas
- Tiimityökalut
- The use of Simulation in Resolving Strategic and Operational Production Problems. (SimGroup)
- Modelling and Simulation of Manufacturing and Assembly Times and Costs (ModMAC)
- Planning and Design of Networked Production Systems 1 (PlaNet One)
- Planning and Design of Networked Production Systems 2 (PlaNet Two)
- Enhancing the Innovation Process, Prototyping and Ramp-Up (Ramp Up - MSDD)
- FMS 2010, uudet adaptiiviset valmistusjärjestelmät, ketteryys ja tehokkuus
- LCB - Elinkaariliiketoiminnan kompleksisuuden hallinta palvelun ja tuotteen integroidun hallinnan avulla
- Conceptual DFMA
- M2Value - Modelling and Simulation of Manufacturing Systems for Value Networks
- PATRA - Puoliautomaattioratkaisut ihminen-kone –järjestelmässä
- M4 - Micro Meso Mechanical Manufacturing
- KIPPColla - Knowledge Intensive Product and Production Management From Concept to Re-cycle in Virtual Collaborative Environment

Lisäksi TTE on vienyt alueella läpi projekteja, kuten Modelling of Dynamic Production Networks (ModNet) Suomen Akatemian rahoituksella sekä Highly Productive and Reconfigurable Manufacturing Systems (HIPARMS), joka puolestaan oli Euroopan Komission rahoittama globaali IMS-projekti (BE98-5508). Projektiosaaminen pitää sisällään myös lukuisia muiden alueiden EU- ja SA-projekteja.

Tutkimuksen vastuullisen johtajan, Prof. Seppo Torvisen, ohjaamista kymmenestä väitöskirjasta viisi osuu tarkalleen tämän tutkimuksen alueelle. Tämän lisäksi viimeistään Q1/2010 valmistuva DI Mikko Kohon (tämän projektin päällikkö) väitöskirjatyö vahvistaa merkittäväällä tavalla alueen kumuloituvaa laitoksen osaamista. Laitoksen palveluksessa on 10 tekniikan tohtoria (ja 2 dosenttia), joten hankkeelle voidaan taata monipuolinen ja kansallisella tasolla poikkeuksellisen syvällinen tuki.

TTE on linjannut haluttuja osaamisalueitaan sekä strategista tiekarttaansa uusiksi vuoden 2009 aikana. Uudistustyössä on pidetty ohjenuorana paitsi kansalliset tarpeet ja edut, myös yhteensopivuus pohjoismaisten ja eurooppalaisten tiekarttojen kanssa. Uudistustyössä on kuunneltu tarkasti myös laitoksen laajaa Teollisuuden neuvottelukuntaa. TTE haluaa olla vahva ja haluttu partneri paitsi kansallisessa tutkimuksessa, myös eurooppalaisissa tutkimuksen puiteohjelmissa.

Uudistustyötä on ohjannut merkittävästi myös Säätiöyliopistoksi vuodenvaihteessa muuttuvan TTY:n tuore uusi strategia, jossa korostetaan voimakkaasti yliopiston vastuuta ympäristöstä ja ihmiskunnasta.

Työn tuloksena TTE:n osaamisen aiemmat kuusi aluetta on tiivistetty kolmeksi uudeksi pääalueeksi, jotka kukin jakautuvat tarkempiin alateemoihin. Pääalueet ovat

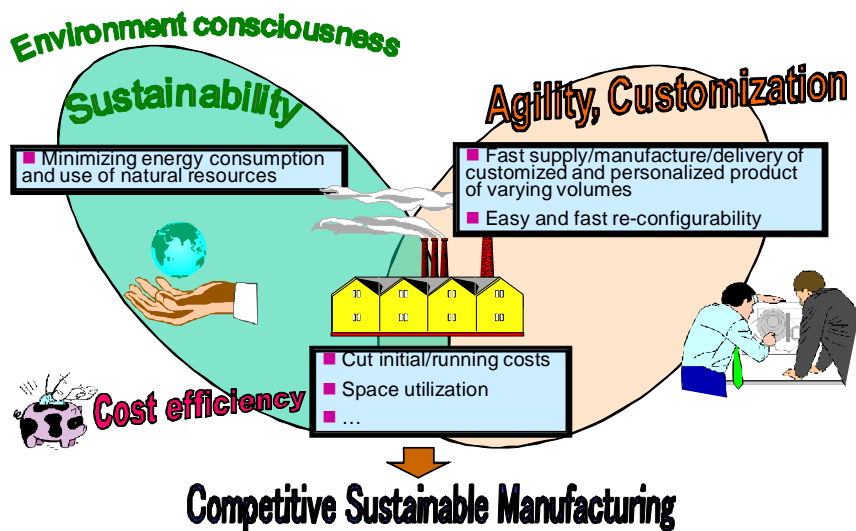
- ***Competitive and Sustainable Global Production Networks***
  - o Pitää sisällään FoFin Roadmapin pääalueen Sustainable Manufacturing
- ***ICT supported Integrated Product and Production Development***
  - o Pitää sisällään FoFin Roadmapin pääalueen ICT enabled Intelligent Manufacturing
- ***Eco and Energy Efficient Manufacturing Processes***
  - o Pitää sisällään FoFin Roadmapin pääalueet
    - High performance manufacturing
    - Exploiting new materials through manufacturing

Pääalueet ovat myös varsin suoraan yhteensopivat ruotsalaisten valtakunnallisten päälinjausten kanssa.

Uusien painoaluemääritysten lisäksi toinen strateginen linjaus on luopuminen tiukkaan rajatuista professorikohtaisista tutkimusryhmistä. Uudessa ajattelutavassa tutkijat muodostavat osaamispoolin, josta voidaan koota paras mahdollinen osaajaryhmä yhä poikkitieteellisemmäksi muodostuvissa projekteissa.

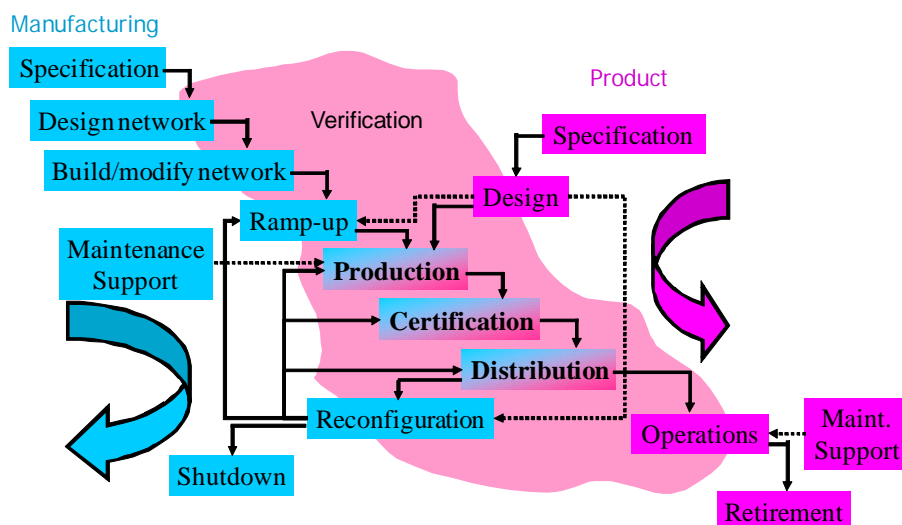
### 3. Projektin tavoitteet

Tilanteessa, jossa pelkkä Lean-tuotanto ei enää riitä, projekti selvittää, miten voidaan yhdistää Leanin tuotannon parhaat puolet ketterään (agile) sekä eko- ja kustannustehokkaaseen kestävään tuotantoon.



