

Oulun ammattikorkeakoulun tekniikan ja luonnonvara-alan lehti

# TELULAINEN

YKSIKÖN YHTEINEN JULKAISU



# Sisällysluettelo

- 3 Julkaisuja Oamkin tekniikan ja luonnonvara-alan TKI-toiminnasta
- 4 Lähimatkailu Pohjois-Pohjanmaan maaseudulla
- 6 Onko pötsi täysi, kiiltääkö karva?
- 8 Työelämän aiheiden hyödyntäminen biotalouden opinnoissa
- 10 Uusia tuulia robotiikan englannin opiskeluun H5P-oppimisalustalla
- 12 Sähköistä hydrauliiikan koulutussisältöä uudistuvalla auto- ja työkonealalle
- 14 Biel/Bienne - kansainvälinen opettajavaihto osana opetuksen kehittämistä
- 16 Lietteensiirtosäiliön suunnittelu ja teknisen laskennan merkitys
- 18 Miten takaisinmallinnetaan Creaform HandySCAN 3D -käsiskannerilla?
- 20 Tehomuuntajan relesuojaus ja sen todentaminen
- 22 Polttoainevaraston sähkölaitteistojen tarkastukset ja mittaukset
- 24 Luotettavan latausjärjestelmän suunnittelu pysäköintihalliin
- 26 Ympäristöystävällisempää kaivostoimintaa
- 28 Ympäristöluokituksella hyötyä rakennushankkeelle
- 30 Joutsenmerkitty päiväkotikuluttaa vähemmän vettä
- 32 Vesivoimalaitoksen hukkalämpö hyötykäyttöön
- 34 Vuotovesien kartoitus ja vähentäminen Kalajoen kaupungin viemärlaitoksen toiminta-alueella
- 36 Massiivipuiseen uudisrakennukseen painovoimainen ilmanvaihto energiatehokkaasti
- 38 Lisääntynyt jäähdytyksen tarve luo paineita kaupunkisuunnittelulle
- 40 Lämpöpumppu rakennusten jäähdyttäjänä ja lämmittäjänä
- 42 Elementtien asennussuunnitelman laadun parantaminen
- 44 Kohti sujuvampaa LVIA-suunnitteluprosessia
- 46 Vertailemalla varmistetaan mitoitusohjelmien luotettavuus
- 48 Kääntötarttujalla tehokkuutta komponenttien käsittelyyn
- 50 Jäystetikkujen sahauslaite
- 52 Mekaniikan vastaanottotarkastuksen automatisointi
- 54 Kiinnitys- ja irrotuspihtien tuotekehitys
- 56 Toimiva ratkaisu teräpalojen lajitteluun
- 58 Avaimen ja lukon kestoprotestaus yhteistyörobotilla

## Julkaisuja Oamkin tekniikan ja luonnonvara-alan TKI-toiminnasta

Hyvä lukija!

Tämä on Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) Tekniikan ja luonnonvara-alan (Telu) yksikön lehden vuoden 2022 avausnumero. Lehti ilmestyy vain sähköisesti Internetissä, jossa uudet digitaaliset alustat mahdollistavat joustavan ja käyttäjälähtöisen julkaisemisen. Haluamme tässä lehdessä esitellä sitä laaja-alaista osaamista, jota löytyy Tekniikan ja luonnonvara-alan yksiköstämme. Lehden artikkeleissa käsitellään opetusta ja tutkimustyötä sekä opiskelijoidemme osaamista.

Kevään 2022 yhteishaussa tekniikan hakijamäärät nousivat. Teemme yksikössä pitkäjänteistä vetovoimatyötä mm. tutkinto-ohjelmien sosiaalisen median eri kanavissa sekä useiden tapahtumien kautta, joissa yksikön TKI-toimintaa esitellään.

Oamk\_Highwaystä on myös kasvanut menestystarina. Lapista Keski-Suomeen ja Kainuusta Keski-Pohjanmaalle toisen asteen yhteistyöverkostossamme on lukioita ja ammatillisia oppilaitoksia, joiden opiskelijat haluavat tulla opiskelemaan Oamkiin insinööriksi tai agrologiksi. Highwayn kautta opiskelupaikan voi varmistaa jo 2. asteen koulutuksen aikana!

Telulainen-lehti on jälleen syntynyt yksikön henkilökunnan ideoimana ja tiimityönä. Erityisesti haluan kiittää Oamkin kielikeskuksen opettajia, jotka ovat antaneet arvokkaan panoksensa lehden tekemisessä. Yhdessä tekemällä yrittäjämäisellä asenteella voimme saavuttaa tavoitteemme!

Antoisia lukuhetkiä!

Ville Isoherranen  
Tekniikan tohtori, dosentti  
Yksikönjohtaja  
Tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö  
Oulun ammattikorkeakoulu

---

**Julkaisija** Oulun ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö

**Julkaisuvuosi** 2022

**Toimituskunta** yksikönjohtaja Ville Isoherranen  
koulutuspäällikkö Tuomo Pesola  
koulutuspäällikkö Helena Tolonen  
koulutuspäällikkö Matti Toppila  
kehityspäällikkö Rauno Toppila  
editor-in-chief Heidi Hahtola

etunimi.sukunimi@oamk.fi

**Kansikuvat** Oulun ammattikorkeakoulun kuvapankki

**ISSN** 2670-2835

## Lähimatkailu Pohjois-Pohjanmaan maaseudulla

*Lähimatkailun suosio nousee. Yhtenä tekijänä on koronasulkujen tuoma lähiseudulta saatavien elämysten ja muun matkailutarjonnan lisääntynyt arvostus. Pohjois-Pohjanmaalla on hyvät edellytykset lähimatkailulle. Ihmisten kasvava tietoisuus kestävästä kehityksestä nostaa niin ikään lähimatkailun arvostusta.*

Pohjois-Pohjanmaan maaseutu sopii hyvin lähimatkailuun. Alue on vaihteleva ja tarjoaa perustan monenlaiselle lähimatkailutoiminnalle. Maisemat ja puitteet poikkeavat paljon, jos verrataan vaikkapa maakunnan eteläisiä osia Koillismaan vaihteleviin vaaramaisemiin. Pohjois-Pohjanmaan maaseudulla voi siis harjoittaa monenlaisia eri kohderyhmille suunnattuja lähimatkailuaktiviteetteja.

Yksi lähimatkailua tukeva etu Pohjois-Pohjanmaalla on hyvät liikenne yhteydet. Saavutettavuus onkin tärkeää, jotta ihmiset pystyvät hyödyntämään tarjontaa vaivattomasti. Ekologisesti ajateltuna julkisten yhteyksien toimivuus olisi tärkeää.

### Lähimatkailulle ominaista

Lähimatkailu on teemana jossakin määrin tulkinanvarainen. Tässä artikkelissa keskitytään maaseutuun ja rajataan alueen kaupunkikeskukset pois. Myös näillä pois jätetyillä alueilla voidaan katsoa olevan lähimatkailutarjontaa, mutta tässä tapauksessa huomio kiinnittyy pienimuotoisuuteen, paikallisuuteen ja syrjäisempään sijaintiin. Lähimatkailukohde on saavutettavissa lyhyen matkan päässä.

### Lähimatkailun hiilijalanjälki on kaukomatkailua pienempi.

Lähimatkailu on luonteva tapa kehittää vähähiilisempää matkailua. Lähimatkailun hiilijalanjälki on kaukomatkailua pienempi. Läheltä kohteeseen saapuvan ei tarvitse lentää jouduttaakseen matkaansa. Se jo itsessään vähentää päästöjä. Siksi lähimatkailun kehittäminen ja tutkiminen on aiheena ajankohtainen. (1.)

Eksotiikka ja vaihtelu ovat oleellisia elementtejä lähimatkailussa. Pohjois-Pohjanmaalla on esimerkiksi paljon suoalueita, joita voi hyödyntää matkailussa. Lisäksi alueella on runsaasti erilaisia muita luonto- ja kulttuurikohteita. Tarinat kiinnostavat matkailijoita ja voivat toimia vetovoimatekijöinä muun muassa markkinoinnissa. (1.)

### Näkökulmia

Lähimatkailua on monenlaista. Paikallisuus ja saavutettavuus ovat yhdistävä tekijä, mutta matkailun idea nousee esille erilaisista näkökulmista.

Ruokailu voi olla toisille matkan tärkeimpiä hetkiä. Ruokamatkailussa korostuvat paikalliset elämykset ja lähiruoka. Ruokamatkailun suosio on nousussa, mutta toisteiseksi se on vielä melko pienimuotoista.

Kulttuurimatkailu sen sijaan on lähimatkailun vahvaa ydintä. Maaseudulla on lukemattomia mahdollisuuksia nostaa esiin kulttuurisia näkökulmia kohdematkailusta aina tarinamatkailuun. Kulttuurimatkailu nostaa esiin myös kylien paikallista identiteettiä.

Luontomatkailu on myös vahva osa lähimatkailua. Pohjois-Pohjanmaan vahvuus on vaihtelevuus. Tarinoilla ja paikallishistorialla saadaan houkuttelua kävijöitä luontokohteisiin. Alueella onkin paljon erilaisia luontopolkuja ja reittejä. Matkailijoissa on seikkailijoita, ihmeiden metsästäjiä ja myös luontonautiskelijoita. Halutaan rauhoittua hiljaisen luonnon ääressä.

Elämysmatkailuun liittyy usein sekä luonto että kulttuuri. Ihmiset hakevat lähialueelta elämyksiä, jotka voivat olla jokaiselle erilaisia.



Kuva 1. Kotieläimet ovat tärkeitä etenkin lapsille maaseudun lähimatkailussa. Heli Sorjonen ©maaseutuverkosto.

Hyvinvointimatkailun suosio on nousussa samoin kuin myös sen tarjonta. Moni matkailija hakee enemmän kuin perinteistä kylpylälomaa. Yksi osa hyvinvointimatkailua on vahvistumassa oleva Green Care -toiminta.

## Lähimatkailun tilanne ja tulevaisuuden näkymiä

Tutkimuspäällikkö Juho Pesonen Itä-Suomen yliopistosta on todennut, että nyt luodaan pohjaa sille, haluavatko ihmiset lähimatkailuelämyksiä myös koronan jälkeen (2).

Tutkimusjohtaja Torsti Hyyryläinen Helsingin yliopistosta puolestaan arvioi koronapandemian lisänsänteen maaseudun merkitystä ja ihmisten kiinnostusta lähimatkailua kohtaan. Pysykö tilanne tällaisena, on hänenkin mielestään riippuvainen tämän päivän kehittämistyöstä. (3.)

Pesosen mukaan lähimatkailu oli kasvava trendi jo ennen koronaa, mutta rajojen sulkeminen ajoi lähimatkailijoiksi myös ihmisiä, joita oma lähialue ei aiemmin ole kiinnostanut matkakohteena. (2.)



Kuva 2. Paikallinen ruokakulttuuri merkitsee monelle matkailijalle paljon. Lietso Oy ©maaseutuverkosto.

Vähitellen on alettu ymmärtää lähimarkkinoiden tärkeys. Jos ihmisillä on rahaa käytössään, sitä kulutetaan yhä enemmän immateriaalisiin asioihin, kuten elämyksiin, ja niiden takia voidaan tehdä useitakin lähimatkoja.

## Ajatuksia ja toimenpidetarpeita

Vaikuttavuus esiin -hankkeen Pohjois-Pohjanmaan lähimatkailun toimijoille järjestämässä lähimatkailun työpajassa 30.3.2021 nousi esille hyviä ajatuksia.

Työpajassa tunnistettiin muun muassa alueellisia erityispiirteitä. Etenkin maakunnan reuna-alueilla

nähtiin paljon tiedostamatonta potentiaalia matkailun tuotteistamiselle. Paikalliset asukkaat eivät itse aina edes näe niitä.

Nostalgiamatkailun nähtiin olevan nousussa ja siihen voisi panostaa. Elämykseksi tarjotaan jotakin yksinkertaista: heiniä seipäälle.

Suoalueet matkailukohteina pitäisi tiedostaa paremmin. Ne voisivat olla mystisiä paikkoja ja niiden yhteydessä voisi hyödyntää tai luoda erilaisia mytologioita. Tuotteistaminen olisi tässäkin tärkeää. Ideaesimerkkinä mainittiin ”Hiljainen kansa” Suomussalmella. Myös paikalliset merkkihenkilöt ja heidän tarinansa olisivat kiinnostavia.

Lähimatkailulla voi tulevaisuudessa olla suuri merkitys. Sen houkuttelevuutta nostaa jo itsessään ihmisten valvutuneisuus ja ymmärrys ekologisuudesta, kestävästä kehityksestä ja hiilipäästöjen vähentämisestä. Moni matkailija kaipaa kauas suuntautuvan massaturismin sijasta rauhoittumista, elämyksiä ja luontoa ympärilleen.

Hyyryläinen on todennut, että lähimatkailulla on selvästi merkitystä myös maaseudun moninaisuuden kehittämiseksi (3).

Lähimatkailu on huomioitu ELY-keskuksen maaseudun alueellisessa kehittämissuunnitelmassa, jonka kautta EU:n rahoitustukea myönnetään ohjelmaa toteuttaville hankkeille. Matkailun rakenteita onkin paranneltu, markkinointia on tehostettu ja pyritty parantamaan saavutettavuutta. (4.) Kansainvälisten asiakkaiden kannalta on erityisesti panostettava paitsi markkinointiin, myös kulkuyhteyksiin.

## Lähteet

1. Satokangas, Pasi 2020. Lähimatkailu – Pelastus vai ”paitojen pesemistä”? Matkailututkimus 16:1/2020. Hakupäivä 20.4.2022. <https://journal.fi/matkailututkimus/article/view/90959>.
2. Pesonen, Juho 2020. Innostus lähimatkailuun sataa tulevaisuudessa entistä enemmän maaseudun laariin. Maaseudun tulevaisuus 7.11.2020. Hakupäivä 19.4.2022. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/luke-misto/3b11577f-a02c-5b34-9c8d-e81b5d3fc0ad>.
3. Hyyryläinen, Torsti 2020. Käänteentekevä vuosi 2020. Maaseutututkimus 2/2020. Hakupäivä 20.4.2022. [Vol 28 Nro 2 \(2020\): Maaseudut yhteiskuntien kestävyysmuutoksissa | Maaseutututkimus \(journal.fi\)](https://journal.fi/maaseutututkimus/article/view/90959).
4. Pohjois-Pohjanmaan alueellinen maaseudun kehittämissuunnitelma 2014–2020. Hakupäivä 19.4.2022. [pohjois-pohjanmaan-alueellinen-maaseudun-kehittamissuunnitelma-2014-2020-paivitys-huhti2014.pdf \(popikki.fi\)](https://journal.fi/pohjois-pohjanmaan-alueellinen-maaseudun-kehittamissuunnitelma-2014-2020-paivitys-huhti2014.pdf).

## Onko pötsi täysi, kiiltääkö karva?

*Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelmassa Eläinfysiologia ja ravitsemus -opintojaksolla on vuodesta 2019 ollut oppimistehtävä, jossa opiskelijaryhmät tekevät videon Terve ja hyvinvoiva märehijä. Tekemällä videon he oppivat ja osoittavat taitonsa tehdä havaintoja tuotantoeläinten elinolosuhteista ja eläinten hyvinvoinnista.*

Agrologin tulee osata havainnoida tuotantoeläinten elinolosuhteita ja niiden hyvinvointia. Vain hyvinvoiva, hyvissä olosuhteissa elävä ja terve eläin tuottaa. Tuotantoeläinten hyvinvointi ja tuotannon eettisyys kiinnostavat myös yhä enemmän kuluttajia. Eläinten käyttäytymisen ja hyvinvoinnin ymmärtäminen on kehittynyt vuosikymmenien aikana, ja sen vaikutus myös tuotannon taloudellisuuteen ymmärretään nyt aikaisempaa paremmin. (1.)

### Havainnointitaito kehittyy harjoittelemalla

Hyvinvointi on subjektiivinen kokemus. Eläinten toimintaa seuraamalla on mahdollista saada runsaasti tietoa eläinyksilön tai ryhmän hyvinvoinnista. Eläinten havainnointitaitoja eli niin sanottua karjasilmää on mahdollista kehittää vain käytännössä. Teoriatieto eläinten lajin luontaisesta käyttäytymisestä ja havaintojen tekemisestä luo pohjaa havainnoille, mutta tärkeintä on siirtää ymmärrys myös käytäntöön.

**Eläinten havainnointitaitoja eli niin sanottua karjasilmää on mahdollista kehittää vain käytännössä.**

Luontaisen käyttäytymisen ja eläimen fysiologian ymmärtäminen toimii pohjana havaintojen tekemiselle. Jotta opiskelija pystyy arvioimaan esimerkiksi ruokinnan onnistumista, hänen täytyy sisäistää märehijän ruoansulatusfysiologia. Olosuhteiden tarkastelu vaatii eläinten havainnoinnin lisäksi ymmärrystä niiden käyttäytymisestä ja lajin tarpeista. Havainnot eläimen elinolosuhteista on tehtävä sen pitopaikassa.

Terveystä ja hyvinvointia harjoitellaan arvioimaan oikeasta eläimestä. On konkreettisesti mentävä lehmän viereen, tarkasteltava sen ulkoista olemusta, tunnusteltava sitä ja seurattava sen käytöstä, jotta voi todeta sen olevan terve ja hyvässä kunnossa. Jotta havaintoja voi tehdä ja selittää, täytyy opiskelijan ymmärtää käytännön takana oleva teoria ja soveltaa sitä.