**Kuva 2.** Ketteryys ja kestävä kehitys toisiaan ja Leaniä toimintamallia tukevinä kyvykkyyksinä (Tuokko 2009)

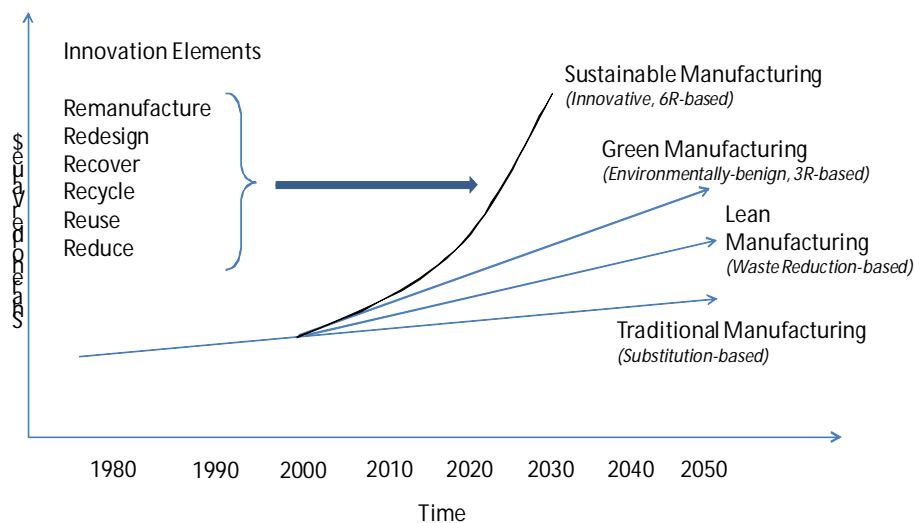
Mikä tahansa tuotantoympäristö tuotteineen voidaan riittävällä panostuksella saada ympäristöystävälliseksi tietyssä ajanhetkenä. Tämä tutkimus kuitenkin painottuu pidemmän aikajänteen strategisiin ja hallittuihin mekanismeihin, joissa tuotteet ja tuotantoympäristö muuttuvat jatkuvasti kiihtyvään tahtiin.



**Kuva 3.** Tuotantojärjestelmän ja tuotteen elinkaarten vuorovaikutus. Yhdestä tuotantojärjestelmäsukupolvesta menee tyypillisesti läpi useita tuotesukupolvia (Britton ja Torvinen).

Jatkuva muutos on saatava aikaiseksi pienimmin mahdollisin resurssein ja ympäristöä rasittamatta. Uusimmista Super Eco –tehtaista (esim. Toyota Takaoka, Toyota Texas, Sharp Kameyama, Hitachi France) on jo selkeästi havaittavissa, että tuotantoverkkojen toimintatavat tehtaiden sijoitteluineen, fyysisine toteutuksineen ja logistisine järjestelyineen ovat mullistumassa. Toteutuksissa on jo ensimmäisiä esimerkkejä pääyrityksen toimittajaverkolleen tarjoamista monipuolisista palveluista, joilla tuetaan tätä uutta ketterää ekoajattelua ottamalla huomioon nopeasti reagoiva kokonaisuus, eikä pelkää omia toimintaa. Tämän hetken globaali teollinen uudistuminen tähtää haaskaamattomiin, osaamisintensiiviin ja ketteriin kestävän kehityksen prosesseihin sijoittuneina kestävän kehityksen tehdasympäristöihin ja osana kestävän kehityksen aluesuunnittelua. Tutkimuksessa selvitetään näiden uusien ketterien Super-Eco -tehtaiden (ja niihin liittyvien toimitusverkkojen) toiminnan logiikka sekä niiden suunnittelu-, ohjaus- ja kehitysperiaatteet soveltamalla ja täydentämällä erityisesti STEEP-kehystä sekä University of Kentuckyssa kehitettyä 6-lähestymistapaa

- Reduce
- Reuse
- Recycle
- Recover
- Redesign
- Remanufacture



**Kuva 4.** Kestävän tuotannon kehitysvaiheet (Center for Manufacturing, University of Kentucky).

Tässä projektissa kehitettävissä malleissa ei kuitenkaan painotuta 6R-ajattelutavan alkupään asioihin, kuten materiaalien hankintaan luonnosta tai varsinaiseen tuot ominaisuuksien (tuotteen toiminnallisuus) suunnittelemiseen. Hankkeen fokus lähtee liikkeelle ympäristöystävällisesti modulaarisesta tuotteesta ja palvelusta (ts. miten kestävän kehityksen mukainen ajattelu vaikuttaa integroituun tuotteen-tuotannon ja myynnin toteutukseen; dynaaminen modulointi, eko-standardit, kestävä tuote, kestävä tuotanto tiedostava myynti ja markkinointi), etenee eko-tehokkaaseen tuotantoon, siitä edelleen tuotteen ja tuotantojärjestelmän ylläpitoon, kierrätykseen ja hävit-



tämiseen. Kestävä valmistus integroituu siten kestävään tuotteeseen, prosessiin ja yhteiskuntaan; prosessin elinkaarivaikutukset ohjaavana suunnitteluperiaatteena.

Tällä tiedolla lavennetaan mm. TTE:n KIPPcolla-projektin tutkimusaluetta Sustainability-ymmärryksellä ja jäsenetään tieto taksonomioiden ja ontologioiden muotoon. TTE haluaa päästä mukaan mallinnus- ja standardointityöhön, joka on alkamassa NISTissä vuoden 2010 aikana Tohtori Ram Sriramin johdolla. Tällä varmistetaan se, että kerätyllä tiedolla ja ymmärryksellä on tarvittava pysyvyys ja yhteensopivuus tulevaisuudessa omissa ja myös kansainvälisissä yhteistyöprojekteissa. DI Minna Lantz on NISTissä vierailevana tutkijana KIPPcollan puitteissa ensi vuoden toukokuuhun asti. Tämän haettavan projektin osalta mallinnustyö aloitetaan limittäin KIPPcollan kanssa. Mallinnustyön tulevat tekemään erityisesti Prof. Seppo Torvinen ja DI Hasse Nylund.

KEKE-projekti kerää ja jäsentää parhaan koti- ja ulkomaisen kestävä kehityksen tutkimus- ja yritystiedon ja sovittaa sen suomalaisyritysten tarpeisiin. Tieto levitetään ja jalkautetaan mahdollisimman viiveittä Suomen teollisuuteen laajamittaisesti kooltaan kansallisesti merkittävän teollisen seurantaryhmän (Industrial Interest Group) kautta. Kattava STEEP- pohjainen selvitys tukee sekä tutkimusta, ennakointia että yritysten päätöksentekoa. Hanke muodostaa pohjaa myös TTE:n jatkohankkeille, koska kerätty ja jäsenelty tieto muokataan sekä analyysityökaluiksi että tietomalleiksi, joilla tutkittuja asioita voidaan jatkossa konkreettisesti hyödyntää myös yrityksissä ja niiden tietojärjestelmissä. Projektin konkreettiset tulokset ovat (tulosten tarkempi sisältö esitetty luvun 6 työsuunnitelmassa):