### Toimintaa aidossa ympäristössä

Kun opiskelijat harjoittelevat tekemään havaintoja, se tapahtuu navetassa. Opiskelijaryhmä etsii maatilaa, jonka navettaan he menevät harjoittelemaan havainnointia. Sen jälkeen he videoivat toisiaan arvioimassa esimerkiksi lehmän kuntoisuusluokkaa tai pötsin täyteyttä, tarjolla olevan rehun määrää ja laatua ja selostavat samalla toimintaansa.

Myös navetan ilmanlaatua, lämpötilaa, melutasoa ja puhtautta arvioidaan, jotta voidaan todeta niiden olevan kunnossa. Videolla opiskelijat kertovat hyvien olosuhteiden kriteereistä ja tavoista tai mittareista, joilla niitä arvioidaan. He videoivat navetan rakenteita, joilla hyvät olosuhteet saavutetaan, kuten ikkunoita, tuuletuslaitteita tai navettaa puhdistavaa laitteistoa. Melutason voi havaita videon ääniraidalta.



Video 1. Märeheminen kertoo naudan hyvinvoinnista.

Suunnitellessaan videointia opiskelijat ottavat huomioon myös turvallisuusnäkökulman. He toimivat siten, että heidän käyntinsä on turvallinen heille itselleen, tilalle ja seuraaville vierailukohteille. Bio- ja turvallisuudesta ja tautien ennaltaehkäisystä huolehtiminen on yksi agrologien eri toimialoja läpileikkaavista teemoista. Liikuttaessa eläinryhmissä täytyy hahmottaa pakoeläinten luontainen käyttäytyminen ja osata toimia siten, että se on kaikille osapuolille turvallista.

## Opiskelija oppii ja osoittaa osaamisensa selostamalla ja kuvailemalla asioita

Opintojakson tavoitteina on, että opiskelija tunnistaa ja nimeää märehitjän anatomisia osia, ymmärtää sen fysiologisia toimintoja ja niiden merkityksen tuotannossa, arvioi ja havainnoi eläimen terveyttä, tuntee märehitjän ruuansulatuksen ja arvioi sen ravitsemuksellista tilaa (2). Nämä ovat asioita, joiden ilmaisemiseen puhe ja kuvat sopivat paremmin kuin teksti. Kun opiskelija opettelee eläimen rakennetta tai sen ruuansulatuksen toimintaa ja harjoittelee samalla, kuinka kertoa nämä asiat videolla, se tukee hänen oppimistaan. Videolla opiskelija on lehmän vieressä navetassa ja näyttää ja kuvailee eläimen rakennetta. Hän sekä oppii kyseiset asiat että osoittaa osaavansa ne mielekkäällä tavalla kuin kirjoittamalla samat asiat tenttivastauksena. Tehtävän aikana opiskelijoiden omaksuma teoria viedään suoraan käytäntöön, ja todennäköisesti saadaan aikaan pysyvää oppimista.

Kun tavoitteena on asian ymmärtäminen, sen voi hyvin arvioida opiskelijan selostuksesta: kun hän kertoo asian omin sanoin, hän ymmärtää sen (3).



Kuva 1. Ruuansulatuselimistö piirrettynä lehmän kylkeen.

## Videon tekoprosessi

Video on yksi opintojakson osasuoritus, jonka laajuus on neljä opintopistettä. Siinä yhdistetään substanssiosaaminen ja puheviestinnän taidot. Opiskelijoille annetaan asiat, jotka videon tulee sisältää: anatomiset rakenteet, fysiologisten toimintojen havainnointi sekä ravitsemuksellisen tilan havainnointi. Aihetta käsitellään opettajan johdolla luennoilla ja opiskelijoille osoitetaan lisäksi itseopiskelumateriaalia. Opiskelijat ohjataan laatimaan

videon kuvaussuunnitelma ja pohtimaan, millä videoelementeillä kukin asia olisi parasta ilmaista. Kotieläintuotannon ja viestinnän opettajat kommentoivat suunnitelmia. Vaikka opiskelijat eivät olisi juurikaan tehneet videoita aiemmin, he oppivat nopeasti käyttämään eri elementtejä: kuvaamaansa ja äänittämäänsä materiaalia, piirroskuvia, kuvakaappauksia, jälkiäänitettyä selostusta ja tekstitystä.

## Turvallista ja mukavaa opiskelua ryhmässä

Opiskelijat saavat itse muodostaa ryhmän, jossa toimivat, joten työskentely ja oppiminen on turvallista. Videoita ei myöskään lähtökohtaisesti laiteta julkisiksi, vaan lopputuotokset esitetään vain opettajille. Tällä tavoin videoinnin avulla voi turvallisesti harjoitella paitsi substanssia ja puheviestintää myös hankkia esiintymisvarmuutta. Seuraavassa on otteita opiskelijoiden palautteesta opintojakson jälkeen.

*"Meillä oli hyvä kokoonpano ryhmässä ja videon tekeminen oli yksi mukavimmista ensimmäisen vuoden tehtävistä."*

*"Videon teko osana oppimista on todella hyvä tapa, koska siinä joutuu toistamaan ja esittämään asioita, joten ne jää hyvin mieleen."*

*"Videon tekeminen oli alkuun ajatuksena jännittävä. Hyppäsin lisäksi ison loikan mukavuusalueen ulkopuolelle kuvauksen kohteena ollessani. Kuitenkin editointi oli yllättävän helppoa, vaikkakin aikaa vievää. Videota kuvatessa ja sitä editoidessa sai myös nauraa kyöneleet silmissä, kun ideat lähtivät lentoon. Oli mukava tutustua ryhmän jäseniin kunnolla videon teon kautta."*

## Lähteet

1. Eläinten hyvinvointi Suomessa III. 2021. Eläinten hyvinvointikeskus EHK. Hakupäivä 4.5.2022. <https://www.elaintieto.fi/reports/elainten-hyvinvointi-suomessa-raportti-julkaistaan-osissa-vuoden-2021-aikana/>.
2. Eläinfysiologia ja -ravitsemus. Opintojaksokuvaus. Opintosuunnitelmat 2022–2023. Opinto-opas. Oulun ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 23.4.2022. [https://www.oamk.fi/opinto-opas/opintojen-sisalto/opetussuunnitelmat?koulutus=maa2022sp&lk=s2022&alasiivu=opintojakso&oj=LM00DP75\\_fi](https://www.oamk.fi/opinto-opas/opintojen-sisalto/opetussuunnitelmat?koulutus=maa2022sp&lk=s2022&alasiivu=opintojakso&oj=LM00DP75_fi).
3. Bloomin taksonomia. Taustaa ajattelutaidoille. ACTS-hanke – Välineitä ajattelun arviointiin. Turun yliopisto. Hakupäivä 25.4.2022. <https://sites.utu.fi/acts/taustaa-ajattelutaidoille/bloomin-taksonomia/>.

## Työelämän aiheiden hyödyntäminen biotalouden opinnoissa

*Argologiopiskelijoilta valmistuu erinomaisia biotalouden liiketoimintamalleja. Oamkin ja yhteistyökumppaneiden hankkeet sekä yritykset tarjoavat toimeksiantoja ja ideoita kehitetään opintojaksolla. Tavoite on saada toimeksiantoja yhä enemmän Oamkin ulkopuolelta ja vakiinnuttaa yrityskummitoimintaa.*

Biotalouden kehittämisen opintojaksolla työsteetään Oamkin hankkeista saatuja toimeksiantoja. Tarkoituksena on vakiinnuttaa toimeksiannot työelämälähtöisiksi ja seuraavissa toteutuksissa aiheita halutaan myös Oamkin ulkopuolelta. Toki hankkeidenkin toimeksiannoissa on jo työelämä mukana, mutta tarkoituksena on vakiinnuttaa työelämän rooli niin sanottuna kummitoimintana vieläkin kiinteämmin osaksi opintojaksoa.

Visiona on saada työelämältä toimeksiantoja, joita ratkaistaan opiskelijalähtöisesti. Toimeksiantajia pyritään sitouttamaan pysyvämmiin: seuraavan kerran opintojakson toteutuessa olisivat sama tai samat kummit uusine toimeksiantoineen mukana.

Kummitoimintapilotti aloitettiin KASVU-hankkeelta saadusta aiheesta ”Biohiiltä sivuvirroista”. KASVU – Kasvua ja liiketoimintaa kiertotaloudesta Pohjois-Pohjanmaalla -hanke auttaa yrityksiä kehittämään uusia kiertotalouteen pohjautuvia liiketoimintaratkaisuja, tuotteita ja palveluita. Siinä jaetaan hyväksi testattuja b2b-käytäntöjä resurssitehokkuuden kehittämiseen ja jätevirtojen minimointiin. Lisäksi jaetaan tietoa potentiaalisista liikeideoista sekä kasvatetaan uusiin kiertotalouden liiketoimintamalleihin ja tuotteistamiseen liittyvää osaamista. Yrityksiä autetaan kiertotalouteen liittyvien haasteiden ratkaisemisessa. Esimerkkinä on jättepohjaisten materiaalien tuotteistukseen tarvittava erikoisosaaminen.

Opintojaksolla opiskelijat syventyvät biotalouteen. Opintojakso on kehittämisskursseja, jonka jälkeen opiskelija tuntee biotalouden arvoketjujen keskeiset tuoteprosessit ja kykenee osallistumaan asiantuntijana markkinalähtöisten pienen mittakaavan biojalostamo-konseptien kehittämiseen. Opintojakson sisältönä ovat mikro-pk-tason biojalostamot, päätuotteet ja sivuvirtojen tuotteistamisvaihtoehdot, tuoteprosessit ja teknologiat, liiketoimintamallit sekä tki-toiminta ja yrityspalvelut.

Yksi tapa jaotella biotalous helpommin ymmärrettäviin osiin on käyttää värejä kuvaamaan biotalouden eri sektoreita. Suomen taloudelle merkittävin on vihreä biotalous, jota kutsutaan myös

metsäbiotaloudeksi. Siihen kuuluu erilaisia teollisuuden ja tuotannon aloja sekä toimintoja, jotka pohjautuvat puuhun tai metsiin. Opiskelijaryhmille valikoituneista toimeksiannoista kolme liittyi metsätalouteen ja yksi biokaasun liikennekäytön edistämiseen.



Kuva 1. Biohiili.

### Opintojaksolla kehitettyjä liiketoimintamalleja

#### Biohiiltä sivuvirroista

(Tekijät: Anni Aalto, Anssi Hangasvaara, Eveliina Kangas, Susanna Ylittervo)

Tavoitteena oli selvittää rakentamisessa syntyvän lajitellun purkupuun, viherrakentamisessa syntyvän puutarhajätteen sekä yhdyskuntalietteen käytömahdollisuuksia biohiilen raaka-aineena.

Biohiiltä valmistetaan biomassasta erilaisilla pyrolyysiprosesseilla, jolloin biomassan sisältämä kiinteä hiili ei pääse karkaamaan hiilidioksidina ilmakehään, vaan siitä tulee biohiiltä. Biohiili hillitsee ilmastomuutosta, jos se varastoidaan maaperään pois hiilen nopeasta kierrosta.

Ryhmä esitteli mainituille raaka-aineille soveltuvia termisiä käsittelytekniikoita sekä raaka-aineiden laatuvaatimuksia. Selvityksen mukaan paras biohiilen valmistustekniikka on hidas pyrolyysi: sillä saadaan korkea hiilisaanto ja haitta-aineet poistuvat tehokkaasti. Lisäksi selvitettiin biohiilen käyttömahdollisuuksia muun muassa kasvualustoissa,



kompostoinnin tukimateriaalina ja biokaasun tuotannossa. (1.)

### Turvetuotannosta metsäenergiantuotantoon siirtyminen

(Tekijät: Reetta Liimatainen, Topi Puurunen, Jesse Parvinen, Teppo Ala-Kasari)

Energiantuotanto elää jatkuvassa muutoksessa. Ilmaston lämpenemisen keskeisiä aiheuttajia ovat fossiiliset polttoaineet. Kiristyneiden ilmastotavoitteiden vuoksi turpeen poltosta on tullut taloudellisesti kannattamatonta. Tavoitteena oli esittää vaihtoehtoja turvetuotannosta metsäenergiantuotantoon siirtymiseksi ja tukea Oulun alueen turveyrittäjien siirtymistä turvesoilta metsään. Työssä esitellään esimerkkirytyksen avulla laskelma sekä kerrotaan erilaisista metsäenergiantuotannon prosesseista ja laitteista. (2.)

### Tuhkan käyttö metsälannoitteena

(Tekijät: Reetta Paavola, Taru Suvanto, Heidi Valius)

Lannoitukseen hyödynnettävää puu- ja turvetuhkaa syntyy lähes 600 000 tonnia vuodessa ja sitä hyödynnetään 10 000–15 000 hehtaarin pinta-alalla. Tuhkalannoitusta käytetään pääasiassa turvemaidella ja sen onkin todettu vähentävän kunnostusojitusten tarvetta ja parantavan turvemaiden vesitasapainoa, jolloin puuston kasvu ja haihdutuskyky lisääntyvät. Näin sillä voidaan myös edistää vesiensuojelua metsätaloudessa. Tuhkalannoituksesta saatava hyöty on nähtävissä vuosikymmenten ajan. Tuhkan käyttöä voidaan lisätä myös kivennäismailla, kun sitä on ensin terästetty typpeä lisäämällä.

Tuhkalannoituksella on myös monia hyviä puolia kiertotalouden kannalta. Voima- ja lämpölaitosten tuhka ja sen mukana olevat ravinteet saadaan uudelleen kiertoon typpeä lukuun ottamatta. Näin

voidaan merkittävästi vähentää kemiallisten lannoitteiden käyttöä. Tuhka ei myöskään päädy jätteeneksi, vaan takaisin kiertoon ja hyötykäyttöön. (3.)

### Biokaasun käytön edistäminen liikenteessä

(Tekijät: Klaudia Kajava, Heidi Koivumäki, Tiamaaria Karjalainen, Sara Klemola)

Tehtävänä oli pohtia tekijöitä, jotka edistäisivät biokaasun käyttöä tieliikenteessä. Viidesosa Suomen päästöistä aiheutuu liikenteestä, josta maantieliikenteen osuus on noin 94 %. Biokaasu polttoaineena on vielä melko tuntematon. Tietoisuutta biokaasun eduista tulee lisätä ja päästömittauksia tehdä niin, että tulokset ovat todellisia. Tällä hetkellä biokaasuautonkin päästöt mitataan pakoputken päästä, eikä polttoaineen alkuperää uusiutuvana energiana oteta huomioon.

On olemassa taksisovelluksia, joilla matkustajan pitäisi jatkossa pystyä valitsemaan biokaasuauto. Taksimatkan päätteeksi asiakas saisi yhteenvedon matkan päästöistä ja kustannuksista sekä vertailun muihin polttoaineisiin. Biokaasumainontaa tankkausasemilla voitaisiin kehittää. Bussit olisivat hyvä paikka kertoa esimerkiksi, että biojätteestä tuotetaan biokaasua. (4.)

### **Lähteet**

1. Suomen Biohiilyhdistys 2021. Biohiilen asialla. Hakupäivä 22.11.2021. <https://www.suomenbiohiili.fi/>.
2. Sitra. Turpeen rooli ja sen käytöstä luopumisen vaikutukset Suomessa. Hakupäivä 2.11.2021. <https://www.sitra.fi/julkaisut/turpeen-rooli-ja-sen-kaytosta-luopumisen-vaikutukset-suomessa/>.
3. Tuhka osana kestävää liiketoimintaa – Opas tuhkan tuottajille ja käyttäjille. 2021. Tapion raportteja 42. Tapio Oy.
4. Liikenne- ja viestintäministeriö 2021. Fossiilittoman liikenteen tiekartta lausunnoille – kolme vaihetta kohti ilmastoystävällistä liikkumista. Hakupäivä 1.11.2021. <https://www.lvm.fi/-/fossiilittoman-liikenteen-tiekartta-lausunnoille-kolme-vaihetta-kohti-ilmastoystavallista-liikkumista-1251809>.

## Uusia tuulia robotiikan englannin opiskeluun H5P-oppimisalustalla

*Rokka-hankkeessa tavoitteena on ollut kehittää englanninkielisen robotiikka-alan sanaston hallintaa itseoppimistehtävien avulla. Moodle-oppimisympäristö on ollut käytössä pitkään ammattikorkeakoulun opetuksessa muun muassa etäopetusalustana. Moodlen uusien H5P-ominaisuuksien ansiosta tehtävistä on mahdollista tehdä entistä monipuolisempia, kiinnostavampia ja interaktiivisempia. Tässä artikkelissa kerrotaan kokemuksia ja annetaan esimerkkejä siitä, millaisia työkaluja H5P:stä löydettiin robotiikan tehtäviä varten.*

Oulun ammattikorkeakoulun toteuttaman Rokka – Rohkeutta yhteistoiminnalliseen robotiikkaan -hankkeen tavoitteena on lisätä tutkimus- ja koulutushenkilöstön ja pk-yritysten yhteistyörobotiikan osaamista Pohjois-Pohjanmaalla. Hankkeen aihe on tärkeä, koska yhteistyörobotiikka on kehittyvä trendi valmistavassa teollisuudessa. Hanke alkoi vuonna 2019 ja päättyi toukokuussa 2022. Se on saanut rahoitusta Vipuvoimaa Eu:lta ja Euroopan Sosiaalirahastosta. Tuen myöntäjänä toimii Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus.

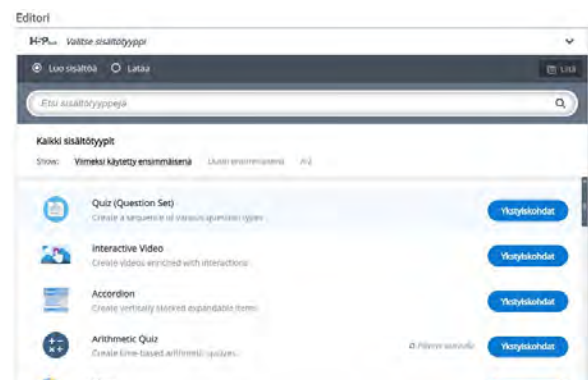
Robotiikan ammattislangi on käytännössä englanninkielistä, ja pystyäkseen perehtymään alan ammattikirjallisuuteen täytyy hallita alalla käytetyt termit. Niiden oppiminen on suhteellisen vaativaa, koska oppijan täytyy tuntea paitsi englanninkieliset erikoistermit, myös robotiikan tekniikkaa. Koska robotiikan termistöä ei käytetä eikä tulla hyvin todennäköisesti koskaan käyttämäänkaan suomeksi nykyisessä globaalissa ympäristössä, termien hallitseminen englanniksi on olennainen osa robotiikan osaajan ammattitaitoa. Sen takia Rokka-hankkeeseen on integroitu englannin kielen opiskelun osuus, jonka tavoitteena on robotiikan keskeisten ammattitermien oppiminen.

Koska englannin osuus toteutetaan etänä, oppimisympäristöksi valikoitui Oamkin jo pitkään käyttämä Moodle. Vaikka Moodlella on kattava valikoima erilaisia tehtävämalleja, ne sisältävät vain vähän kielten opiskeluun sopivia interaktiivisia suullisia ja kuunteluharjoituksia. Tästä syystä hankkeessa haluttiin kokeilla uusien H5P-ominaisuuksien soveltumista robotiikan englannin itseopiskeluun.

### H5P oppimisalustana

H5P on html5-pohjainen sovellustyökalu, joka voidaan integroida useisiin eri alustoihin kuten Moodleen. H5P:n sisältö on Moodleella kohdassa *Luo oppimisaktiviteetti*, josta valitaan *H5P Interaktiivinen sisältö*. Työkalun alla on kattava valikoima erilaisia harjoitusaktiviteetteja, joista on saatavilla

dokumentointi ja esimerkit siitä, miten niitä käytetään.



Kuva 1. H5P-työkalun harjoitusaktiviteetteja.

Kielenopetuksen näkökulmasta H5P-oppimisalusta tarjoaa uudenlaisia ja vaihtelevia itseoppimismahdollisuuksia ammattitermien opiskeluun. Perinteisesti itsenäisen oppimisen tehtävät ovat olleet lähinnä kirjallisia tehtäviä, joita on vaivannut yksitoikkoisuus, vuorovaikutteisuuden puute ja ääntämisharjoittelun vähäisyys. Tämän takia Rokka-hankkeessa innostuttiin siitä mahdollisuudesta, että H5P voisi tarjota entistä kiinnostavampia ja monipuolisempia itseoppimisen menetelmiä.

Rokka-hankkeen englanninkielisissä tehtävissä hyödynnettiin Lean Robotics -teosta, joka on opetusmateriaalina opintojaksossa Robotiikan syventävät opinnot (5 op).

### Esimerkkejä robotiikkatehtävistä

Yksi tehtävätyyppi oli robotiikka-aiheisten virkkeiden kuunteleminen ja kirjoittaminen sanelun mukaan. Ohjelma reagoi vastauksiin ilmoittamalla virkeistä. Virkkeet tehtävään saneli englannin kielen opettaja.



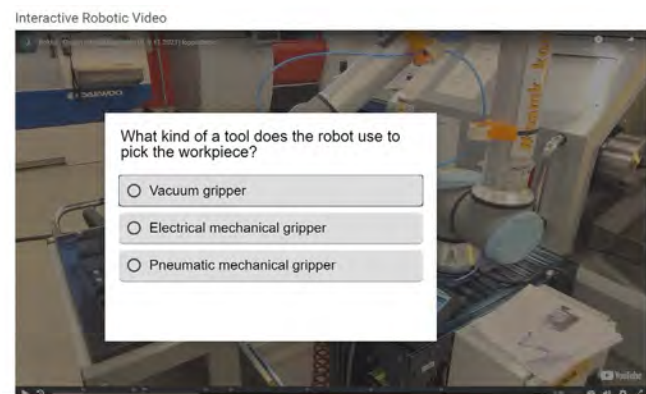
Kuva 2. Saneluharjoitus, jossa kirjoitetaan ylös robotiikka-aiheisia virkeitä.

Yhdessä harjoituksessa on kuva robottisolusta, ja opiskelijan tehtävä on raahata oikeille paikoilleen sanat, joita käytetään robottisolun osista.



Kuva 3. Raahaa ja pudota -tyyppinen tehtävä, jossa pitää tunnistaa robottisolun osien englanninkieliset nimet.

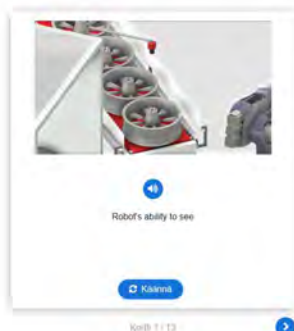
Videoharjoituksessa käynnistetään nauhoite, jolla robotti suorittaa tehtävää. Videon edetessä ruutuun ilmestyy sisältökysymyksiä monivalintamuotoisina. Väärin vastattaessa ohjelma antaa selityksen, miksi vastaus ei ollut oikein.



Kuva 4. Aktiviteetti, jossa videon edetessä vastataan sisältökysymyksiin.

Flip cards -tehtävässä annetaan kortteina robotti-aiheisten termien määritelmiä ja opiskelijan pitää tietää, mitä termiä tarkoitetaan. Oikea termi tulee näkyviin kortin kääntöpuolella.

Robotic flip cards



Kuva 5. Flip cards -aktiviteetti, jossa harjoitellaan robotiikan termejä.

## Kokemuksia H5P-tehtävistä

Käytetty H5P-työkalu tarjoaa uuden tavan lähestyä puhutun kielen opettamista itsenäisten harjoitusten avulla. Työkalun helppokäyttöisyys mahdollistaa tehokkaan äänitiedostojen nauhoittamisen ja lisäämisen Moodle-tehtävän osaksi.

Tavoitteena ollut puhutun englannin hyödyntäminen tehtävissä täyttyi kuitenkin vain osin. Yrityksenä oli toteuttaa tehtäviä, joissa opiskelija keskustele videolla puhuvan henkilön kanssa ja antaa vastauksensa puheena. Tällä hetkellä vaihtoehtoina ovat vain videoon päälle tulevat tehtävämuodot: oikein/väärin, monivalinta, kysymyssarja, pudota ja päästä, merkitse kirjaimet ja täytä puuttuvat sanat. Vaikka näillä työkaluilla saadaan tuotettua kattavia tehtäviä, puheentunnistimen toiminnassa havaittiin kehitettävää. Huolimattomasti puhuttuna tunnistin saattoi olla hyvinkin tarkka ääntämisestä, jolloin opiskelija saattaa turhautua liian jyrkästä arvioinnista.

Virtuaalisen itseopiskelun lisääntyessä entisestään tulevaisuudessa uskomme Moodlen H5P-tehtävien tarjoavan hyvän mahdollisuuden itsenäisten tehtävien vuorovaikutuksellisuuden lisäämiseen kielten opiskelussa.



Robotic vocabulary - pronunciation

Read the sentences out loud

Robots are used to automate tasks.

Virtuaalinen kielten opiskelu

Read the sentences out loud

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Robots are used to automate tasks.

Kuva 6. Lukutehtävä, jossa puheentunnistin tunnistaa opiskelijan ääneen sanoman virkkeen ja ilmoittaa virheistä sekä oikean vastauksen.

## Lähteet

Bouchard, Samuel. Lean Robotics. A Guide to Making Robots Work in Your Factory. Hakupäivä 13.5.2022. <https://leanrobotics.org/>. Vaatii kirjautumisen.

## Sähköistä hydrauliiikan koulutussisältöä uudistuvalla auto- ja työkonealalle

*Auto- ja työkonetekniikan nopean kehityksen myötä alan ammattilaiset tarvitsevat jatkokoulutusmahdollisuuksia. Sähköiset oppimisympäristöt mahdollistavat opetuksen järjestämisen joustavasti myös etänä. eMobiili-hankkeessa kehitettiin opinnäytetyönä mobilehydrauliikan sähköinen oppimisympäristö, jota on hyödynnetty pilottikursseilla.*

Digitalisaation ja uusien teknisten ratkaisujen kehitys on ollut viime vuosikymmeninä erittäin voimakasta kaikilla teknisillä osa-alueilla, mikä on osaltaan vaikuttanut myös erilaisten opetusmetodien käyttöönottoon (1). Teknologioiden, autojen ja työkoneiden kehittyminen on iso osa nykyistä kehityskulttuuria, jonka hallitsemiseen tarvitaan jatkuvasti lisää uusia osajia.

Oulun ammattikorkeakoulun koordinoima eMobiili-hanke (2) tarjoaa koulutussisältöä uudistuvalla auto- ja työkonealalle, kehittää alueellista osaamista ja tarjoaa jatkokouluttautumismahdollisuuksia autoalan ammattilaisille. Hanke toteutetaan yhteistyössä Oulun yliopiston ja Oulun seudun ammattipiston kanssa.

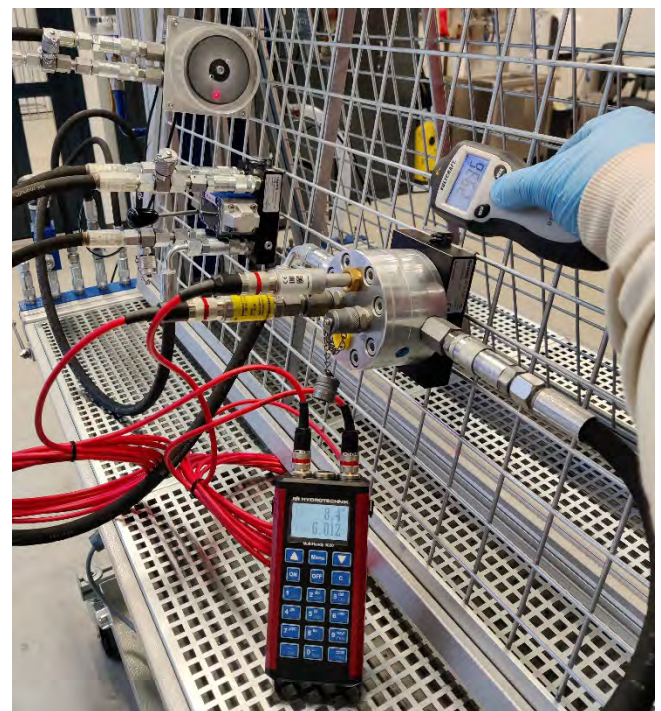
eMobiili-hankkeen kurssit on suunnattu työttömille ajoneuvoalan pohjakoulutuksen saaneille henkilöille, opetus- ja tutkimus- sekä pk-yritysten henkilöstölle. eMobiili-hanke on osa isompaa työkone-tekniologioiden kehittämiseen liittyvää hankeperhettä.

Oulun ammattikorkeakoulun tilaamassa opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin eMobiili-hankkeeseen kuuluva mobilehydrauliikan eli liikkuvan kaluston hydrauliiikkaan liittyvä sähköinen oppimisympäristö (3). Mobilehydrauliikan pilotointikurssi on osa hanketoimintaa. Pilotointikurssia tullaan hyödyntämään myös Oulun ammattikorkeakoulun auto- ja työkonealan opetuksessa.

### Mobilehydrauliikan verkko-oppimisympäristö

Mobilehydrauliikka-kurssi sisältää nimensä mukaisesti liikkuvan kaluston eli pääasiassa työkoneiden hydrauliiikkaan liittyvää oppimissisältöä. Kurssi on Moodle-verkko-oppimisympäristöllä laadittu opintokokonaisuus, johon on koottu kaikki kurssilla tarvittavat materiaalit. Oppimisympäristöstä löytyvät tukit ja oppimateriaalit, harjoitustentit ja palautelomakkeet. Oppimisympäristöllä pääsee millä tahansa verkkoon yhdistetyllä laitteella, joten Moodle-oppimisympäristöstä löytyvät opetusmateriaalit ovat PowerPoint-esityksiä, jotka sisältävät hydrauliiikan teoriaa ja niihin liittyviä

mahdollistaa kurssin järjestämisen sekä etä- että lähiopetuksena. Etäopetuksen apuna käytetään Zoom- tai Teams-sovellusta. Opetushuoneen linkki on Moodle-oppimisympäristöllä.



*Kuva 1. Hydraulimootorin kierrosnopeuden mittaus laserin avulla sekä paineen ja tilavuusvirran mittaus (Joel Turpeinen).*

Kurssille osallistuva pääsee opiskelemaan hydrauliiikkaan liittyviä lainsäädännöllisiä asioita, hydrauliiikan perusteita, hydrauliiikassa käytettäviä matemaattisia suureita ja yksiköitä, peruslaskutoimituksia, hydrauliiikan käyttökohteita, komponentteja, piirrosmerkkejä ja rakenteita, sähköhydrauliiikkaa sekä muita hydrauliiikan sovelluksia. Materiaaleissa tutustutaan muun muassa sylintereiden, moottorien, pumppujen ja erilaisten venttiilien toimintaan ja rakenteisiin. Teoriaosoiden vastapainoksi opiskelija pääsee simuloimaan hydrauliiikan toimintaa Auto- ja työkonetekniikan laboratorion hydrauliiikkasimulaattorilla.

Moodle-verkko-oppimisympäristöstä löytyvät opetusmateriaalit ovat PowerPoint-esityksiä, jotka sisältävät hydrauliiikan teoriaa ja niihin liittyviä

harjoitustehtäviä. Moodle-alustalle on lisättävissä videoita, kuvia sekä esimerkiksi harjoitustenttejä. Kurssin harjoitustenttien aikana opiskelija hyödyntää tuki- ja oppimateriaaleja. Opiskelija saa suorituksestaan palautteen heti. Harjoitustentit koostuvat pääasiassa monivalinta-, täydennys-, yhdistämis- tai esseekysymyksistä.

### **Teoriaosioiden vastapainoksi opiskelija pääsee simuloimaan hydraulikan toimintaa Auto- ja työkonetekniikan laboratorion hydraulikkasimulaattorilla.**

Kurssia varten luotiin kyselylomakkeet, joiden avulla kurssin opetustapaa ja sisältöä voidaan räätälöidä tarpeen mukaan. Kurssikyselyiden avulla selvitetään koulutusjaksolle osallistuvien henkilöiden oppimistaustaa ja kehitystä. Kurssikyselyt ovat sähköisesti Moodle-verkko-oppimisympäristössä täytettäviä lomakkeita.

### **Etäopetus osaksi arkea**

Keväällä 2020 kiihtynyt koronaepidemia vaikutti omalta osaltaan voimakkaasti koulutussisältöjen uudistamiseen. Etäopetustilanteista tuli arkipäivää, ja oppilaitosten oli pakko ottaa sähköisiä oppimistyökaluja monipuolisemmin käyttöön. Viimeisten parin vuoden aikana koulutusjärjestelmät ovat kehittyneet voimakkaasti, joten poikkeusolojen voidaan sanoa olleen läpimurto sähköisille ja etänä suoritettaville opintoprosesseille. Mobilehydrauliikka-kurssi on yksi vaihtoehtoinen tapa suorittaa opinnot täysin etänä.

Ensimmäiset mobilehydraulikan pilotointikurssit järjestettiin keväällä 2022. Mobilehydrauliikka 1 -koulutuspilotointi toteutettiin lähiopetuksena yhteistyössä Koulutuskuntayhtymä OSAOn (4) kanssa. Koulutuksessa opiskeltiin hydraulikan

perusteita, piirrosmerkkejä ja yleisimpien komponenttien rakenteita. Lisäksi perehdyttiin hydraulijärjestelmien mitoituksiin, ohjauksiin ja säätöihin sekä vianetsintämenetelmiin.



Kuva 2. Mobilehydraulikan koulutuspilotointi OSAOlla keväällä 2022 (Pyy Peussa/ OSAO).

Ensimmäisestä mobilehydraulikan koulutuspilotoinnista saatiin osallistujilta erinomainen palaute ja tämän pohjalta syksyille 2022 suunnitellaan Mobilehydrauliikka 2 -koulutusta, jossa opittuja asioita syvennetään entisestään ja kehitetään opiskelijoiden osaamista hydraulikan käytönaikaisissa mitauksissa ja vikadiagnostiikassa.