- Tulos T1-1** Tutkimussopimuksen edellyttämät raportit TEKESille
- Tulos T1-2** Johtoryhmän kokousten pöytäkirjat
- Tulos T2-1** Yksittäisten yritysten tarvetietodokumentit
- Tulos T2-2** Dokumentti, joka sisältää kansalliset teolliset tarpeet, jotka on otettava huomioon rakennettaessa kestävä kehityksen malleja
- Tulos T3-1** Japanin Benchmarking-selvitys
- Tulos T3-2** EU-alueen Benchmarking-selvitys
- Tulos T3-3** USA:n Benchmarking-selvitys
- Tulos T4-1** Dokumentti eko-valmistuksen ennakointitutkimusten synteisistä
- Tulos T4-2** Dokumentti Syy/seuraus –muotoon jäsenetyistä tunnistetuista Super Eco –tehtaiden menestystekijöistä ja vaikutusmekanismeista.
- Tulos T4-3** STEEP-yhteensopiva 6R-pohjainen Sustainability-analyysimalli
- Tulos T5-1** Dokumentti kerätyn tiedon taksonomisesta kuvauksesta
- Tulos T5-2** Dokumentti kerätyn tiedon ontologisesta kuvauksesta
- Tulos T6-1** Kuvaus tuotteiden elinkaarimallista
- Tulos T6-2** Kuvaus tuotantojärjestelmien elinkaarimallista
- Tulos T6-3** Kuvaus tuotteiden ja tuotantojärjestelmien elinkaarimallien vuorovaikutuksesta
- Tulos T7-1** Jäsenelty Sustainability-riskien syy/seuraus -malli.
- Tulos T7-2** Riskien analysoinnin matemaattinen malli, jonka tulokset ovat esitettävissä värikarttana.
- Tulos T7-3** Sustainability-riskianalyysiraportit teollisista tapaustutkimuksista.
- Tulos T8-1** Luettelo julkaisuista ja suunnitelluista osallistumisista tapahtumiin (kuka-mitä-miksi-kenelle-milloin-missä)
- Tulos T8-2** Projektin ajantasaiset kotisivut suomeksi ja englanniksi

Kolmen kuukauden välein teolliselle seurantaryhmälle lähetettävä suomenkielinen sähköinen Newsletter

**Tulos T8-3** Kuusi CSM Forum –teemapäivää

## 4. Tutkimusmenetelmät ja valittu lähestymistapa

Valittu tutkimusote on konstruktiiivinen. Uutta tietoa kerätään

- Kirjallisuus- ym. lähdetutkimuksella
  - o kirjat
  - o esitelmät
  - o raportit toteutuksista
  - o internet
  - o lainsäädäntö jne.
- Benchmarkingilla ulkomaisiin johtaviin kohteisiin
  - o pääkohdemaina Japani, USA ja Saksa
- yrityshaastatteluilla ja tapaustutkimuksilla (yritysten tarpeet ja vaatimukset)
  - o pääkohderyhmä on projektin teollinen seurantaryhmä. Myös muita tunnistettuja alueen avainpelureita haastatellaan mahdollisuuksien mukaan
- tiedon keruulla, vaihdolla ja uuden tiedon muodostamisella tunnistettujen kansainvälisten tutkimus- ja osajatahojen kanssa
- konferensseihin ja seminaareihin osallistumisella

Kerätty tieto jäsennetään analyysi- ja tietoteknisiksi malleiksi. Projektin kestäessä tulee tapahtumaan merkittävää kansainvälistä professori- ja tutkijatason henkilövaihtoa. Henkilövaihto pitää sisällään Prof. Seppo Torvisen yhden vuoden Pohjois-Amerikan tutkimusvierailun, jolloin toteutetaan syvälinen yhteistyö NIST:in, UK:n ja UWINDSORin kanssa. Tätä työtä tuetaan suomalaistutkijoiden lyhytkestoisemmilla vierailuilla erityisesti Pohjois-Amerikkaan, Japaniin ja Saksaan. Kaikki kansainväliset partnerit puolestaan tekevät kumpanakin tutkimusvuonna yhden viikon mittaiset professoritason vierailut Suomeen sekä lähettävät TTE:lle omia tutkijoitaan yhteensä kahden henkilötyövuoden ajaksi.

## 5. Resurssointi, roolitus ja kansainvälinen akateeminen yhteistyö

Akateemista tutkimuskonsortiota rakennettaessa on otettu huomioon pitkän aikavälin näkökulma, jossa TTE:n kontaktiverkkoa vahvistetaan osaamisella, joka mahdollistaa aktiivisen osallistumisen myös kansainvälisiin tutkimusohjelmiin haluttuna yhteistyökumppanina Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Kauko-Idässä.

Tutkimusresurssit ja heidän roolinsa ehdotetussa projektissa ovat:

- Tampereen teknillinen yliopisto (TTY), Tuotantotekniikan laitos (TTE)
  - Prof. Seppo Torvinen, projektin vastuullinen johtaja
    - Tuotteen ja tuotantojärjestelmän kestävä vuorovaikutus
    - KEKE-tiedon ja tietämyksen huomioonottaminen Digitaalisessa valmistuksessa
  - DI Mikko Koho (projektipäällikkö)
    - Väitöskirjan käsikirjoitus valmis. Väitös viimeistään Q2/2010
    - Tuotantojärjestelmien suunnittelun, analysoinnin ja kehittämisen asiantuntija
  - DI Kai Salminen
    - Pitkä työkokemus teollisuudessa ja asiantuntijana Teknologiateollisuuden organisaatiossa
    - Tohtoritutkinnon opinnot suoritettu. Väitöskirjan käsikirjoitus tekeillä, aiheena ”Adaptiivinen ketterä kestävä kehityksen tuotanto”
    - Super Eco –tehtaat
    - Integroitu tehdas, Suunnittelu-Valmistus-Myynti; D/V/R
    - Monozukuri, Hitozukuri ja japanilaiset tuotantofilosofiat (NewJIT)
    - Ennakointi, EU Foresight, Tekes, Teknologiateollisuus
    - Poikkitieteellinen yhteistyö
      - TTY Rakennettu Ympäristö
      - TTY Teollisuustalous.
  - DI Hasse Nylund
    - Yli 10 vuoden kokemus teollisten järjestelmien simuloinnista ja digitaalisesta valmistuksesta
    - KEKE-tiedon ja tietämyksen huomioonottaminen Digitaalisessa valmistuksessa
  - DI Julius Pesonen
    - Osallistuu erityisesti kotimaisten yritysten tarpeiden ja tavoitteiden selvitykseen, toimii yhdyshenkilönä FOFFI-projektiin, jossa selvitetään tuotantoon liittyvää tutkimusagendaa yhteistyössä kotimaisten yritysten kanssa.
  - DI Tuomas Arha
    - Osallistuu kotimaisten yritysten tarpeiden ja tavoitteiden selvittämiseen sekä kansainväliseen benchmarkingiin ja tiedonkeruuseen.
- National Institute of Standards and Technology, USA
  - Dr. Ram D. Sriram, Dr Al Jones
    - taksonomiat, ontologiat ja osaamisen tietotekninen mallinnus
    - yrityksen tietojärjestelmien välinen tiedonvaihto