### **Lähteet**

1. Koiranen, Ilkka, Räsänen, Pekka & Södegård, Caj 2016. Mitä digitalisaatio tarkoittaa kansalaisen näkökulmasta? *Talous ja yhteiskunta*, 3/2016, s. 24–29. Palkansaajien tutkimuslaitos.
2. Oulun ammattikorkeakoulu. eMobiili. Hakupäivä 23.5.2022. <https://www.oamk.fi/fi/tutkimus-ja-kehitys/tki-ja-hanketoiminta/emobiili>.
3. Turpeinen, Joel 2021. Mobilehydrauliikka-oppimisympäristön suunnittelu ja toteutus. Oulun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 16.5.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/498374>.
4. Koulutuskuntayhtymä OSAO. Hakupäivä 23.5.2022. <https://www.osao.fi/>.

## Biel/Bienne - kansainvälinen opettajavaihto osana opetuksen kehittämistä

*Oamkin sähkö- ja automaatiotekniikan ja konetekniikan osaston opettajista yliopettaja Tauno Jokinen, lehtori Anu Tammela ja lehtori Matti Rahko ovat käyneet Sveitsissä Biel/Biennessä kansainvälisessä opettajavaihdossa vuosien 2021 ja 2022 aikana. Tässä artikkelissa esitellään kokemuksia kevään 2022 kansainvälisestä opettajavaihdosta.*

Vuosien 2021 ja 2022 aikana Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan kansainvälinen opettajavaihto on suuntautunut Sveitsin Biel/Bienne-nimiseen kaupunkiin paikallisen koulun kutsusta.

Sveitsi ei kuulu Erasmus-vaihto-ohjelman maihin, joten Sveitsiin lähdettäessä tuli tehdä erillinen sopimus Swiss-European Mobility Programin kautta. Helmikuussa Sveitsissä purettiin laajoja matkustus- ja koronarajoituksia, mikä nopeutti matkajärjestelyjen tekemistä.

Oulusta Biel/Bienneen pääsee kätevästi lentämällä Helsingin kautta Zürichiin. Zürichistä matkustetaan junalla Biel/Bienneen reilussa tunnissa. Julkisissa kulkuvälineissä, kuten lentokoneessa, junassa ja busseissa, kasvomaskin käyttö oli edelleen pakollista, muualla niitä ei enää tarvittu.



Kuva 1. Maskien käyttö oli pakollista junissa, muttei kauppoissa.

Rautatieasemalla Biel/Biennessä meitä oli vastaanottamassa HFTM-koulun kansainvälinen koordinaattori Urs Schild. Hän ja koko muu opettajakunta toivottivat meidät koululla lämpimästi tervetulleiksi kansainväliseen opettajavaihtoon. Sveitsiläisessä opettajahuoneessa oltiin hyvin kiinnostuneita ja vieraanvaraisia vaihto-opettajia kohtaan.

### Opettaminen Sveitsissä

HTFM-oppilaitoksen uusi, viime vuonna valmistunut kampus sijaitsee kaupungin välittömässä läheisyydessä. Samassa rakennuksessa toimii myös

Switzerland Innovation Park -tutkimuslaitos. Kyseinen laitos tarjoaa Oamkin konetekniikan vaihtoopiskelijoille harjoittelupaikkoja. Kuluvana keväänä kolme Oamkin konetekniikan opiskelijaa suorittaa Innovation Parkissa opintoihin kuuluvaa projektiharjoittelua. Harjoittelun jälkeen heillä kaikilla on tavoitteena jatkaa opinnäytetöiden tekemistä Biel/Biennessä. Matkan aikana pääsimme tapaamaan ja keskustelemaan näiden tulevaisuuden insinöörien kanssa, jotka ovat kansainvälistyneet nopeilla askelilla.

Uuden rakennuksen tilat ovat avarat ja valoisat. Ne on selkeästi rakennettu opetustarkoitukseen käyttäen apuna uusinta teknologiaa.



Kuva 2. Opetus käynnissä.

Opettaminen suomalaisena Sveitsissä ei juurikaan eroa opettamisesta Oamkissa. HFTM-koulun erikoisuutena on antaa opetusta kahdella kielellä, koska kaupunki on virallisesti kaksikielinen. Opiskelijat HFTM-koulussa ovat joko saksan- tai ranskankielisiä, joten sveitsiläiset opettajat pitävät opitunnit molemmilla kielillä. Opetusmateriaalin on myös oltava molemmilla kielillä, jotta opiskelijat pystyvät seuraamaan opetuksen kulkua helposti. Näiden kahden kielen lisäksi Sveitsin jokaisessa kantonissa on oma murteensa, ns. swiss-german, jonka oppiminen on haastavaa. Osa opiskelijoista on kotoisin vuorilta, joissa on lisäksi omat murteensa.

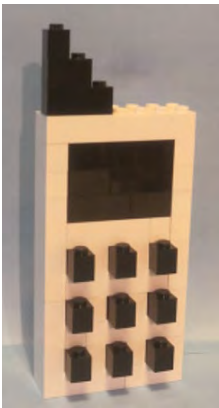
Opettaessamme havaitsimme, että HTFM-koulussa ja Oamkissa on käytössä sama Moodle-opetusala. Paikallista opetusta seuraamalla

saimme uusia ideoita, miten Moodlea voitaisiin hyödyntää lisää opetuksessa ja koetilanteissa.

Opiskelijat jakautuvat kahteen eri koulurakennukseen ja kaupunkiin siten, että toisessa opiskelevat kokopäiväiset opiskelijat ja toisessa, viereisessä kaupungissa opiskelevat osa-aikaiset opiskelijat. Koronan vaikutus oli vielä nähtävissä opiskelussa, sillä muutamia opiskelijoita oli kotona koronakaranteenissa. Oppitunteja ei kuitenkaan pidetä enää etäopetuksena, koska 95 % opiskelijoista osallistuu jo lähiopetukseen.

Pidimme luentoja kahdelle opiskelijaryhmälle kolmena päivänä. Opetuksemme ensimmäisellä luenolla esittelimme opiskelijoille yleisesti Suomea, Oulua, suomalaista kulttuuria ja yrityksiä. Opiskelijat kuuntelivat tarkkaavaisesti esitystä, sillä osa näistä opiskelijoista tulee Ouluun tekemään loppuytöitä.

Pääteemana pitämillämme luennoilla oli Lean-johdaminen ja Lean-menetelmät.



Kuva 3. LEGO-puhelin. ©Tauno Jokinen

Osalla opiskelijoita oli jo aiempaa osaamista Leanista työkokemuksen tai opintojen kautta. Luennoilla tarjosimme heille syventävää oppia Leanin merkityksestä tuotannon kehittämisessä, hukkan poistamisesta ja virtaustehokkuuden parantamisesta. Luentojen yhteydessä järjestimme käytännön harjoituksia, jotta Lean-menetelmien käyttöä saadaan konkretisoitua paremmin. Käytännön harjoitteissa teetimme opiskelijoilla 5S-numeropelin ja matkapuhelimen kokoonpanon tehostamisharjoituksen Lean-menetelmiä soveltaen. Apuna harjoituksessa käytimme suomalaista lego-matkapuhelinta ©Tauno Jokinen. Opiskelijat osallistuivat innolla käytännön harjoituksiin. Opiskelijat myös kyselivät rohkeasti harjoituksiin ja luentoihin liittyvistä aiheista.

## Biel/Biennen kaupunki

Biel/Bienne on perustettu vuonna 1275, ja se sijaitsee Biel-järven rannalla. Kaupungin nimi on kaksi-osainen, koska kaupunki on virallisesti kaksikielinen.



Kuva 4. Bielersee, jonka rannalla Biel/Bienne sijaitsee.

Kaupungin tasolta pääsee nousemaan 880 metrin korkeuteen funikulaarilla Magglingenin alueelle, jossa sijaitsee muun muassa Sveitsin hiihdon olympiajoukkueen harjoittelualue.



Kuva 5. Funikulaari Biel/Bienne – Magglingen.

Sveitsissä kevät oli hyvää vauhtia etenemässä ja lämpötila vaihteli 10–15 asteen välillä, joten sitä myöten ilme oli keväinen.

## KV-opettajavaihto kokemuksena

Kansainvälinen opettajavaihto on kokemuksena kannustava ja aktiivisesti innostava. Suosittelemme opettajavaihtoa mahdollisimman monelle opettajalle, sillä me opettajat olemme elinikäisiä oppijoita ja haluamme antaa opiskelijoille esimerkin kansainvälistymisestä. Ensi syksynä HTFM-koulun kv-kontakti ja opettaja Urs Schild tulee vastavuoroisesti Oamkiin opettamaan. Näin saadaan kansainvälistä opettajavaihtoa kehittymään vahvaksi yhteistyöksi kahden oppilaitoksen välillä.

## Lietteensiirtosäiliön suunnittelu ja teknisen laskennan merkitys

*Harri Kiiskilä on opinnäytetyössään antanut erinomaisen näytön koneensuunnittelun osaamisestaan ja nykyaikaisten suunnittelutyökalujen hallinnasta. Opinnäytetyö sisältää koneensuunnittelun keskeiset elementit: 3D-suunnittelua, statiikan tarkastelua, lujuusopillista laskentaa ja FEM-mallintamista. Poikkeuksellisen konkreettinen työ on viety maaliin asti eli asiakkaalle toimitetuksi tuotteeksi.*

Harri Kiiskilä teki opinnäytetyönsä Agronic Oy:lle, joka kehittää ja valmistaa muun muassa lietelannan kuljetuksiin ja levittämiseen koneita ja laitteita. Lietekalustot ovat usein erikoisvalmisteisia, ja kokonaisuudet suunnitellaan tilauksien mukaisesti. Opinnäytetyönä suunniteltiin erikoisvalmisteinen lietteensiirtosäiliö asiakkaan omaan traktorin perävaunun alustaan. (1.)



Kuva 1. Lietteensiirtovaunu (lähde: Agronic).

### Irrotettava lietesäiliö

Alusta oli asiakkaan itsensä valmistama, joten sen rakenne oli uniikki. Tästä johtuen säiliörakenne räätälöitiin alustalle sopivaksi eikä toista täysin samanlaista tultane valmistamaan. Monikäyttöisen alustan ja päällysrakenteiden tuli olla irrotettavissa toisistaan. Tämä mahdollistaa alustan käytön eri käyttötarkoituksiin. Työssä suunniteltu säiliökin oli saatava irrotettua omien seisontajalkojensa varaan.

**Ilman teknistä laskentaa lietteensiirtosäiliöstä olisi voinut tulla vaarallinen käyttää ja säilyttää.**



Kuva 2. Monikäyttöinen omavalmisteinen perävaunun alusta.

Säiliön tilavuuden tuli olla 20 000 litraa, ja sen rakenteisiin tuli sijoittaa Agronic Oy:n aikaisemmin suunniteltuja laitteita, kuten pumppukuormain ja purkupumppu. Pumppukuormaimella lietelanta saadaan pumpattua säiliöön ja purkupumpulla liete pumpataan säiliöstä ulos. Siirtosäiliöllä lietelanta voidaan levittää suoraan peltoon. Lietelanta voidaan viedä myös pelloilla oleviin erillisiin etäaltaisiin, joista se myöhemmin levitetään pelloille.

### Suunnittelua ja teknistä laskentaa

Suunnittelutyössä käytettiin Autodesk Inventor 3D-suunnitteluohjelmistoa. Työssä pääpaino oli teknisessä laskennassa. Laskentaa tehtiin PTC Mathcad Prime -ohjelmalla. Se on matemaattinen laskentaohjelma, jolla laskelmat saadaan samalla asianmukaisesti dokumentoitua. Laskelmat lisättiin opinnäytetyön raporttiin liitteinä (1). Rakenteiden kestävyyttä simuloitiin myös Autodesk Inventorilla. Työssä tarkasteltiin etenkin tukijalkojen jännityksiä ja pumppukuormaimen kiinnityksen kestävyyttä.

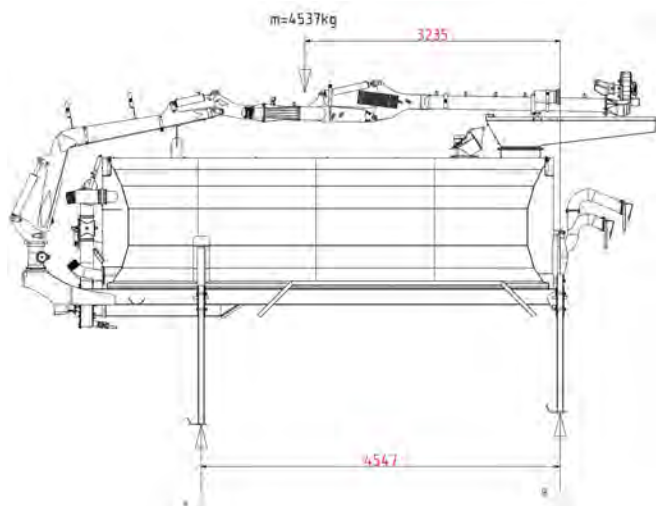
Teknisessä laskennassa keskityttiin staattisiin ja lujuusopillisiin laskelmiin. Tasapainolaskelmissa määritettiin vetoaisan kytkentäkohtaan kohdistuva kuorma ja tukijalkoihin kohdistuvia kuormia. Vetoaisan kytkentäkohtaan saa Liikenne- ja turvallisuusvirasto Trafín mukaan kohdistua enintään



4 000 kg:n kuorma (2), ja tämä oli kuorman sijoittelun lähtökohta. Aisakuormaa voidaan muuttaa siirtämällä säiliön massakeskipistettä alustassa eri paikkaan. Siirtämällä säiliörakennetta alustalla taaksepäin kytkentäkohtaan kohdistuva kuorma kevenee ja vastaavasti siirtämällä rakennetta eteenpäin aisakuorma kasvaa. Lietevaunujen suunnittelua ohjaa konedirektiivin lisäksi lietevaunujen C-tyyppin standardi SFS-EN 707:2018:en (3).

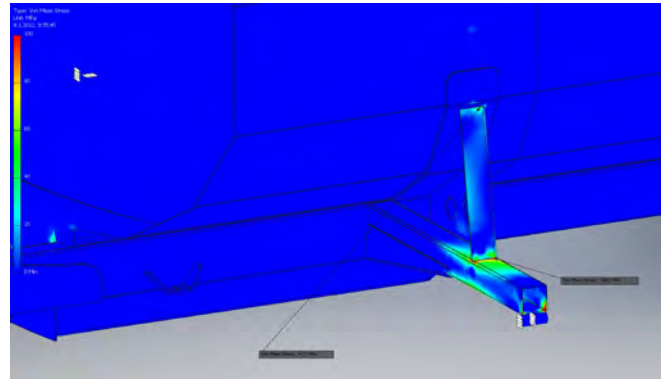
## Turvallisia tuloksia

Tukijalkoja säiliöön laitettiin kaksi eteen ja kaksi taakse. Säiliön etuosa on painavampi, joten jalkojen lujustarkastelussa otettiin huomioon etujalkoihin kohdistuva kuorma. Pystyjalkojen profiiliksi valittiin neliönmuotoinen putkipalkki, jolle tehtiin kuormituksen mukainen nurjahdustarkastelu. Kun saumamaiseen kappaleeseen kohdistuu riittävän suuri voima, sauva nurjahtaa. Tätä ei tietenkään haluttu, ja laskelmat osoittivatkin, että valittu putkipalkki kestää sille tulevat kuormitukset.



Kuva 3. Lietesäiliön seisontajalkojen sijoittelu.

Irrotettavat seisontajalat ovat L:n muotoisia, ja ne menevät vaakasuuntaisten kiinteiden putkipalkkien sisään. Näihin vaakapalkkeihin kohdistuu taivutusta, ja niiden kestävyys laskettiin lujuusopin mukaisesti. Laskemien mukaan taivutusjännitykset ovat pieniä käytettävän materiaalin lujuuteen nähden, joten valittu putkipalkki kestää siihen kohdistuvat kuormitukset.



Kuva 4. Säiliön etujalkojen kiinnityskohdan rakenne ja jännityshuipput.

Kun säiliö suunniteltiin 3D-suunnitteluohjelmalla, voitiin rakenteiden kestävyyttä simuloida myös elementtimenetelmällä. Työssä simuloitiin jalkojen kiinnityksien kestävyyttä ja pumppukuormaimen kiinnityksen kestävyyttä. Jalkojen kiinnityksiä säiliörakenteeseen kehitettiin simulointitulosten perusteella ja näin kiinnityksistä saatiin kestävät ja turvalliset. Simuloinnin tuloksena myös pumppukuormaimen kiinnitys tulisi kestäväksi.

Lopputuloksena saatiin asiakkaan toiveiden mukainen lietteensiirtosäiliö, joka valmistettiin kesällä 2021. Säiliö on jo käytössä, ja asiakas on ollut siihen tyytyväinen. Työ osoitti teknisen laskennan merkityksen insinööriyössä. Ilman teknistä laskentaa lietteensiirtosäiliöstä olisi voinut tulla vaarallinen käyttö ja säilytystä.

## Lähteet

1. Kiiskilä, Harri 2022. Lietesäiliön suunnittelu asiakkaan alustalle. Oulun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 23.2.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202202042109>.
2. Trafi Liikenteen turvallisuusvirasto 2015. TRAFI/26407/03.04.03.00/2015. Hakupäivä 17.10.2021. [https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1447242896/4062457994fae19cbc7d86aeb978670e/18997-26407-2015\\_traktorimaarays.pdf](https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1447242896/4062457994fae19cbc7d86aeb978670e/18997-26407-2015_traktorimaarays.pdf).
3. SFS-EN 707:2018:en. Agricultural machinery. Slurry tankers. Safety. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 3.12.2021. <https://sales.sfs.fi/fin-dex/tuotteet/SFS/CEN/ID2/7/729974.html.stx>. Vaatii käyttöoikeuden.

## Miten takaisinmallinnetaan Creaform HandySCAN 3D -käsiskannerilla?

*Artikkeli esittelee takaisinmallinnuksen pääpiirteet uuden Creaform HandySCAN 3D -käsiskannerin kannalta. Skannerin luomia korkealaatuisia tiedostoja pienennetään ennen suunnitteluohjelmiin siirtämistä erilaisissa mesh-tiedostojen muokkaukseen tarkoitetuissa jälkikäsitelyohjelmissä. 3D-skannausten käsittelyyn käytettiin suunnitteluohjelmia kuten SolidWorksia, Inventoria ja Fusion 360:tä. Tutkimuksen yhteenvetona selvisi kokonaisuudessaan skannerin luomien tiedostojen jälkikäsiteltävyys eri suunnitteluohjelmilla ja se, mitä toimintoja tiedostoille on suoritettava ennen kuin saadaan lopullinen 3D-malli valmiiksi.*

Oulun ammattikorkeakoulun Käypi-hankkeeseen toteutetussa opinnäytetyössä selvitettiin, mihin uuden teknologian käsiskanneri kykenee takaisinmallinnuksessa (Reverse Engineering). Takaisinmallinnuksen avulla pyritään jonkin skannatun pinnan tai esineen uudelleen mallintamiseen eri suunnitteluohjelmia apuna käyttäen. Käypi-hankkeen käsiskanneri oli täysin uusi Oamkin käytössä, joten olemassa olevaa vertailtavaa dataa ei ollut.

Creaform HandySCAN 3D -käsiskanneri on laserilla toimiva skanneri, joka kykenee skannaamaan kappaleita helposti ja nopeasti huoneen olotiloista riippumatta. Laser mahdollistaa skannerin toiminnan pimeissäkin tiloissa. Sen toimintaa ei myöskään rajoita kiiltävät pinnat. HandySCAN 3D -käsiskannerilla voidaan skannata kappaleita, jotka ovat minimissään kooltaan 5 cm ja maksimissaan 4 m. Creaformin valmistama jälkikäsitelyohjelma sisältyy mukaan skannerin pakettiin. Tämä ohjelma on nimeltään VXelements. Ohjelma sisältää skannausten jatkojalostusta varten olevan VXmodelin ja mittaustarkkuuksien tarkastelua varten suunnitellun VXinspectin. (Kuva 1.)

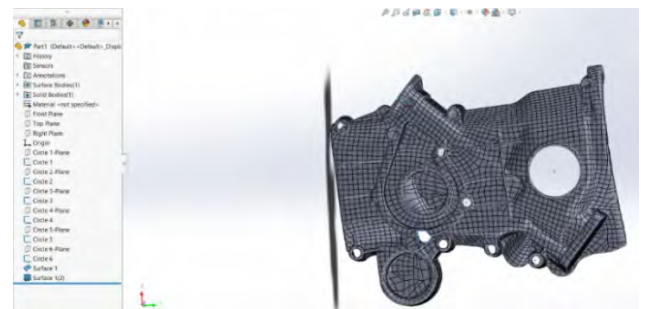


Kuva 1. Creaform HandySCAN 3D -käsiskanneri.

### Käsiskannerin käyttöönotto

Tutkimustyö aloitettiin tutustumalla itse käsiskanneriin ja sen ominaisuuksiin. 3D-käsiskannerin käyttöä ja ominaisuuksia kokeiltaessa ilmeni, kuinka tarkkoja skannaukset oikeasti ovat.

Käsiskanneri kykenee hyvin kaappaamaan halutusta kohteesta kaikki sen muodot, joten takaisinmallinnusta tehtäessä jokainen tärkeä muoto on varmasti tallessa. 3D-käsiskanneri luo mesh-tiedostoja skannauksista. Mesh-tiedostot ovat tiedostoja, jotka sisältävät kaiken skannatun datan kappaleesta kolmiogeometriaa. Kolmiogeometriaa voidaan muokata suoraan VXmodelissa ja sen avulla pyritään saamaan eri suunnitteluohjelmissä aukeavia tiedostoja. VXmodel tarjoaa ominaisuuksien skannatun kappaleen pinnasta kaapattujen muotojen muuttamiseen suoraan esimerkiksi SolidWorksin käyttöön. Tämä ominaisuus muuttaa tärkeimmät valitut pinnat suoraan sketseiksi, joita voidaan työstää takaisinmallinnuksessa. (Kuva 2.)



Kuva 2. SolidWorksiin tuotu skannaus VXmodelista.

Creaform HandySCAN 3D -käsiskanneri luo skannatuista pinnoista tai kappaleista niin sanottuja surface modeleita. Ne ovat vain "veistoksia" kappaleesta, eikä niitä voi suoraan jälkikäsitellä suunnitteluohjelmilla. Skannatut tiedostot on tuotava ulos Creaformin ohjelmasta ja vietävä jälkikäsitelyyn eri ohjelmiin, jotta mesh-tiedostojen kolmiogeometriaa saataisiin vähennettyä huomattavasti. Erillisten jälkikäsitelyohjelmien tuoma etu verrattuna Creaformin omaan ohjelmaan on se, että näitä ohjelmia käytettäessä ja kolmiogeometriaa vähennettäessä skannatusta kappaleesta tai pinnasta ei katoa laadullisesti sille tärkeitä muotoja.

## Jälkikäsitteily eri ohjelmissa

Mesh-tiedostot ja 3D-skannaus ovat olleet olemassa jo kauan, joten eri jälkikäsitteilyyn tarkoitettuja ohjelmia löytyy lukuisia. Opinnäytetyön yhteydessä jälkikäsitteilyyn käytettiin pääsääntöisesti kahta ohjelmaa, jotka ovat Autodeskin valmistamia ja nimeltään Meshmixer ja ReCap Photo. Molemmat ohjelmat ovat ilmaisia. Meshmixer toimii erillisenä projektina Autodeskin tuella ja ReCap Photo virallisesti Autodeskin valmistamana.

Meshmixer ja ReCap Photo ovat molemmat tehokkaita työkaluja kolmiogeometriaa sisältävien tiedostojen korjaamiseen ja niiden koon vähentämiseen. Molemmista ohjelmista löytyy mahdollisuus muokata skannattuja tiedostoja, jos skannauksen aikana on sattunut kappaleen pintaan muodostumaan ei-haluttuja virheitä, kuten reikiä tai rakoja. Ohjelmien hyötynä on myös skannattujen tiedostojen kolmiogeometrian vähentäminen, joka suoraan pienentää tiedostokokoa huomattavasti ja auttaa tiedostoja helpommin avautumaan eri suunnitteluohjelmissa ilman, että tapahtuu laadullisia menetyksiä tärkeille muodoille. (Kuva 3.)

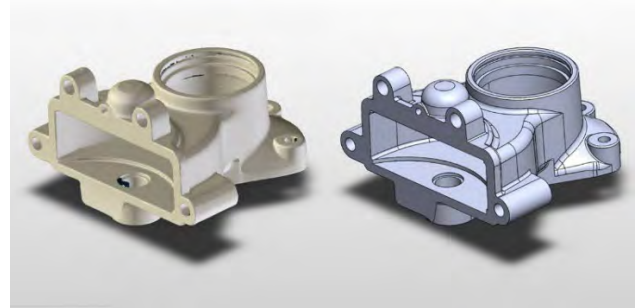


Kuva 3. Meshmixerin yleisnäkymä.

## Muokkaaminen suunnitteluohjelmissa

Suoritettujen toimenpiteiden jälkeen eri jälkikäsitteilyohjelmien avulla voidaan tiedostot siirtää paremmin suunnitteluohjelmien käytettäväksi. Työssä käytettiin apuna Oamkin kautta saatuja suunnitteluohjelmia, joita olivat SolidWorks, Inventor ja Fusion 360. Näistä helppokäyttöisimmät mesh-tiedostojen muokkaukseen ovat Autodeskin valmistamat Inventor ja Fusion 360, sillä ne sisältävät valmiit työkalut meshien muokkaukseen. SolidWorks kykenee myös aukaisemaan eri kolmiogeometriaa omaavia tiedostoja, mutta niiden käytettävyys takaisinmallinnuksessa ei ole kovin hyvä. SolidWorksin etuna ovat lukuisat eri ilmaiset tai maksulliset lisäosat. Näistä lisäosista esimerkkinä on suoraan 3D-skannattujen tiedostojen

muokkaamista varten suunniteltu XTract3D. XTract3D on Polygan valmistama lisäosa, jonka myötä eri mesh-tiedostoja voidaan takaisinmallintaa eri piirrosten avulla skannatun datan muotoja apuna käyttäen. Takaisinmallinnus eri suunnitteluohjelmissa onnistuu toki ilman lisäosiäkin, mutta on työläämpää. (Kuva 4.)



Kuva 4. XTract3D:n avulla luotu SolidWorks-malli, jossa skannattu data vasemmalla ja mallinnus oikealla.

## Tutkimuksen yhteenveto

Tutkimustyön tuloksena saatiin selville Creaform HandySCAN 3D-käsiskannerin luomien tiedostojen käytettävyys eri suunnitteluohjelmien kanssa suoraan ja tieto siitä, mitä jokaiselle tiedostolle suositellaan tehtäväksi ennen takaisinmallinnusta. 3D-skannaus nykyteknologialla on vielä uutta, joten vielä ei ole olemassa yksinkertaista tapaa suoraan skannerin nappaamasta kuvasta luoda mallinnuksia tai piirustuksia eri suunnitteluohjelmiin. Mesh-tiedostojen takaisinmallinnus tarkoituksiin vaaditaan hyvät 3D-suunnitteluohjelmien käyttötaidot. Todennäköisesti tulevaisuudessa käsiskanneista saatu data on jo siinä muodossa, että se on käytettävissä suoraan eri suunnitteluohjelmissa.

Takaisinmallinnuksella tavoitellaan käytännön hyötyä erityisesti tuotannon käynnissäpidon kannalta. Useinkaan ei ole käytettävissä alkuperäisiä työpiirustuksia tai toimittaja ei ole niitä edes antanut. Kun tehdään luotettava ja tarkka 3D-skannaus verastosuhteissa ja valmistetaan uusi tuote tilalle alkuperäisten mittojen mukaan, saadaan nopeutettua koneiden ja laitteiden tuotannollista tehokkuutta. Samoin voidaan ennakoivasti valmistaa etukäteen osia koneisiin ja laitteisiin, joihin kohdistetaan korjaavat toimenpiteet vuosihuolloissa.

## Lähteet

Smeds, Eerik 2021. 3D-mittausdatan muuttaminen CAD-tiedostoksi. Oulun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 16.5.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/463469>.

## Tehomuuntajan relesuojaus ja sen todentaminen

*Energiamurros luo painetta Suomen sähköverkon siirtokapasiteetin ja toimitusvarmuuden kehittämiseksi. Kantaverkon pääsiirtoyhteyksiä ja sähköasemia vahvistetaan ja lisätään. Uusilla sähköasemilla otetaan käyttöön nykyaikaista relesuojaustekniikkaa. Tehomuuntaja on sähköaseman kallein ja keskeisin yksittäinen komponentti, joten sen suojaukseen on syytä erityisesti panostaa. Opinnäytetyössä konfiguroitiin tehomuuntajan suojausalueen testauslaitteelle koestusohjelma, jonka avulla todennettiin, että tehomuuntajan suojaus toimii virheettömästi sähköverkon vikatilanteissa.*

*Työn toimeksiantaja oli Enersense Oyj.*

Relesuojaustekniikka on kehittynyt 2000-luvulla muun tekniikan mukana huomasti. Vanhoista reletyypeistä ollaan luopumassa vanhojen sähköasemien saneerausten myötä. Uudet prosessoripohjaiset releet tarjoavat monipuolisten suojausasetteluvaihtoehtojen lisäksi useita menetelmiä, joilla kerätään sähköjärjestelmän tilaa koskevaa informaatiota. Uudet releet ovat monimutkaisia ohjelmoitavia laitteita, joiden asetteluarvojen suunnittelu, konfigurointi ja toiminnan testaus vaativat erityisosaamista.

Suojareleiden toiminta perustuu sähköverkon suureiden mittaamiseen. Mittamuuntajat muuttavat suojattavan järjestelmän virrat ja jännitteet releille sopiviksi. Rele suorittaa mitattujen suureiden perusteella monimutkaisia laskutoimituksia ja vertaa tuloksia releen asetteluarvoihin. (Elovaara & Haarla 2011, 334–335.)

### Tehomuuntajan relesuojaus

Tehomuuntajan relesuojauksessa on otettava huomioon useita tärkeitä seikkoja. Relesuojauksen on toimittava riittävän herkästi, jotta mahdolliset vikatilanteet eivät aiheuta sähköverkkoon pitkiä käyttökeskeytyksiä. Suojauksen pettäminen voi johtaa pahimmassa tapauksessa verkon suurhäiriöön ja muuntajan tai sähkölaitteiden tuhoutumiseen. Toisaalta relesuojauksen liian herkkä toiminta voi aiheuttaa sähköverkkoon turhia käyttökeskeytyksiä, jolloin sähkön toimitusvarmuus heikentyy.

**Relesuojauksen pettäminen voi aiheuttaa sähköverkon suurhäiriön ja miljoonahingot.**

Sähköverkon relesuojaus suunnitellaan selektiiviseksi, mikä tarkoittaa, että suojaus erottaa sähköverkosta vain vikaantuneen osan tai komponentin. Näin pienennetään vikakeskeytysten vaikutus-alueita.

Nykyaikaisten releiden monipuolisten asetteluominaisuuksien ansiosta selektiivisyys on helposti saavutettavissa. Vastuu selektiivisyyden toteutumisesta jää asetteluarvojen laskijalle, verkosto-suunnittelijalle ja releen testaajalle.

Tehomuuntajan pääsuojalaite on differentiaalirele. Se mittaa suojattavan kohteen läpi menevän sähkövirran suuruutta. Jos differentiaalirele havaitsee suojattavaan kohteeseen menevän ja sieltä lähtevän virran suuruudessa riittävän suuren eron, rele toimii ja antaa avauskäskyn suojattavan kohteen katkaisijoille. Differentiaalireleen suojausalue rajoittuu suojauskohteen virtamuuntajien väliselle alueelle.

Differentiaalireleen lisäksi muuntajan suojaukseen käytetään muitakin reletyyppejä. Näitä ovat muun muassa ylivirta- ja nollavirtarele. Ylivirtarele suojaa muuntajaa ylikuormitukselta ja toimii differentiaalireleen varasuojana. Nollavirtarele toimii maasulkusuojana ja varasuojana.

Yksi valmistaja on tuonut markkinoille kuvan 1 mukaisen uuden suojauskokonaisuuden, johon voi integroida differentiaali-, ylivirta- ja nollavirtatoiminnot sekä monia muita suojaustoimintoja. Releen asettelussa ja huolellisessa testaamisessa on noudatettava erityistä huolellisuutta.



Kuva 1. Siemens Siprotec 5 7UT86 -differentiaalirele (Siemens 2021).

Sähköisten suureiden mittauksiin perustuvien suo-  
jien lisäksi muuntajissa käytetään myös muun-  
tyyppisiä suoja, esimerkiksi kaasureleitä ja muun-  
tajan käämin yllämpötilan havaitsevia lämpöre-  
leitä. Myös nämä laitteet irrottavat toimiessaan  
muuntajan sähköverkosta, jotta vältetään suurilta  
vaurioilta.

## Relesuojauksen testausprosessi

Ennen suoja-releen käyttöönottoa on sen läpäis-  
tävä testausprosessi. Siinä varmistetaan, että rele  
toimii siihen konfiguroitujen asettelu-arvojen mukai-  
sesti. Lisäksi testataan, että releen johdotus ja vir-  
tapiirit on kytketty oikein. Testaajalta edellytetään  
sähköverkkoteorian ja relesuojauksen osaamista.

### Ennen suoja-releen käyttöönottoa on sen läpäistävä testausprosessi.

Releiden testaamiseen käytetään ohjelmoitavaa  
testauslaitetta, jolla voidaan syöttää releelle erilai-  
sia vikatilanteita vastaavia virtoja ja jännitteitä.  
Testauslaite tallentaa releen toiminnan eri vikati-  
lanteissa I/O-liityntöjen avulla. Valmis testiohjelma  
toimitetaan tilaajan tarkastettavaksi.

Ennen kuin suoja-releet toimitetaan tilaajalle, niille  
tehdään tehdastestit, joissa releiden suojaustoi-  
minnot testataan riittävällä tarkkuudella järjestel-  
män tilaajan valvomana. Tehdastesteissä on

tärkeää löytää suurimmat puutteet ja virheet, jotta  
niiden aiheuttamat toimenpiteet eivät vaikuta pro-  
jektin aikatauluun.

Tilaajan hyväksynnän jälkeen releet toimitetaan  
sähköasemalle asennettavaksi varsinaiseen käyt-  
tökohteeseensa. Siellä releille tehdään suppeam-  
mat testit ja varmistetaan relekaapista kenttälait-  
teille lähtevien virtapiirien oikea toiminta.