- University of Kentucky, USA
  - Prof. Ibrahim Jawahir
    - 6R –lähestymistapa tuotteiden ja tuotanto ja tuotantoverkkojen elinkaarten hallintaan
  - Prof. Kozo Saito
    - Monozukuri, Hitozukuri
  - Prof. Fazleena Badurdeen
    - tuotantoverkoston riskienhallinta
  - Richard Alloo, TEMA Executive in Residence
    - Toyotan Kentuckyn operaatioiden General Manager
      - Vastannut Toyotan Georgetownin tehtaan perustamisprojektista
    - Lean Manufacturing
    - Toyota Production System
    - tuotteiden ja tuotantojärjestelmien elinkaaren hallinta
- University of Windsor, Canada
  - Prof. Hoda ElMaraghy
    - Tier 1 Senior Canada Research Chair in Manufacturing Systems
    - tuotesukupuiden vaikutus tuotantojärjestelmiin
    - tuotteiden ja tuotantojärjestelmien elinkaaren hallinta
- Raffles University, Singapore
  - Prof. Graeme Britton
    - tuotteiden elinkaarten huomioonottaminen modulaarisessa tuotesuunnittelussa
    - tuotteiden ja tuotantojärjestelmien elinkaarten hallinta
    - tuotantoverkoston riskienhallinta
- Technical University of Munich, Saksa
  - Prof. Michael Zäh
    - ekotehokkaat valmistusmenetelmät
  - Prof. Günther Reinhart
    - energiataloudelliset tuotantojärjestelmät
- University of Tokyo, AIST, 21st Century Center of Excellence, Japani
  - Prof. Takahiro Fujimoto
    - suunnittelutieto-orientoitunut valmistaminen
    - suunnittelu yrityksen kyvykkyyksien mukaisesti
- Universitat Politecnica de Catalunya
  - B.Sc. Alexandre Torres Romiguer
    - Diplomityöntekijä, keskittyy erityisesti espanjalaisten yritysten kestävä kehityksen kilpailukykyisen tuotannon nykytilan ja tavoitteiden selvitykseen.

- N.N. Erikseen sovittavat jatko-opiskelijat yllä esitetyistä yliopistoista. Myös näiden tutkijoiden tutkimuskohteet spesifioidaan tarkemmin tutkimuksen edetessä. Kansainvälisten tutkijoiden kokonaistyöpanos n. 2 htv

## 6. Työpaketit ja tehtävät

Seuraavissa alaluvuissa esitellään

- projektin työsuunnitelman sisältö
- työpaketteihin ja tehtäviin osallistuvat partnerit
- jokaisesta tehtävästä saatava tulos
- työpakettien virstanpylväät

Työpaketit ovat seuraavat

- TP 1: Projektin johtaminen ja raportointi
- TP 2: Kansallisen nykytilan ja suomalaisyritysten tarpeiden päivitys
- TP 3: Kansainväliset Benchmarking-vierailut ja state-of-the-artin päivitys
- TP 4: Tuotantoverkkojen uudet eko-konseptit ja niihin liittyvä palveluliiketoiminta
- TP 5: Lean-, Agile- ja Eko-ajattelun huomioonottaminen Digitaalisessa valmistuksessa
- TP 6: Tuotteiden ja tuotantojärjestelmien elinkaarten vuorovaikutus
- TP 7: Tuotantoverkkojen riskienhallinta
- TP 8: Projektin tuloksista tiedottaminen

### 6.1. Työpaketti 1: Projektin johtaminen ja raportointi

#### **Työpaketin tavoite**

Työpaketin tavoitteena on huolehtia projektin operatiivisesta toteutuksesta projektin työsuunnitelman ja mahdollisen tutkimussopimuksen mukaisesti.

#### **Työpakettiin osallistuvat partnerit**

- Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos
  - Prof. Seppo Torvinen, projektin vastuullinen johtaja
  - DI Mikko Koho, projektipäällikkö
- Projektin johtoryhmä

#### ***Tehtävä 1. Projektin johtaminen ja raportointi tutkimussopimuksen mukaisesti***

Tehtävä sisältää kaikki tutkimussopimuksen edellyttämät projektin johtamis-, seuranta- ja raportointitoiminnot mukaan lukien rahoitusjärjestelyt ja kirjanpito.

**Tulos T1-1** Tutkimussopimuksen edellyttämät raportit TEKESille

## **Tehtävä 2. Projektin johtoryhmän kokoukset**

Johtoryhmä tulee kokoontumaan n. kaksi kertaa vuodessa projektin konkreettisten ja tärkeimpien virstanpylväiden mukaisesti. Johtoryhmän tehtävän on neuvoa ja ohjata projektitiimiä projektin toteutuksessa. Johtoryhmä ei kuitenkaan suoraan voi radikaalisti muuttaa projektin sisältöä, vaan tällaisista päätöksistä sovitaan TEKESin kanssa. Johtoryhmä pyrkii kaikissa päätöksissään aina konsensukseen.

Vakinaisten jäsenten lisäksi johtoryhmä voi kutsua kokouksiinsa kuultavaksi asialistan mukaisesti tarpeellisiksi katsomiaan asiantuntijoita. Nämä asiantuntijat eivät osallistu päätöksentekoon.

**Tulos T1-2** Johtoryhmän kokousten pöytäkirjat

### **Työpakettin virstanpylväs**

TEKESin hyväksymät väliraportit ja loppuraportti.

## 6.2. Työpaketti 2: Kansallisen nykytilan ja suomalaisyritysten tarpeiden päivitys

### **Työpakettin tavoite**

Rakennettavan mallin validiuden ja relevanttiuden varmistamiseksi projektissa haastatellaan ja auditoidaan laajamittaisesti suomalaisia teollisuusyrityksiä. Haastateltavien yritysten pääpaino on paitsi Sustainability-osaajissa, myös mm. insinööritoimistoissa, jotka toteuttavat uusien tehtaiden suunnitteluprojekteja. Vaikka varsinaisista tuotannollisista yrityksistä yritetään kattaa mahdollisimman monta teollisuudenalaa, pääpaino haastateltavissa on kuitenkin toistuvaa, konfiguroituvaa kappaletavarantuotantoa harjoittavissa yrityksissä. Näiden on kyettävä olemaan paitsi Leanejä, myös agiileja, mikä tukee tämän tutkimuksen fokusta.

### **Työpakettiin osallistuvat partnerit**

- Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos (TTE)
- Industrial Interest Group
- Tunnistetut kotimaiset osaja-, asiantuntija- ja viranomaistahot

## **Tehtävä 1. Teollisuuden tarpeiden määrittäminen**

Tehtävässä haastatellaan ja auditoidaan kaikki halukkaat Industrial Interest Groupin jäsenyritykset. Samalla jatketaan IIG:n ulkopuolisten suomalaisten osaja-, asiantuntija- ja viranomaistahojen tunnistamista, jotta tutkimukseen saadaan mukaan oleellinen kansallinen tarvetieto. Tehtävässä hyödynnetään niin pitkälle kuin mahdollista jo olemassa olevaa kansallista tutkimustietoa.

**Tulos T2-1** Yksittäisten yritysten tarvetietodokumentit

## **Tehtävä 2. Tarpeiden analysointi ja jäsentäminen**

Yhdistellyt tarvetiedot käsitellään paitsi kansallisesti, myös projektin kansainvälisessä tutkimuskonsortiossa. Myös kaikki mahdollinen hyödyllinen palautetieto, joka saadaan IIG:ltä tuloksia julkistettaessa pyritään ottamaan huomioon. Tämä jäsennetty tieto muodostaa osaltaan projektin perustan.

### **Tulos T2-2 (myös työpaketin virstanpylväs)**

Dokumentti, joka sisältää kansalliset teolliset tarpeet, jotka on otettava huomioon rakennettaessa kestävä kehityksen malleja.

## 6.3. Työpaketti 3: Kansainväliset Benchmarking-vierailut ja state-of-the-artin päivitys

### **Työpaketin tavoite**

Työpaketissa haetaan paras olemassa oleva tutkimus- ja sovellustieto valituilta globaaleilta toimijoilta. Vastaavasti pyritään tutustumaan mahdollisimman syvällisesti vallalla oleviin toimintaperiaatteisiin ja standardeihin sekä järkevällä tarkkuuden tasolla myös globaalia kehitystä ohjaavaan lainsäädäntöön ja sopimuksiin sekä niiden näkyymiin. Resurssien rajallisuuden vuoksi benchmarking rajoitetaan kolmeen alueeseen

- Japani-selvitys
  - o Japanin teollinen tuotos suhteessa maan omiin luonnonvaroihin on poikkeuksellisen suuri. Tämä pakottaa toimimaan kestäväällä tavalla. Suuri osa uusista Super Eco –tehtaista sijaitsee Japanissa. Selvitys tehdään yhteensä n. kaksi viikkoa kestäväällä matkalla, jolla perehdytään niukkojen luonnonvarojen hävikittömään tuotantoon. Vierailuiden järjestämiseen osallistuu Prof. Yoshiaki Kakino, joka on avannut vaikeastikin lähestyttävien japanilaisyritysten ovet suomalaisille jo useasti aiemmissa TEKES-projekteissa ja -ohjelmissa
- EU-selvitys
  - o selvitys perustuu suuressa määrin Manufuture-yhteisön tekemään työhön, jota tuetaan omilla, vierailuiden yhteydessä tehdyillä havainnoilla. TTE on EFFRAn jäsen ja laitoksen johtaja Prof. Reijo Tuokko on EFFRAn hallituksen jäsen. Tämä takaa pääsyn tuoreimpaan mahdolliseen tutkimustietoon
- USA-selvitys
  - o projektiin valittujen partnereiden lisäksi erityishuomio kiinnitetään Kaliforniaan, missä osavaltion lainsäädäntö on ympäristöasioissa keskimääräistä tiukempi. Vierailukohteiden avain on University of California Berkeley ja sen eri yksiköiden ympärille kasvanut ympäristötietoisten yritysten rypäs. USA:n suhteen selvitystä päivitetään jatkuvasti Prof.

Torvisen USA:n vierailun kestäessä

### **Työpakettiin osallistuvat partnerit**

- Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos (TTE), benchmarkingin aktiivinen toimija
  - Avustavat tahot (käytetään hyödyksi partnereilta saatavissa oleva tieto)
    - National Institute of Standards and Technology, USA (NIST)
    - Raffles University, Singapore ja Raffles Design Institute, Shanghai, Kiina (RU)
    - Technical University of Munich (TUM)
    - University of Kentucky, USA (UK)
    - University of Tokyo, Japani (UoT)
    - Universitat Politecnica de Catalunya
    - University of Windsor, Ontario, Kanada (UWINDSOR)

### **Tehtävä 1. Avaintutkijoiden tekemät Benchmarking-selvitykset**

Benchmarking-tutkimukseen käytetään yhteensä n. 4 henkilötyökuukautta ja sen avulla kerätään valituilta toimijoilta parhaat Sustainability-käytänteet. Aktiivisten vierailuiden lisäksi hyödynnetään myös kaikki projektipartnereilla olemassa oleva relevantti tutkimustieto.

**Tulos T3-1** Japanin Benchmarking-selvitys

**Tulos T3-2** EU-alueen Benchmarking-selvitys

**Tulos T3-3** USA:n Benchmarking-selvitys

### **Työpaketin virstanpylväs**

Julkaistut ja IIG:lle tiedotetut Benchmarking-selvitykset T3-1, T3-2 ja T3-3.

## 6.4. Työpaketti 4: Tuotantoverkkojen uudet eko-konseptit ja niihin liittyvä palveluliiketoiminta

### **Työpaketin tavoite**

Työpaketissa määritellään uusimpien ekologisten supertehtaiden keskeiset menestystekijät. Keskeisten menestystekijöiden olemassaolon tai puuttumisen avulla voidaan arvioida yritysverkkojen kestävä kehityksen mahdollisuuksia ja rajoitteita. Työpaketti saa merkittävässä määrin syötetietonsa työpakettien 2 ja 3 tuloksista. Tulosten jäsentämisessä käytetään apuna UK:n 6R-mallia sekä STEEP-viitekehystä. 6R-mallin lisäksi UK:lla on olemassa kestävä kehityksen evaluointityökalusta alustava prototyyppi, joka kattaa erittäin karkealla tasolla kolme STEEP-ajattelutavan viidestä osaluokasta. Mallin merkittävimpiin heikkouksiin kuuluu lisäksi vielä toistaiseksi se, että kaikki vaikutusmekanismit on arvioitu samanarvoisiksi. Työpaketin aikana malli täydennetään STEEP-yhteensopivaksi ja menestystekijöille muodostetaan arviointiasteikot ja mahdollisuudet painottaa tekijöitä halutulla tavalla.



## **Työpakettiin osallistuvat partnerit**

- Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos (TTE)
- Technical University of Munich (TUM)
- University of Kentucky, USA (UK)
- University of Tokyo, Japani (UoT)
- University of Windsor, Ontario, Kanada (UWINDSOR)

### ***Tehtävä 1. Eko-valmistuksen ennakoititutkimusten synteesi***

Tehtävässä selvitetään ennakoitiraporttien ja eko-tehtaiden väliset yhteydet. Sovelletaan synteesisimenetelmiä ja tulevaisuuden tutkimuksen yleisiä menettelyjä. Erityisesti selvitetään yhteiskunnan muutoksen ja kestäväen kehityksen teknologian yhteiskunnallisten vaikutusten analyysit. Verrataan EU-USA-Japani. Tehtävässä hyödynnetään EU DG2 K2:n sekä Tekesin, Suomen Akatemian, Teknologiateollisuus ry:n ja muiden relevanttien tahojen selvityksiä.

**Tulos T4-1** Dokumentti eko-valmistuksen ennakoititutkimusten synteesisistä

### ***Tehtävä 2. Super Eco –menestystekijöiden tunnistaminen***

Tehtävässä analysoidaan työpaketissa 3 kerätyt tiedot pyrkimyksenä löytää Super Eco-tehtaissa toteutettujen ratkaisujen ja ratkaisujen vaikutusten väliset syy/seuraus –suhteet. Pääpaino on kysymyksissä mitä-miksi-miten. Tutkimuksella ei haluta pelkästään löytää fyysisiä tai ohjauksellisia ratkaisuja, jotka kopioidaan suomalaiseen teollisuuteen, vaan pyritään ymmärtämään keskeiset vaikutusmekanismit ja sen jälkeen soveltamaan niitä suomalaisiin oloihin. Lähestymistavassa hyödynnetään Mikko Kohon väitöskirjatyössä käytettyä tapaa menestystekijöiden arvioimisessa.

**Tulos T4-2** Dokumentti Syy/seuraus –muotoon jäsennetyistä tunnistetuista Super Eco –tehtaiden menestystekijöistä ja vaikutusmekanismeista.

### ***Tehtävä 3. 6R-pohjaisen analyysityökalun täydentäminen STEEP-yhteensopivaksi***

UK:n 6R-pohjainen analyysityökalu päivitetään Tuloksen T4-1 perusteella täysimittaisesti STEEP-yhteensopivaksi. Menestystekijöille rakennetaan arviointiasteikot ja rakennetaan mekanismit, joilla voidaan määrittää menestystekijöille painoarvot.