Onnistunut testausprosessi takaa suoja-releiden  
sujuvan käyttöönoton ja relesuojauksen oikean toi-  
minnan. Tärkeää on myös huolehtia testauksen  
valvonnasta ja tulosten raportoinnista.

## Lähteet

Elovaara, Jarmo & Haarla, Liisa 2011. Sähköverkot 2. Hel-  
sinki: Otatieto.

Siemens 2021. SIPROTEC 5 7UT82/85/86/87 Transformer  
Differential Protection – Brochure. Hakupäivä 30.5.2022.  
<https://new.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/protection-relays-and-control/siprotec-5/line-differential-and-distance-protection/line-differential-and-distance-protection-siprotec-7si86.html>.

Artikkeli perustuu opinnäytetyöhön

Pitkänen, Juha 2022. Muuntajan suoja-releen  
koestusohjelman kehittäminen. Oulun ammattikor-  
keakoulu. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-  
ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 27.5.2022.  
<https://www.theseus.fi/handle/10024/703604>.

## Polttoainevaraston sähkölaitteistojen tarkastukset ja mittaukset

*Ismo Riepula perehtyi opinnäytetyössään räjähdysvaarallisiin tiloihin sijoitettuja ja niihin tehoa syöttäviä sähkölaitteistoja koskeviin määräyksiin. Työssä koostettiin kattava tietopaketti lentopolttoainevarastojen sähkölaitteisiin ja -asennuksiin sovellettavista vaatimuksista. Tuloksia voidaan hyödyntää laitteistojen käyttö- ja ylläpitotoiminnassa sekä tarkastuksissa, joilla laitteiston kunto ja sähköturvallisuus todennetaan. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli kuopiolainen CMe Solutions Oy.*

Lentopolttoainevarastot ja niihin liittyvät prosessitilat luokitellaan pääosin räjähdysvaarallisiksi tiloiksi, joten niihin asennettuihin sähkölaitteisiin ja -asennuksiin kohdistuu erityisiä vaatimuksia. Ne on otettava huomioon sähköjärjestelmien suunnittelu- ja asennusvaiheen lisäksi myös käyttöön ja kunnossapitoon liittyvissä toiminnoissa.

### Sähkölaitteistojen tarkastuksilla todennetaan sähköturvallisuus

Sähkölaitteistojen tarkastuksilla, mittauksilla ja mahdollisilla testauksilla on tarkoitus varmistaa yleisesti kaikkien tarkastettavana olevien sähkölaitteistojen tekninen kunto ja sähköturvallisuus. Sähkölaitteiston haltijalle kuuluu vastuu huolehtia sähköturvallisuuden ylläpidosta sekä siitä, että kunnossapitoon ja tarkastuksiin liittyvät toimenpiteet tulevat suoritetuiksi määräysten mukaisesti. Varsinaisen työsuorituksen tekee yleensä joku muu kuin laitteiston haltija.

Sähkölaitteistojen tarkastamiseen ja tarvittavien mittauksien suorittamiseen lentopolttoainevarastossa liittyy monia lakeja, asetuksia, ohjeita ja standardeja. Näitä ovat esimerkiksi sähköturvallisuuslaki (1135/2016) ja valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä (1435/2016). Sovellettavat standardit on julkaistu Turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKESin luettelossa S 10 (Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit). Edellä mainituissa lähteissä määritetään määräajat tarkastuksien ja mittauksien suorittamiselle sekä vähimmäisvaatimukset tuloksille, havainnoinneille ja niiden dokumentoinnille. (D1-2017, 416; SFS-EN 60079-17:2014, 13.)

### Räjähdysvaarallisia tiloja koskevat erityisvaatimukset

Räjähdysvaarallisia tiloja ja niissä työskentelyä sekä niiden sisältämiä laitteita koskevat myös useat eri direktiivit, lait, asetukset ja ohjeet. Näitä ovat esimerkiksi ATEX-työolosuhdedirektiivi (1999/92/EY) ja laitteita koskeva ATEX-

lainedirektiivi (2014/34/EU). Edellä mainituissa räjähdysvaarallisia tiloja koskevissa dokumenteissa esille tulevien asioiden tarkoituksena on vaarojen torjuminen, työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojaaminen sekä yleisen turvallisuuden ylläpitäminen ja vahinkojen estäminen. Kyseisissä dokumenteissa annetaan myös ohjeita ja määräyksiä räjähdysvaarallisten tilojen merkinnästä ja tilaluokituksista. Räjähdysvaarallisiksi luokiteltujen tilojen sisäänkäyntien yhteydessä on oltava muun muassa kuvan 1 mukainen varoitusmerkki, josta tunnistaa räjähdysvaarallisen tilan.



Varoitusmerkki on kolmion muotoinen ja siinä on mustat kirjaimet, keltainen tausta ja musta reunus. Keltaisen osuuden on peitettävä ainakin 50 prosenttia merkin alasta.

Kuva 1. Ex-tilojen varoitusmerkki (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015, 16).

### Työskentely räjähdysvaarallisissa tiloissa

Lentopolttoainevarastoon ja sen sähkölaitteistoihin liittyy räjähdysvaara, mikä on otettava huomioon kaikissa sähkölaitteistoissa suoritettavissa toimenpiteissä. Räjähdysvaarallisissa tiloissa sijaitsevat sekä kyseisiin tiloihin tehoa syöttävät sähköasennukset ja -laitteet sisältävät erikoisominaisuuksia, joiden avulla onnettomuusriski saadaan minimoitua.

Räjähdysvaarallisia tiloja koskevat erityisvaatimukset eivät kuitenkaan aina ole riittävässä määrin selvillä edes kaikilla sähköalan ammattihenkilöillä, jotka voivat joutua työskentelemään tiloissa. Sähköasennusten ja -laitteiden erikoisominaisuuksien säilyminen on kuitenkin ehdottoman tärkeää, jotta laitteiston turvallisuustaso säilyy suunnitellulla ja vaaditulla tasolla.

**Tiloja koskevat erityisvaatimukset eivät kuitenkaan aina ole riittävässä määrin selvillä edes kaikilla sähköalan ammattihenkilöillä.**

Pystyäkseen suoriutumaan räjähdysvaarallisten tilojen tarkastuksista ja mittauksista on niitä suorittavalla henkilöllä oltava riittävä osaaminen ja ammattitaito. Näistä pätevyysvaatimuksista on kerrottu tarkemmin muun muassa SFS-käsikirjassa 604-2:2021.

Tarkastuksien ja mittauksien suorittajalta voidaan työkohteen mukaan edellyttää myös työlupakäytännön noudattamista ja tiettyjen korttien voimassaoloa. Tällaisia kortteja ovat muun muassa työturvallisuuskortti, ensiapukortti sekä standardin SFS 6002 mukainen sähkötyöturvallisuuskortti.

**Räjähdyssuojasiasiakirja sisältää tilan keskeiset tiedot**

Jokaiselle työpaikalle on laadittava räjähdysuojasiasiakirja, mikäli siellä olevissa tiloissa voi toimintahäiriön tai normaalin toiminnan aikana muodostua räjähdyskelpoinen ilmaseos, kun käsitellään palavia nesteitä, kaasuja tai pölyjä. Räjähdyssuojasiasiakirja on oltava ajantasainen ja sitä on päivitettävä, jos jokin asia muuttuu olennaisesti.

**Toiminnanharjoittajan ja työnantajan on laadittava räjähdysuojasiasiakirja ennen laitoksen käyttöönottoa ja työn aloittamista.**

Räjähdyssuojasiasiakirjan tulee sisältää muun muassa tilapiirustukset tilaluokkatietoineen sekä

laiteluettelon, jotka ovat sähkölaitteistojen tarkastuksien ja -mittauksien suorittamisen kannalta oleellisia ja tarpeellisia. Edellä mainittujen tietojen lisäksi tarkastuksen suorittajalla tulee olla käytettävissä sähkölaitteistosta ajantasaiset piirustukset ja asiakirjat, joista käyvät ilmi tarkastettavan sähköjärjestelmän laajuus, rakenne ja aiemmin suoritettujen toimenpiteet. Mikäli näissä dokumenteissa havaitaan puutteita tai tarvittavat päivitykset ovat suoritettamatta, pitää asiasta huomauttaa kohteen vastuuhenkilöitä. Tarkastuksen suorittajan on kirjattava havaitsemansa puutteet laatimiinsa tarkastuspöytäkirjoihin. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015, 18–19.)

**Lähteet**

D1-2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2017. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo.

SFS-EN 60079-17:2014. Räjähdyssvaaralliset tilat. Osa 17: Sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito. 2014 Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015. Räjähdyssvaarallisten tilojen turvallisuus. Ohje. Hakupäivä 20.2.2022. <https://tu-kes.fi/documents/5470659/8293726/ATEX-opas.pdf/73c4dc8f-edbd-4c25-8ef9-6cfdef86717d/ATEX-opas.pdf?t=1526981160000>.

Artikkeli perustuu opinnäytetyöhön

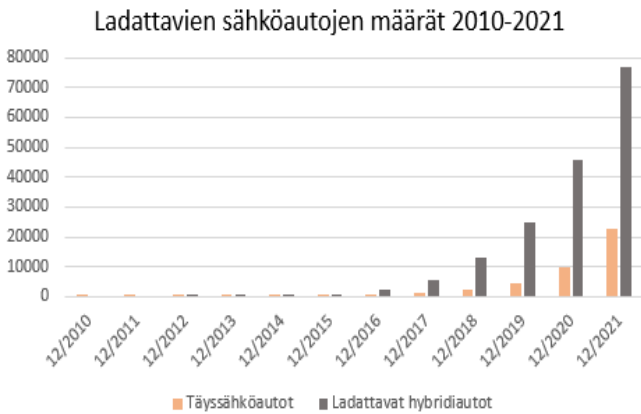
Riepula, Ismo 2022. Lentopolttoainevaraston sähkölaitteistojen tarkastukset ja mittaukset. Oulun ammattikorkeakoulu. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 27.5.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/746023>.

# Luotettavan latausjärjestelmän suunnittelu pysäköintihalliin

Sähköautojen lisääntyessä liikennekäytössä kasvaa myös niiden latauksen tarve. Latausjärjestelmän suunnittelussa pitää ottaa huomioon monia asioita, ja sähköautojen latauksen jatkuvan kehityksen takia vanhentunutta tietoa löytyy monesta paikasta. Sähköautojen latausjärjestelmän suunnittelua helpottaa yhteen koottu päivitetty tieto suunnittelusta ja siinä huomioonotettavista asioista. Sähkötekniikan insinööriopiskelija (AMK) Noora Punkeri työskentelee sähkösuunnittelijana opinnäytetyön toimeksiantajalla Sähkö-Arktia Oy:llä.

## Sähköautojen latauksen kysynnän kasvu

Kymmenen vuotta sitten Suomessa oli Autoalan tiedotuskeskuksen mukaan yhteensä 23 ladattavaa henkilöautoa liikennekäytössä, ja vuoden 2021 joulukuussa ladattavia sähköautoja oli liikennekäytössä melkein 100 000. Nämä luvut osoittavat sähköautoilun suosion nopean kasvun, ja tämän kasvun myötä myös ladattavien sähköautojen latauksen tarve kasvaa yhtä nopeassa tahdissa.



Kuva 1. Rekisteröidyt sähköautot liikennekäytössä (Autoalan Tiedotuskeskus 2022).

Lisäksi vuonna 2020 tuli voimaan 733/2020 laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. Laki velvoittaa rakentamaan uudisrakennuksiin latauspistevalmiuksia. Laki määrää, että uuteen rakennettavaan yhden tai useamman asuinrakennuksen pysäköintihalliin tulee suunnitella ja asentaa kaikkiin pysäköintipaikkoihin latausvalmius. Latausvalmius tulee rakentaa myös olemassa olevan pysäköintihallin kaikille pysäköintipaikoille kohteeseen suoritettavien laajamittaisten korjaustöiden yhteydessä.

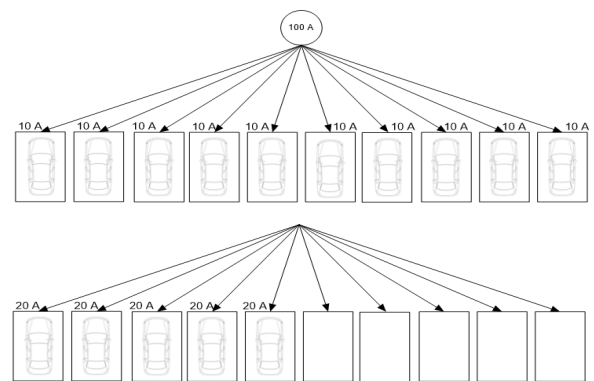
Latausvalmiudella tarkoitetaan valmiita kaapelireittejä ja putkituksia pysäköintipaikoille, jolloin tulevaisuudessa latausasemien kaapelointi ja asennus on nopeaa ja vaivatonta.

## Dynaaminen kuormanhallinta osana latausjärjestelmää

Kiinteistöjen sähköjärjestelmää suunniteltaessa ei ole välttämättä voitu varautua kaikkiin tulevaisuuden tehonkuluttajiin kiinteistöissä, jolloin jo olemassa olevat kaapelit, sulakkeet ja liittymä ovat rajoittavina tekijöinä sähköautojen latausjärjestelmälle. Tällöin kuormanhallinta mahdollistaa sähköautojen latauksen parhaimmillaan kaikille asukkaille ilman muutoksia olemassa olevaan sähköjärjestelmään eikä uudisrakennuksissa sähköjärjestelmää tarvitse mitoittaa tavallista suuremmaksi.

Kuormanhallinnalla tarkoitetaan järjestelmää, jolla voidaan hallita ja ohjata latausjärjestelmälle annettavaa virtaa. Ohjaus tapahtuu latausaseman ohjaussignaalia muokkaamalla eli kertomalla latausasemalle, paljonko virtaa on käytettävissä.

Dynaaminen kuormanhallinta voidaan toteuttaa joko antamalla latausasemille kiinteä enimmäisvirta-arvo, joka jaetaan latauksessa olevien ajoneuvojen kesken, tai vaihtoehtoisesti reaaliaikaisella virtamittauksella. Tällöin mitataan latausjärjestelmää syöttävän keskuksen sulakkeiden yli menevää virtaa ja sen tiedon perusteella jaetaan sillä hetkellä vapaana oleva teho latauksessa olevien ajoneuvojen kesken.



Kuva 2. Enimmäisvirta-arvon jakautuminen dynaamisella kuormanhallinnalla (Ensto).



## Latausjärjestelmän liittäminen taustajärjestelmään

Sähköautojen latausjärjestelmä voidaan haluttaessa liittää eri operaattoreiden hallinnoimiin taustajärjestelmiin. Taustajärjestelmä on pilvipohjainen työkalu, jonka avulla voidaan ohjata ja hallita kuormanhallintaa, hoitaa käyttäjän tunnistus ja laskuttaa käyttäjää yksittäisestä lataustapahtumasta. Taustajärjestelmä mahdollistaa latausasemien etähallinnan, joka on hyödyksi erityisesti julkisille latauspisteille, kun jostain syystä tai toisesta latausasema pitää saada käynnistettyä uudelleen tai latausta muuten hallinnoida manuaalisesti etäältä. Taustajärjestelmän avulla voidaan hoitaa käyttäjähallintaa, jolla saadaan rajattua tarvittaessa latauspisteiden käyttäjiä. Lisäksi taustajärjestelmä mahdollistaa latausjärjestelmän ja siihen kuuluvien latausasemien toiminnan seurannan raportoinnin huolto- ja ylläpitolokien avulla.

## Latausjärjestelmän oikeanlainen mitoitus lisää latauksen luotettavuutta

Latausjärjestelmän ja siihen kuuluvien latausasemien oikeanlaisella mitoituksella on suuri vaikutus latauksen luotettavuuteen. Mitoitukseen vaikuttavat latausasemien määrä ja ladattavilta ajoneuvoilta vaadittavat toimintasäteet.

Latauspisteiden pienimmäksi lataustehoksi on määritelty standardissa 6 ampeeria, mutta monet ajoneuvot eivät pysty käynnistämään latausta näin pienellä latausteholla. Lämpötilalla on myös heikentävä vaikutus ajoneuvon akuston kykyyn vastaanottaa lataustehoa. Tällöin kylmällä säällä lataustehoa kuluu latauksen lisäksi myös ajoneuvon akuston lämmitykseen. Varsinkin dynaamista kuormanhallintaa käytettäessä pitää ottaa huomioon, että latausasemat ovat valmiita pudottamaan lataustehon 6 ampeeriin. Jotta voidaan varmistaa kaikille lataajille sujuva ja toimiva lataus, latausasemat kannattaakin mitoittaa vähintään 16 ampeerin yksivaiheiselle latausvirralle.

## Latausasemien kaapelointivaihtoehdot pysäköintihalleissa

Pysäköintihalliin latausjärjestelmän rakentaminen eroaa muista kohteista eniten kaapelireiteiltään. Pihalla tai katoksissa sijaitseville pysäköintipaikoille syöttökaapeli kuljetetaan joko kokonaan tai osittain uppoasennuksena suoraan maassa tai putkessa. Pysäköintihalleissa taas kaapelia

kuljetetaan keskukselta latausasemille kaapelihyllyillä ja seiniä pitkin.



Kuva 3. Latausjärjestelmän kaapelointi pysäköintihallissa.