### **Tulos T4-3 ja työpaketin virstanpylväs**

STEPP-yhteensopiva 6R-pohjainen Sustainability-analyysimalli

## 6.5. Työpaketti 5: Lean-, Agile- ja Eko-ajattelun huomioonottaminen Digitaalisessa valmistuksessa

### **Työpaketin tavoite**

Projektin fokuksena on jäsentää globaalin kappalevarateollisuuden uudistuminen tulevaisuuden kilpailukyvyn näkökulmasta. Tässä tutkimuskokonaisuudessa työpaketeissa 2, 3 ja 4 kerätyt ja analysoidut kilpailutekijät puetaan muotoon, joka mahdollistaa niiden myöhemmän tietoteknisen hyödyntämisen. Tämä tieto ja sen esittämistä mahdollistavat TTE:n myöhemmät jatko projektit, jossa osaaminen voidaan levittää suomalaisyritysten päivittäistä toimintaa tukeviin tietojärjestelmiin. Erityishuomion saavat tuotesuunnittelun, tuotetiedon hallinnan ja toiminnanohjauksen tietojärjestelmät. Työpaketti on strategisesti merkittävä, koska jo pelkästään Digitaalivalmistuksen käyttöönotto on Suomessa jäljessä kilpailijamaista, tämä on erityisen totta PK-yrityksistä koostuvassa toimittajaportaassa.

Työpaketissa hyödynnetään pohjatietoina laajalti TTE:n tutkimustuloksia projekteista, kuten Ideaalitehdas, PlaNet One, FMS 2010, KIPPColla, DyMo, PISA ja EUPASS.

Työpaketin Lean-osaaminen pohjautuu Prof. Torvisen alueella tekemään ja johtamaan monivuotiseen tutkimustyöhön, jonka puitteissa hän mm. vieraili vuoden verran Leaniin erikoistuneessa Production Systems Design –laboratoriossa. Leanin valmistuksen lisäksi tietämystä on viety eteenpäin tuotettavuuden mallintamisen suuntaan. Tätä tietämystä täydennetään erityisesti University of Kentuckyn ainutlaatuisella osaamisella. Toyotan Georgetownin tehtaiden General Manager Richard Alloo on projektin käytettävissä mallinnettaessa Lean-, Agile- ja Eko-pohjaista kestävä kehityksen mallia. Richard Alloo on vastannut Georgetownin tehtaan käynnistysprojektista ja on yksi Leanin johtavia teollisia ”hands-on” -asiantuntijoita maailmassa.

Työpaketissa tarvittavan Agile-osaamisen pohjan muodostavat erityisesti TTE:n Timo Lehtosen, Antti Pulkkisen ja Mikko Kohon väitöskirjat. Töissä on laajalti tutkittu suomalaisen konfiguroituvan asiakasräätelöidyn tuoteiston ja tuotannon perusmekanismeja ja toimivien ratkaisuiden perusedellytyksiä. Tätä osaamista täydennetään parhaalla ja tuoreimmalla ulkomaisella osaamisella.

Eko-osaamiseen tarvittavan tietämyksensä työpaketti saa projektin työpakettien 2, 3 ja 4 tulostiedoista.

Tiedonkeruu- ja mallinnustyö kulminoituu taksonomioihin ja ontologioihin, jotka rakennetaan yhdessä NIST:in kanssa. NIST aloittaa Sustainability-alueen mallintamisen ja standardointipyrkimykset vuoden 2010 aikana.

### **Työpakettiin osallistuvat partnerit**

- Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos (TTE)
- National Institute of Standards and Technology, USA (NIST)
- Raffles University, Singapore ja Raffles Design Institute, Shanghai, Kiina (RU)

- Technical University of Munich (TUM)
- University of Kentucky, USA (UK)

### ***Tehtävä 1. Tarvittavien taksonomioiden muodostaminen***

Kerätty Lean-, Agile- ja Eko-tieto luokitellaan tieteellisesti syy/seuraus- ja riippuvuus-suhteiden konkretisoimiseksi. Perustana tehtävässä on KIPPColla-projektissa tehty pohjatyö sekä NIST:in osaaminen. Tehtävän yhtenä tarkoituksena on merkittävästi täydentää metamallia, jota hyödynnetään TTE:n tutkimus- ja opetusympäristöissä.

**Tulos T5-1** Dokumentti kerätyn tiedon taksonomisesta kuvauksesta

### ***Tehtävä 2. Tarvittavien ontologioiden muodostaminen***

Muodostettavien oliopohjaisten mallien on tarkoitus tarjota yrityksille pohja projekteille, joissa ne jatkossa uusivat keskeisiä tietojärjestelmiään. Olioihin pyritään sisällyttämään kestävän kehityksen edellyttämä perustieto. Tehtävässä tutkitaan myös holonirakenteiden tarjoamia mahdollisuuksia KEKE-tiedon välittämisessä ja käsittelyssä.

**Tulos T5-2** Dokumentti kerätyn tiedon ontologisesta kuvauksesta

### **Työpaketin virstanpylväs**

Julkaistut ja projektikonsortion hyväksymät tulokset T5-1 ja T5-2.

## 6.6. Työpaketti 6: Tuotteiden ja tuotantojärjestelmien elinkaarten vuorovaikutus

### **Työpaketin tavoite**

Työpaketti muodostaa pohjan tuotteen ja tuotantokokonaisuuden pitkän jänteen kestävälle ylläpidettävyydelle. Kehittämistyön pohjana on aina tuote, sen ominaisuudet sekä niissä nähtävissä tai arvioitavissa olevat muutokset. Työpaketissa hyödynnetään TTE:llä tehtyjä väitöskirjatöitä, joilla pyritään modulaaristen tuote- ja tuotantorakenteiden kautta mahdollisimman hyvään ketteryteen. Tietoa täydennetään UWINDSORin tekemällä tuotesukupolvien analysointityöllä, jolla voidaan nostaa tuotteista esiin toisaalta kaikkein pysyvimmät ominaisuudet ja toisaalta näivettyvät tuoteominaisuudet. Näin saadaan selville tuotantojärjestelmän todennäköisimmin eniten muutosjoustavuutta tarvitsevat osiot.

Tutkimuskonsortio ymmärtää hyvin, että markkinointi ja myynti ovat yrityksen toimintoja, joilla voidaan merkittävästi vaikuttaa kysyntään ja tarjontaan. Tämä sinänsä kytkös jätetään kuitenkin vielä tässä tutkimuksessa pääfokuksen ulkopuolelle ja jätetään tätä tutkimusta tukevan lisätutkimuksen aiheeksi. Lisätutkimuksessa myös tutkimuskonsortio rakennetaan ko. fokuksen mukaiseksi. Malleja rakennettaessa liityntä ko. toimintoihin pidetään kuitenkin tiukasti mielessä.

Tällä tutkimuksella pyritään löytämään mekanismeja, joilla tuotteen sekä tuotantojär-

jestelmän tehokasta käyttöä voidaan jatkaa ennakoivasti ja mahdollisimman vähäisellä panostuksella. Erityistä huomiota tullaan kiinnittämään asioihin, kuten

- tuotteiden päivitettävyyden
- purkamisen, kunnostamisen ja uudelleenvalmistamisen mahdollisuudet
- tuotteiden kierrätettävyyden ja hävitettävyyden parantaminen eko-moduuloinnin kautta

Tavoitteessa onnistuminen edellyttää huomion kiinnittämistä tuotteen ensivalmistukseen, myös virtaan, joka syntyy, kun asiakas palauttaa tuotteen tehtaalle mahdollisia uudelleenkäytön toimenpiteitä varten.

Kehitettävää lähestymistapaa testataan kolmella tapaustutkimuksella.

### **Työpakettiin osallistuvat partnerit**

- Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos (TTE)
- National Institute of Standards and Technology, USA (NIST)
- University of Windsor, Ontario, Kanada (UWINDSOR)
- University of Kentucky, USA (UK)
- University of Tokyo, Japani (UoT)
- Raffles University, Singapore ja Raffles Design Institute, Shanghai, Kiina (RU)

### ***Tehtävä 1. Tuotteiden elinkaarimalli***

KIPPcolla-projektista saatavien laajahkojen perustulosten vuoksi tässä tehtävässä lähinnä täydennetään tuotemallia uudesta kestävästä kehityksen tutkimuksesta saaduilla tiedoilla. Tämän tutkimuksen puitteissa elinkaarimalli alkaa eko-tietoisesti moduloitua tuoterakenteesta ja päättyy päivitys- ja kierrätysvaihtoehtojen tuotteen ympäristöystävälliseen hävittämiseen.

**Tulos T6-1** Kuvaus tuotteiden elinkaarimallista

### ***Tehtävä 2. Tuotantojärjestelmien elinkaarimalli***

Malli tukeutuu niin pitkälle kuin mahdollista tehtävän 1 tuoteinformaatioon. KIPPcollan tulosten mukaisesti pyritään hyödyntämään tuotteen suunnitteluprosessin kestäessä tuotettavuustiedolla rikastutettua tuotemallia, jotta tuotantojärjestelmän ratkaisut päästäisiin mahdollisimman hyvään testaamaan Digitaalisen valmistuksen keinoin ennen kuin ensimmäistäkään fyysistä toimenpidettä on toteutettu. Tehtävässä tutkitaan myös, millaisia tuotantojärjestelmän päivityksen parhaita tunnettuja käytänteitä on kehitettävissä erilaisiin tuotemuutostilanteisiin.

**Tulos T6-2** Kuvaus tuotantojärjestelmien elinkaarimallista

### ***Tehtävä 3. Elinkaarimallien vuorovaikutusmalli***

Tietyissä mielessä tässä tehtävässä pyritään menettelytapaan, jota lähimpänä on alan

erittäin harvoissa käytännön sovelluksissa ehkä ollut Hitachi. Tehtävässä pyritään tunnettuja parhaita käytänteitä kokoamaan isommiksi kokonaisuuksiksi, joista edelleen kombinoimalla päästään nopeasti testaamaan digitaalisesti kaikkein relevantimmat tuote/tuotantojärjestelmä-ratkaisut.

## **Tulos T6-3 ja työpaketin virstanpylväs**

Kuvaus tuotteiden ja tuotantojärjestelmien elinkaarimallien vuorovaikutuksesta

### 6.7. Työpaketti 7: Tuotantoverkkojen riskienhallinta

#### **Työpaketin tavoite**

Kestävään kehitykseen kuuluu oleellisena osana se, että tuotantoverkosto pystyy palvelemaan asiakkaitaan kaikissa olosuhteissa järkevällä tasolla ennakoitavalla tavalla. Verkoston toimijoiden toimintaa vaarantavat riskit, jotka ovat mm.

- ympäristötekniisiä
- teknologisia
- lainsäädännöllisiä
- taloudellisia (myös toimittajien taloudellinen vakaus)
- terveydellisiä

Super Eco -ympäristössä näitä tekijöitä on hallittava proaktiivisesti. Pelkkä tapahtuneisiin asioihin reagointi lisää aina kustannuksia ja heikentää resurssien tehokasta käyttöä.

Työpaketissa täydennetään Prof. Fazleena Badurdeenin tutkimusryhmän University of Kentuckyssa aloittamaa työtä erityisesti nyt kerättävällä Sustainability-tiedolla.

Säännöllisellä ja systemaattisella tuotantoverkon auditoinnilla päästään työpaketin valmistuttua tilanteeseen, jossa tapaustutkimuksiin valittujen pääyritysten riskit voidaan muuttaa visuaalisiksi värikartoiksi, jotka ohjaavat riskien pienennystyötä.

#### **Työpakettiin osallistuvat partnerit**

- Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos (TTE)
- National Institute of Standards and Technology, USA (NIST)
- University of Kentucky, USA (UK)
- Raffles University, Singapore ja Raffles Design Institute, Shanghai, Kiina (RU)
- IIG:stä valittu pienryhmä, jossa konkreettiset analyysit viedään läpi

#### ***Tehtävä 1. Riskilähteiden määrittäminen***

Tässä tehtävässä hyödynnetään sekä akateemista että teollista osaamista. Akateemisilla partnereilla on taustalla satoja ohjattuja toiminnan kehittämiseen liittyviä opinnäytteitä sekä havaintoja sadoista teollisista yrityksistä. Tätä tietoa täydennetään uusimmalla tutkimustiedolla sekä alan johtavien yritysten haastattelututkimuksilla.

**Tulos T7-1** Jäsennetty Sustainability-riskien syy/seuraus -malli

***Tehtävä 2. Määritettyjen riskien muuttaminen matemaattiseksi ja graafiseksi malliksi***

Riskimalliin lisätään mahdollisuus arvioida riskien toteutumistodennäköisyyksiä. Tätä varten riskeille on muodostettava arviointiskaalat. Matemaattinen malli mahdollistaa valmistuttuaan herkkyysanalyysit, mikä edesauttaa verkoton robustisuuden kehittämistä. Muutosjoustavuuden säilyttämiseksi ja mallin teollisuuteen siirtämisen helpottamiseksi prototyyppi rakennetaan Excel-ympäristössä.

**Tulos T7-2** Riskien analysoinnin matemaattinen malli, jonka tulokset ovat esitettävissä värikarttana

***Tehtävä 3. Mallin testaaminen teollisissa tapaustutkimuksissa***

Toteutuksessa valitaan IIG:stä mukaan muutamia pääyhtiöitä sekä heidän toimittajiin. Yritykset auditoidaan mallin mukaisesti ja arvioidaan niiden suurimmat riskit kestäväälle kehitykselle.

**Tulos T7-3** Sustainability-riskianalyysiraportit teollisista tapaustutkimuksista

**Työpaketin virstanpylväs**

Validoidulla mallilla toteutetut teolliset tapaustutkimukset.

## 6.8. Työpaketti 8: Projektin tuloksista tiedottaminen

### **Työpaketin tavoite**

Tämän työpaketin tarkoituksena on levittää projektin tulokset erityisesti kansalliseen tietoisuuteen. Tämä tehdään kansallisissa työpajoissa ja seminaaripäivissä. Tapahtumiin tulevat puhumaan paitsi projektissa työskentelevät TTE:n tutkijat, myös professorit ja tutkijat projektin kansainvälisistä yhteistyötahoista sekä halukkaat teollisen seurantaryhmän edustajat.