Markkinoille on tullut myös vaihtoehtoisia ratkaisuja sähkösyöttöön latausasemille perinteisen keskitetyn kaapeli- ja hyllyjakelun tilalle. Esimerkkeinä voidaan ottaa WAGO-lattakaapelijärjestelmä ja Schneider Electricin Canalis-jakelukisko.

## Opinnäytetyöhön pohjautuminen

Tämä artikkeli perustuu opinnäytetyöhön, jonka aiheena oli sähköautojen lataus ja latausinfra rakennus taloyhtiön pysäköintihalliin. Työ oli rajattu koskemaan henkilöautojen latausta yksityisissä pysäköintihalleissa, ja työssä pääpaino oli nimenomaan latausinfra suunnittelu peruslatausta tukevilla latausasemilla. Tähän vaikuttaa se, että Suomessa on liikennekäytössä melkein kolminkertainen määrä hybridaajoneuvoja verrattuna täyssähköautoihin eivätkä monet hybridit tue tasasähköllä toimivaa pikalatausta. Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin selvitys, jota voidaan käyttää tulevaisuudessa pysäköintihallien sähköjärjestelmän karitoituksessa ja latausinfra suunnittelun tukena.

## Lähteet

Autoalan Tiedotuskeskus 2022. Liikennekäytössä olevien ladattavien henkilöautojen määrä. Hakupäivä 11.4.2022.

[https://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/sahkoautojen\\_maaran\\_kehitys](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys).

Ensto. Sähköautojen latausjärjestelmien huomioiminen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa. Hakupäivä 11.4.2022.

<https://www.ensto.com/globalassets/whitepapers/suunnitteli-janopas-sahkoautojen-latausjarjestelmat.pdf>.

Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio-ohjausjärjestelmillä 733/2020. Hakupäivä 11.4.2022.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/2020073>.

Punker, Noora 2022. Sähköautojen latausinfra suunnittelu pysäköintihalliin. Oulun ammattikorkeakoulu. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 15.2.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/703766>.

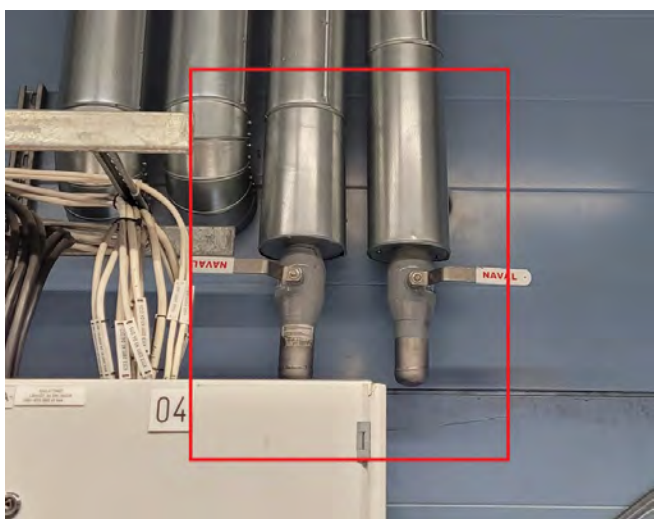
Sähköinfo Severi 2021. ST-kortti 51.90. Sähköautojen lataaminen ja latauspisteiden toteutus. Hakupäivä 11.4.2022 <https://severi.sahkoinfo.fi/item/3937>. Vaatii lisenssin.





Kuva 2. Toinen tarkastelluista öljykäyttöisistä ilmanlämmittimistä  
Kuva: Atte Kangas.

Lämmitykseen käytetty öljymäärä vastaa kustannuksiltaan noin 100 000 € vuodessa. Viimeaikaisen öljynhinnan kehityksellä kustannus voi nousta helposti 150 000 € vuodessa. Kohteiden liittäminen kaukolämpöverkkoon osoittautui suhteellisen helppoksi. Tämä johtuu pääosin siksi, että etäisyys olemassa olevista kaukolämpöputkista on aika lyhyt ja myös siksi, että toisessa kohteessa oli etukäteen varauduttu toimenpiteeseen valmiilla putkiyhteillä lämmönjakokeskuksessa (kuva 3).



Kuva 3. Lämmönjakokeskuksessa olevat putkivaraukset. Kuva: Atte Kangas.

Tutkittujen kohteiden hiilidioksidipäästöt tulevat vähenemään yli 200 tonnia vuodessa. Kannattavuuslaskelmien perusteella investoinnin todettiin olevan erittäin kannattava eli takaisinmaksuaika on hyvin lyhyt.

## Yhteenveto ja johtopäätökset

Kaivostoiminnan ympäristöystävällisyys on usein asenne- ja arvokysymys. Monella kaivoksella suunta on oikea, mutta töitä ympäristön eteen on tehtävä. Kaivosten ympäristöystävällisyyden säännöt ja säädökset muuttuvat vuosi vuodelta tiukemmiksi, mikä on hyvä asia. Pitää kuitenkin muistaa, että aina voi myös ennakoida. Kaivosyhtiötkin voivat tehdä ympäristötekoja ja vihreitä hankkeita jo ennen kuin sitä niiltä vaaditaan.

Tuloksista havaitaan, että pienillä teoilla voidaan saada isoja muutoksia aikaan (1.). Teollisuudessa hukkalämpöä syntyy usein, ja sen käyttökohteita ja hyödyntämistä tulee miettiä. Yrityksissä kannattaa myös valmistautua näihin muutoksiin myös teknisesti. Kittilän kaivoksella varauduttiin ennakolta hyvin tuleviin muutoksiin jättämällä uusille kohteille valmiita putkivarauksia sekä johtamalla kaukolämpöjohtdot sopivasti uusien kohteiden läheisyyteen.

Opinnäytetyön tulokset osoittavat, että polttoainelämmitteiset kohteet kannattaa liittää tehtaan päästöttömään kaukolämpöverkkoon. Vuodessa takaisin saatavan kertainvestoinnin jälkeen vuosittainen säästö hukkalämmön käytöstä polttoöljyn sijaan olisi vähintään 100 000 €. Lisäbonuksena tulee vielä hiilidioksidipäästöjen väheneminen ja vihreämpi maine.

## Lähteet

1. Atte Kangas, 2022. Kaukolämpöverkon laajentaminen polttoainelämmitteisiin kohteisiin Kittilän kaivoksen rikastamolla. Oulun ammattikorkeakoulu. Energiatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 31.5.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/748716>
2. Agnico Eagle Finland 2017. Prosessikaaviot. Sisäinen intranet.

# Ympäristöluokituksella hyötyä rakennushankkeelle

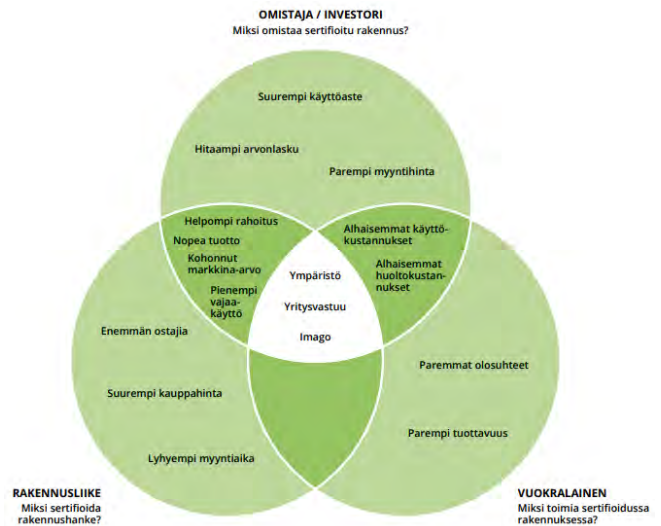
*Ympäristöluokitusjärjestelmät perustettiin työkaluiksi kiinteistöille mittaamaan niiden ympäristötehokkuutta sekä mahdollistamaan eri kiinteistöjen vertailtavuutta keskenään. Sertifiointin oleellisena osana on ulkopuolisen tahon arviointi, jolla varmistetaan rakennuksen tarkoituksenmukainen suunnittelu, rakentaminen ja toiminta. Sertifiointi parantaa yrityksen imagoa, osoittaa yritys vastuuta ja vaikuttaa myönteisesti ympäristöön.*

Suomessa tunnettuja ympäristöluokitusjärjestelmiä on muun muassa LEED, BREEAM, Joutsenmerkki ja RTS-ympäristöluokitus. LEED ja BREEAM ovat kansainvälisesti tunnettuja sertifikaatteja. LEED on yhdysvaltalainen ja BREEAM on Iso-Britanniasta. RTS-ympäristöluokitus ja Joutsenmerkki on suunniteltu huomioiden suomalaiset käytännöt. RTS-ympäristöluokitus on suomalainen ja Joutsenmerkki on pohjoismainen. [1]

Ympäristöluokitukset tarjoavat kukin tietyille rakennustyypeille soveltuvia luokitusjärjestelmiä. Luokitukset soveltuvat pääosin uudis- ja peruskorjaushankkeille, kuten kouluille, toimistoille ja kerrostaloille. LEEDillä ja BREEAMilla on huomattavasti enemmän sovelluksia eri rakennustyypeille kuin RTS:llä ja Joutsenmerkillä. Jokaisella luokituksella on käytössä omat arviointimenetelmät sekä vaatimukset, jotka liittyvät esimerkiksi energiatehokkuuteen, sisäilmastoon, päästöihin ja kierrätykseen. LEED-, BREEAM- ja RTS-luokituksilla rakennukset saavat tietyn luokitustason saavutettujen pisteiden perusteella. (2)

Ympäristöluokituksista hyötyy niin rakennuksen omistaja, rakennusliike kuin vuokralainenkin. Sertifiointin avulla on esimerkiksi helpompi saada rahoitus rakennusprojektille. Lisäksi saavutettu ympäristöluokitus osoittaa rakennuksen ympäristömyönteisyyden ja nostaa täten rakennuksen imagoa. Kuvasta 1 nähdään tarkemmin sertifiointin hyötyjä. (1)

**Ympäristöluokituksesta hyötyy niin rakennuksen omistaja, rakennusliike kuin vuokralainenkin.**



Kuva 1. Sertifiointin hyödyt (1).

## Esiselvitys ympäristöluokituksista

SSA:n VALO Hotel & Work -rakennushankkeille selvitettiin sopiva ympäristöluokitus. VALO on hotellin ja toimistotilojen yhdistelmä, ja sen tavoitteena on muun muassa nostaa kiinteistön käyttöastetta. Selvityksessä perehdyttiin neljään eri ympäristöluokitukseen: LEED, BREEAM, RTS-ympäristöluokitus ja Joutsenmerkki. (2)

Sertifiointiprosessi aloitetaan esiselvityksellä, jossa perehdytään yhteen tai useampaan ympäristöluokitukseen. Esiselvityksen tavoitteena on selvittää rakennukselle sopiva ympäristöluokitus. Luokituksista selvitettiin niille sopivat rakennustyytit, arviointitapa, kustannukset ja kriteerien pääpiirteet. Näiden perusteella luokituksia pystyttiin vertailemaan, minkä avulla oli myös helpompaa löytää VALO-hankkeiden kannalta tärkeitä ominaisuuksia. (2)

Ympäristöluokitusten väliset eroavaisuudet näkyvät muun muassa sertifiointiprosessin kulussa sekä luokitusten kriteerien ja vaatimuksien painopisteissä. Ympäristökonsulttien käyttö sertifiointiprosessissa on tavallista, mutta ainoastaan BREEAM-luokituksessa se on pakollista. Taulukosta 1 nähdään luokitusten asettamien kriteerien painopistealueita ja eroavaisuuksia. LEED ja

BREEAM painottavat kriteereitään esimerkiksi liikenteeseen ja tontin valintaan, kun RTS ja Joutsenmerkki puolestaan painottavat ylläpidettävyyttä ja kosteusriskienhallintaa enemmän. Vaikka luokitukset painottavat pitkälti samoja asioita, niiden painoarvo pisteytyksessä kuitenkin vaihtelee luokitusten välillä. (2)

	LEED	BREEAM	RTS	JOUTSENMERKKI
<b>SIJAINTI JA YHTEYDET</b>				
Liikenne	x	x		
Tontin valinta	x	x		
Viherkentäminen	x	x	x	
Prosessi			x	x
Elinkaari-kustannukset		x	x	
Ylläpidettävyyys			x	x
Kosteusriskien hallinta			x	x
<b>ENERGIA JA YMPÄRISTÖ</b>				
Energiatehokkuus	x	x	x	x
Veden käyttö	x	x	x	x
Toiminnanvarmistus	x	x	x	
<b>MATERIAALIT</b>				
Hiilijalanjälkilaskenta	x	x	x	
Materiaalitehokkuus	x	x	x	x
Vastuulliset hankinnat	x	x		x
Jätehuolto	x	x	x	x
<b>SISÄILMASTO</b>				
Sisäilman laatu	x	x	x	
Luonnonvalo	x	x	x	x
Materiaali-emissiot	x	x	x	x
Kemikaaliriskit				x
Akustiikka	x	x	x	x
<b>TYÖMAAN HALLINTA</b>				
Ympäristöhallinta	x	x	x	x
Työmaan puhtaus	x	x	x	
Työmaan jätehallinta	x	x	x	x

Taulukko 1. Ympäristöluokitusten painopistealueet ja eroavaisuudet (3).

## Ympäristöluokituksen valinta

VALO-hankkeiden kannalta tärkeitä ominaisuuksia ja käytäntöjä ovat muun muassa kansainvälisyys ja joustavuus. Tehtyjen selvitysten perusteella ensimmäisenä vaihtoehtoista saatiin karsittua RTS-ympäristöluokitus ja Joutsenmerkki. Nämä luokitukset soveltuvat parhaiten kotimaan markkinoille. LEED ja BREEAM puolestaan soveltuvat hyvin kansainvälisille markkinoille ja lisäksi luokituksilla on useita sovelluksia erilaisille rakennustyypeille. LEED ja BREEAM ovat luonteeltaan hyvin samantlaisia, joten niiden soveltuvuutta VALO-hankkeille täytyi tarkastella yksityiskohtaisemmin. (2)

Suurin ero luokitusten välillä on siinä, miten luokitus myönnetään. BREEAM edellyttää käytettävän paikallista konsulttia eli BREEAM Asestoria arvioinnissa. Asestori kerää sertifiointia varten kaikki tiedot ja arvioi ne kriteerien mukaisesti. LEED ei vaadi konsultin käyttöä, mutta usein se on kuitenkin tarpeellinen LEED-projekteissa. (2)

LEED ja BREEAM soveltuvat molemmat monipuolisesti erilaisiin hankkeisiin ja rakennustyyppisiin. BREEAMin etuna on niiden tarjoama Bespoke-luokitus, joka mahdollistaa räätälöidyn sertifiointin erikoisempiin rakennushankkeisiin. Lisäksi BREEAMin käytännöt ovat joustavampia ja BREEAM soveltaa arvioinneissa maakohtaisia käytäntöjä. (2)

Tarkasteltaessa luokitusten kriteereitä tarkemmin huomattiin, että BREEAMin käytännöt soveltuvat LEEDiä paremmin VALO-hankkeisiin. Eroja löytyy muun muassa elinkaarikustannusten, vastuullisten hankintojen sekä työmaan puhtauden ja jätehallinnan painotuksissa. VALO-hankkeiden kannalta tärkeitä ominaisuuksia ovat elinkaarikustannusten ja vastuullisten hankintojen huomioiminen. BREEAM huomioi näitä asioita LEEDiä paremmin ja tukee täten VALOn kannalta tärkeitä ominaisuuksia. Selvityksien perusteella tultiin siihen tulokseen, että BREEAM soveltuu VALO-hankkeille parhaiten. (2)

BREEAM-luokituksen sertifiointiprosessiin on suositeltavaa ottaa ympäristökonsultti mukaan jo projektin alkuvaiheissa. Useat BREEAMin vaatimukset ja kriteerit uudishankkeille koskevat jo suunnitteluvaihetta. Sertifiointiprosessi on siis hyvä käynnistää varhaisessa vaiheessa, että jo suunnittelussa voidaan huomioida sertifiointin kannalta kannattavia ratkaisuja. (2)

## Lähteet

1. FIGBC 2018. Rakennushankkeiden ympäristöluokitukset Suomessa. Hakupäivä 2.3.2022. <https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2022/01/Rakennushankkeiden-ympa%CC%88risto%CC%88luokitukset-Suomessa.pdf>.
2. Mertaniemi Niina 2022. Rakennusten ympäristösertifiointi: Selvitystyö sopivasta ympäristöluokituksesta VALO-hankkeille. Oulun ammattikorkeakoulu. Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma Opinnäytetyö. Hakupäivä 31.5.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/743638>
3. Tähtinen, Lauri 2022. Re: Ympäristöluokitusten eroavaisuudet / Opinnäytetyö. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Niina Mertaniemi. 24.1.2022.