### **Työpakettiin osallistuvat partnerit**

- Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos (TTE)
- National Institute of Standards and Technology, USA (NIST)
- University of Windsor, Ontario, Kanada (UWINDSOR)
- University of Kentucky, USA (UK)
- University of Texas at San Antonio, USA (UTSA)
- Raffles University, Singapore ja Raffles Design Institute, Shanghai, Kiina (RU)
  
- Teollinen seurantaryhmä (IIG – Industrial Interest Group)

## ***Tehtävä 1. Luettelo julkaisuista ja suunnitelluista osallistumisista tapahtumiin***

Projektin odotetaan tuottavan seuraavat julkaisut:

- Aihealueella pyritään käynnistämään projektin kestäessä useita diplomitöitä teollisen seurantaryhmän puitteissa. Tällaiset mahdolliset kohdeyrityksiin suoraan tehtävät opinnäytteet toteutetaan ko. yritysten oman rahoituksen turvin
- Laitoksen tutkimusraportit
- Julkaisut valikoiduissa tieteellisissä referee-tason julkaisuissa (4 kappaletta) ja kansainvälisissä konferensseissa
- Esitelmät seminaareissa, työpajoissa ja teemaan liittyvissä tapahtumissa
- Artikkelit erityisesti kansallisissa ammattilehdissä
- Aktiivinen osallistuminen ja esitelmöinti kansallisissa ja pohjoismaisissa Tuotantotekniikan ja Teollisuustalouden alojen tohtorikouluissa

Lisäksi KEKE-partnerit ovat valmiita esittelemään projektin tulokset missä tahansa suomalaisessa konferenssissa, seminaarissa tai tapahtumassa, joka liittyy TEKESin tutkimusohjelmiin.

Projektin alussa tehdään projektipartnereiden kesken alustava lista suunnitelluista julkaisuista ja tapahtumista. Tätä listaa tullaan päivittämään jatkuvasti projektin kestäessä, kun uusia ja potentiaalisia esiintymistahoja tunnistetaan.

Projektissa kerätty tieto ja aikaansaadut julkaisut julkaistaan projektille perustettavilla kotisivuilla. Kotisivuja ylläpidetään sekä suomeksi että englanniksi.

**Tulos T8-1** Luettelo julkaisuista ja suunnitelluista osallistumisista tapahtumiin (kuka-mitä-miksi-kenelle-milloin-missä).

## ***Tehtävä 2. Projektin kotisivujen perustaminen ja Newsletter-toiminta***

Koska pääsy tutkimuksen tuloksiin halutaan taata mahdollisimman laajalle kiinnostuneiden ryhmälle, projektille perustetaan suomen- ja englanninkieliset kotisivut. Sivut ovat kaksitasoiset. Kaikille avoimet sivut sisältävät yleisen tason tuloksia. CSM Forumin sivut puolestaan tarjoavat syvemmän tason tutkimustuloksia yrityksille, jotka ovat osallistuneet IIG:n toimintaan ja panostaneet resursseja projektin onnistumiseksi.

**Tulos T8-2** Projektin ajantasaiset kotisivut suomeksi ja englanniksi  
Kolmen kuukauden välein teolliselle seurantaryhmälle lähetettävä suomenkielinen sähköinen Newsletter

## ***Tehtävä 3. Tiedottamis- ja tiedonvaihtotapahtumien järjestäminen***

Projektin kestäessä järjestetään noin 4 kk:n välein CSM Forumeita, joilla pyritään varmistamaan tutkimustulosten mahdollisimman nopea siirtyminen teollisuuden käyttöön. CSM Forunit järjestetään teemapäivinä, joihin kutsutaan aiheen mukaan sopi-

vimmat konsortion tutkimustahot.

### **Tulos T8-3** Kuusi CSM Forum –teemapäivää

#### **Työpaketin virstanpylväs**

Luettelossa T8-1 listattujen tapahtumien, raporttien ja esitelmien toteutuminen.

## 7. Riskit ja varasuunnitelmat

Projektin onnistuneelle toteuttamiselle on tunnistettu seuraavat riskit:

- kerättävä tieto ei vastaa suomalaisyritysten tarpeita
  - o projektin alussa (Työpaketti 2) kierretään läpi valitut teollisen seurantar ryhmän jäsenet, joilta kerätään keskeiset vaatimukset, tarpeet ja toivomukset. Tietoa täydennetään muulla saatavissa olevalla relevantilla tiedolla (karkean tason näkymät lainsäädännössä, sopimuksissa jne.)
- tarvittava tieto ei ole saatavissa salassapitosyistä
  - o yhteydet yrityksiin ja tutkimustahoihin sekä tiedon saatavuus on varmistettu etukäteen
- tieto saadaan liian hitaasti teollisuuteen vaikuttamaan päätöksentekoon ja sen vaikutus itse päätöksentekoon on pieni.
  - o uusin tutkimustieto ylläpidetään jatkuvasti projektin kotisivuilla
  - o projektin kestäessä pyritään kattavaan julkaisutoimintaan. Julkaisuihin kuuluu sekä mittavampia raportteja että ydintuloksia sisältäviä Newslettereitä
  - o teolliselle seurantar ryhmälle järjestetään systemaattisesti CSM Forumeita, joissa paitsi välitetään tutkimustietoa, myös mahdollistetaan tiedon mutkaton siirtyminen suomalaisyritysten välillä. Osa CSM Forumeista pyritään järjestämään projektin seurantar ryhmään kuuluvissa yrityksissä.
- tieto on tarpeellista, mutta se on vaikeasti hyödynnettävissä yrityksissä
  - o tieto pyritään muokkaamaan muotoon, jossa sen hyödyntäminen on mahdollisimman yksinkertaista. Toisessa ääripäässä tieto on puettu auditointi- ja tarkistuslistojen muotoon (parhaat tiedossa olevat käytänteet) ja toisessa ääripäässä tietomalleiksi, joita voidaan hyödyntää uusittaessa yritysten keskeisiä tietojärjestelmiä
- merkittävät partnerit tai projektille tärkeät tutkijat jättävät tutkimuskonsortion
  - o projekti on tarkasti roolitettu ja jokaiselle partnerille on tunnistettu asiaa kiinnostunut kansainvälinen varapartneri
  - o laitoksella on n. 60 tutkijaa, joista 10 on tohtoreita. Projektille kyetään tarvittaessa nopeasti osoittamaan uusi tutkimusresurssi

## **Lähteet**

TUT Department of Production Engineering



<http://www.tut.fi/tte>

**Aihepiiriin liittyviä julkaisuja**

R. Bueno, C. Decubber, A. Junai, F. Knecht. (Version: 30 January 2009). Factories of the Future. Indicative Work Programme (2011-2013).

F. Jovane, E. Westkämper, D. Williams, 2009. The Manufuture Road, Towards Competitive and Sustainable High-Adding-Value Manufacturing, Springer, ISBN 978-3-540-77012-1

Mitsubishi Mamoru, Ueda Kanji, Kimura Fumihiko, Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier ISBN (PDF) 9781848002678 Springer 2008

H.A. ElMaraghy, J. Reichardt, H-P.Wiendahl, Changeable Factory Buildings – An Architectural View, Springer Series in Advanced Manufacturing ISSN 1860-5168  
Changeable and Reconfigurable Manufacturing Systems, Springer London  
DOI 10.1007/978-1-84882-067-8, 2009 ISBN 978-1-84882-066-1 (Print) 978-1-84882-067-8 (Online)

Tuokko R., Competitive Sustainable Manufacturing. Esitelmä MCPC 2009-konferenssissa Helsingissä 5.10.2009.

E. Westkämper. Leadership Deliverable D 2.5 - Overall Manufuture Roadmap. Proposal/Contract No. 033416 Project Coordinator: ITIA-CNR. Manufuture Workprogramme: "New Production". Final version (V28) 11-06-2007.