## Joutsenmerkitty päiväkotikoti kuluttaa vähemmän vettä

*Joutsenmerkityn rakennuksen energiankulutukseen vaikutetaan kriteerein ja vaatimuksin. Vedenkulutusta vähennetään paremman energialuokan saniteettikalusteilla, keittiöhanoilla ja kodinkoneilla. Opinnäytetyössä vertailtiin energiankulutuksia kahdessa päiväkodissa, joista toisessa on Joutsenmerkki. Tutkimuksessa huomattiin, että Joutsenmerkityssä päiväkodissa kulutettiin vettä jopa 50 % vähemmän kuin tavanomaisessa.*

Joutsenmerkkiä eli pohjoismaista ympäristömerkkiä voidaan hakea ja myöntää myös rakennuksille. Joutsenmerkityn rakennuksen ympäristöystävällisyys varmistetaan vaatimusten ja kriteerien avulla koko elinkaaren ajalle. Joutsenmerkki etsii ratkaisuja ympäristöongelmiin, kuten ilmastonmuutoksen torjuntaan sekä energiankäytön vähentämiseen. (1.)

### Joutsenmerkki etsii ratkaisuja ympäristöongelmiin.

### Vaatimukset ja kriteerit vedenkulutukseen

Joutsenmerkityn rakennuksen vedenkulutukseen vaikutetaan eri vaatimuksilla ja kriteerillä. Vaatimukset ovat pakollisia. Jos rakennukseen haetaan Joutsenmerkkiä, tulee osa kriteereistäkin täyttää. (1.)

Kodinkoneiden alhaisin energialuokka on esitetty taulukossa 1. Jos energialuokka on pakollista tasoa parempi, ansaitaan myös kriteeripisteitä. (2.)

Tuotetyyppi/tuotekategoria Kodinkoneet kuluttajakäyttöön	Alhaisin hyväksytty energialuokka energiamerkintädirektiivin (2010/30/EU) mukaan	Alhaisin hyväksytty energialuokka energiamerkintäasetuksen (EU) 2017/1369 mukaan
Pyykinpesukone		D
Jääkaappi		E
Pakastin		F
Jääkaappipakastin		F
Kuivausrumpu	A++	
Astianpesukone		E
Uuni	A	
Kuivaava pyykinpesukone		E

Taulukko 1. Kodinkoneiden energialuokat (2.)

Saniteettikalusteiden ja keittiöhanojen ollessa energialuokkaa A tai B, annetaan kriteeripisteitä taulukon 2 mukaisesti. (2.)

Saniteettikalusteen tyyppi/kategoria	Energialuokka	Piste
Pesuallashana	A	2
	B	1
Keittiöallashana	A	2
	B	1
Kosketusvapaat saniteettikalusteet	---	1
Termostaattihana suihkulla*	A	2
	B	1

Taulukko 2. Saniteettikalusteiden energialuokat (2.)

### Vedenkulutus päiväkodissa

Opinnäytetyössä vertailtiin kahta eri päiväkotia, joista toiseen oli myönnetty Joutsenmerkki. Päiväkotien käyttöasteet ovat samanlaiset. Molemmissa päiväkodeissa toimii 5 päiväkotiryhmää ja päiväkodit ovat auki vuorokaudessa yhtä monta tuntia. Päiväkodit ovat auki ympäri vuoden viikonloppuja ja arkipyhiä lukuun ottamatta. (1.)

Molemmat päiväkodit käyttivät pyykin- ja astianpesukoneita kerran päivässä. Ruoka tuli valmiiksi tehtynä suurkeittiöltä. Yhtä henkilö kohden Joutsenmerkityssä päiväkodissa kulutettiin vettä vuodessa 3,6 m<sup>3</sup> ja tavanomaisessa 5,4 m<sup>3</sup>. Eroa vedenkulutuksissa oli 50 %. (1.)

### Opinnäytetyössä huomattiin, että paremman energialuokan kodinkoneet ja saniteettikalusteet säästävät vettä huomattavan paljon.



Kuva 1. Joutsenmerkki (3.).

Opinnäytetyössä huomattiin, että paremman energialuokan kodinkoneet ja saniteettikalusteet säästävät vettä huomattavan paljon. Jotta

kustannusero voitiin selvittää tarkemmin, laadittiin elinkaarikustannuslaskelma. Joutsenmerkityn päiväkodin vuoden 2021 vedenkulutuksen kustannus diskontattiin 50 vuoden tarkastelujaksolle. Ero tavanomaisen päiväkodin vuoden 2021 vedenkulutuksen kustannuksiin laskettiin olevan arviolta 150 € yhtä henkilöä kohden 50 vuodessa. (1.)

## Lähteet

1. Keränen, Elisa 2022. Joutsenmerkityn ja tavanomaisen päiväkodin elinkaarikustannusten vertailu. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 12.5.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/748527>.
2. Pohjoismainen ympäristömerkintä 2022. Pientalot, kerrostalot, koulu- ja päiväkotirakennukset, versio 3.14. Hakupäivä 26.3.2022. [089f\\_3\\_14\\_1\\_CD.pdf \(joutsenmerkki.fi\)](#).
3. Hietaparta. 2013. Valokuva. Hakupäivä 9.5.2022. <https://pixabay.com/fi/photos/lippu-ymp%c3%a4rist%c3%b6merkki-joutsenmerkki-139729/>.

## Vesivoimalaitoksen hukkalämpö hyötykäyttöön

*Hukkalämpöä on kaikki ylijäämälämpö, jota ei hyödynnetä mihinkään. Hukkalämpö on energiavara, jonka hyödyntäminen energiatuotannossa säästäisi muita energianlähteitä ja ympäristöä. Vesivoimalaitoksella syntyvää hukkalämpöä voitaisiin hyödyntää asuinalueen lämmityksessä suoraan alueellisen matalalämpöverkon avulla. Matalalämpöverkko voitaisiin liittää kaukolämpöverkkoon, asuinalueelle voitaisiin rakentaa aluelämpölaitos tai lämpöakku varmistamaan asuinalueen huipputehontarve.*

Imatran Voiman alue on Suomen suurimman vesivoimalaitoksen työntekijöille 1920-luvulla rakennettu asuinalue, ja siellä on edelleen vanhoja kulttuurihistoriallisesti tärkeitä rakennuksia ja suunnitteilla uusia. Energiayhtiö Fortum omistaa vesivoimalaitoksen ja Imatran Voiman alueen. Vesivoimalaitoksen turbiinien generaattorit tuottavat hukkalämpöä, jonka hyödyntämistä tarkasteltiin alueen lämmityksessä. Tarkastelun kohteena oli kolme vaihtoehtoista lämmitysenergiaratkaisua, joista kaikki olivat hybridimallisia.

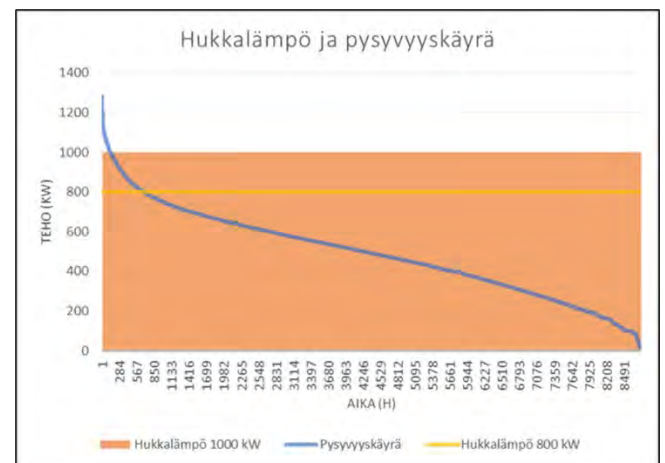
### Imatran Voiman alueen lämmitystehontarve ja hukkalämpö

Imatran Voiman alueen tehontarve määritettiin ensin rakennuksille annettujen mitoitus-tehojen perusteella. Alueella on 8 vanhaa rakennusta ja uusia suunnitteilla olevia rakennuksia 39. Koko alueen arvioitu lämmitystehontarve on 1040 kW. Tehonsiirrossa tapahtuu aina häviöitä, joten lämmitystehontarpeeseen lisättiin vielä noin 10 % ja huipputehontarpeeksi saatiin näin 1300 kW. Tarkempien teho- ja kulutustietojen puuttumisen takia työssä käytettiin hyväksi Oulun ammattikorkeakoulun energiatekniikan neljännen vuosikurssin Hybridi-järjestelmät-opintojaksolla olleen asuinalueen lämmöntarpeen tuntitietoja vuoden ajalta. Opintojakson alue tehoineen oli hyvin lähellä Imatran Voiman aluetta. Tuntisten tehotietojen perusteella pystyttiin tarkemmin arvioimaan lämmöntarpeen jakautumista vuoden- ja vuorokaudenajoille sekä tekemään pysyvyyskäyrä.

**Pysyvyyskäyräkuvaajasta nähdään, että hukkalämmöllä olisi suuri potentiaali alueen lämmöntuotannossa.**

Vesivoimalaitoksen neljän generaattorin tuottama teho on 1 MW ja ulostulolämpötila 65 °C. Niiden hukkalämmön tuotanto jakaantuu tasaisesti ympäri vuoden. Pysyvyyskäyrältä nähdään, että hukkalämmöllä voitaisiin tuottaa alueen tarvitsema lämpöteho lähes kokonaan. Lämmöntuotannon

huippu- ja varatehon tarpeisiin alueelle tarvitaan kuitenkin toinen lämmitysratkaisu. Pysyvyyskäyräkuvaajasta voidaan todeta, että hukkalämmöllä olisi suuri potentiaali alueen lämmöntuotannossa.



Kuva 1. Hukkalämmön määrä ja pysyvyyskäyrä.

### Alueellinen matalalämpöverkko hukkalämmön hyödyntämiseen

Hukkalämmön hyödyntämiseen alueelle voitaisiin rakentaa alueellinen matalalämpöverkko. Matalalämpöverkko tarkoittaa lämmitysverkkoa, jossa verkoston veden tulolämpötila on 85–64 °C. Perinteisessä kaukolämpöverkossa talviaikainen tulolämpötila on 90 °C.

Verkoston lämpötila vaikuttaa putkikokoon, ja lämpötilaeron pienentyessä meno- ja paluuvien välillä vesivirta kasvaa ja putkia on suurennettava tai pumppaustehoa kasvatettava. Lämpöhäviöt kuitenkin pienevät 25 % verrattuna perinteiseen kaukolämpöverkkoon. (1.) Asiakkaiden lämmitysjärjestelmien ja lämpimän käyttöveden laitteet ja muut varusteet on mitoittava kaukolämmön tulolämpötilan perusteella. Lämmityksen jakotapaa valittaessa tulee huomioida lämmitysjärjestelmien vaatimat mitoituslämpötilat. Patteriverkostolle



matalalämpöverkon tulolämpötila saattaa olla liian alhainen, mutta lattialämmityksessä taas menoveden lämpötilan täytyy olla matalampi. (2.)

Matalalämpöverkko soveltuisi Imatran Voiman alueelle hukkalämmön hyödyntämiseen. Hukkalämmön lämpötilaa ei tarvitsisi korottaa ennen verkkoon syöttämistä. Turun Skanssissa on jo toiminnassa matalalämpöverkko, jossa veden menolämpötila on 65 °C ympäri vuoden.

## Hybridivaihtoehdot

Vesivoimalaitoksella syntyvän hukkalämmön määrää ei voida säätää, vaan sitä syntyy aina, kun vesivoimalaitoksella tuotetaan sähköä. Hukkalämpöä syntyy määrällisesti enemmän kuin alue tarvitsee, mutta hukkalämmön teho ei aina riitä alueen tarvitsemaan huipputehoon.

Alueellinen matalalämpöverkko tarvitsee rinnalle toisen lämmitysenergiantuottomuodon. Matalalämpöverkko voitaisiin liittää Imatran kaukolämpöverkostoon lämmönsiirtimen avulla. Kaukolämpöverkosta saataisiin alueen tarvitsema huippu- ja varateho sekä ylimääräinen hukkalämpö voitaisiin syöttää kaukolämpöverkoston paluupuoleen esilämmityksenä. Imatran yksi kaukolämpöverkoista on hyvin lähellä Imatran Voiman aluetta, joten liittäminen olisi hyvin mahdollista, helppoa ja kustannustehokasta. Hukkalämmön hyödyntäminen on kasvussa kaukolämmityksessä, ja sen määrä onkin kolminkertaistunut 2010-luvulla (3).

**Hukkalämmön hyödyntäminen on kasvussa kaukolämmityksessä, ja sen määrä onkin kolminkertaistunut 2010-luvulla.**

Toisena hybridivaihtoehtona alueelle voitaisiin rakentaa oma aluelämpölaitos. Aluelämpölaitos tulisi mitoittaa kattamaan alueen tarvitsema huipputeho kokonaan. Huipputehoa voidaan tarvita, kun vesivoimalaitokselta ei saada ollenkaan hukkalämpöä.

Kolmantena vaihtoehtona alueelle pohdittiin lämpöakkuja. Alueen perustehontarve kesällä on vain noin 0,2 MW, kun hukkalämpöä syntyy 1 MW, joten hukkalämpöä olisi perusteltua varastoida. Ylimääräistä hukkalämpöä syntyy vuodessa noin 4500 MWh, ja jos tätä kapasiteettia verrataan jo Suomeen rakennettuihin lämpöakkuihin, tulisi akun koko olla noin 100 000 m<sup>3</sup>. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin hukkalämmön alhainen lämpötila, tarvittava akun koko ja etenkin se, milloin ja minne akku purettaisiin.

## Yhteenveto

Hukkalämpö voitaisiin hyödyntää Imatran Voiman alueella matalalämpöverkon avulla, jolloin hukkalämmölle ei tarvitsisi tehdä mitään. Hukkalämpöä päälämmönlähteenään käyttävä matalalämpöverkko olisi Suomen ensimmäisiä. Matalalämpöverkko soveltuisi myös alueen vanhoille rakennuksille, sillä niihin asennetaan lattialämmitys.

Hukkalämmön rinnalle toiseksi lämmitysmuodoksi yksinkertaisin ja kustannustehokkain ratkaisu olisi alueellisen matalalämpöverkon liittäminen Imatran kaukolämpöverkkoon.

Aluelämpölaitos olisi myös toimiva ratkaisu ja sillä voitaisiin tuottaa alueen tarvitsema huipputeho kokonaan. Alue ei olisi riippuvainen ulkoisesta lämmöntuotajasta.

Lämpöakku ei ole järkevin ratkaisu hukkalämmön alhaisen lämpötilan ja sen tarvitseman koon takia. Ongelmaksi nousee myös se, että akku tulisi pääsääntöisesti purkaa jonnekin muualle kuin alueen verkkoon.

Energian tuotantoon käytettäviä polttoaineita koskevat erilaiset päästörajoitukset sekä ympäristölle haitallisten polttoaineiden verotus. Olisi siis perusteltua etsiä uusia ja päästöiltään vähäisiä lämmöntuotantotapoja. Tulevaisuudessa matalalämpöverkkojen ja hukkalämmön avulla lämpöenergiaa voitaisiin tuottaa ilman, että poltetaan mitään.

## Lähteet

1. Fluidit 2018. Hiedanranta: kaukolämmön jakeluverkoston vaihtoehtotarkasteluita. Tampereen kaupunki. Hakupäivä: 22.3.2022. <https://energiaviisaat.fi/wp-content/uploads/2020/12/Fluidit-Hiedanranta-matalaenergia-selvitys-2020.pdf>.
2. Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2021. Hakupäivä: 25.3.2022. [https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/rakennusten\\_kaukolammitus\\_maaraykset\\_ja\\_ohjeet\\_julkaisu\\_k1\\_2021.html](https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/rakennusten_kaukolammitus_maaraykset_ja_ohjeet_julkaisu_k1_2021.html).
3. Energiateollisuus 2022. Energiavuosi 2021 kaukolämpö. Hakupäivä 15.3.2022. [https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/energiavuosi\\_2021\\_-\\_kaukolampo.html#material-view](https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/energiavuosi_2021_-_kaukolampo.html#material-view).

Artikkeli perustuu opinnäytetyöhön

Kaikkonen, Essi 2022. Hukkalämmön hyödyntäminen Imatran Voiman alueen lämmityksessä. Oulun ammattikorkeakoulu. Energiatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 1.6.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/748543>

# Vuotovesien kartoitus ja vähentäminen Kalajoen kaupungin viemärlaitoksen toiminta-alueella

*Jätevesiviemäreiden vuotovedet ovat viemäreihin johtuvia pohja-, pinta- tai hulevesiä. Nämä ovat tarpeettomia vesiä viemäriverkostossa, jotka kuormittavat suotta jätevesipuhdistamoita. Ylimääräiset vuotovedet viemäriverkostossa vaikuttavat muun muassa jäteveden käsittelyyn ja viemärijärjestelmän kustannuksiin ja toimintavarmuuteen.*

Kalle Sandroosin rakennustekniikan opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää ja vähentää Kalajoen Etelänkylässä sijaitsevan viemäriverkoston vuotovesiä ja paikantaa jätevesiviemäreiden vuotokohtia saneerausta varten. (1) Mittauksia suoritettiin virtausmittarilla, joka sijoitettiin viemäriverkoston tarkastuskaivoihin. Tällä hetkellä kaupungin vuotovesiprosentti on noin 30 prosenttia ja siitä Kalajoen kaupunki maksaa yli puoli miljoonaa euroa ylimääräistä vesilaitokselle vuosittain (2).

Mittaustuloksista selvisi, että Etelänkylän viemäriverkostossa on vuotovesiä runsaasti. Tutkimustulosten perusteella aloitettiin tarkempi tutkimus niissä kohdin, missä on aihetta epäillä viemäriputkien vuotavan tai että kiinteistöistä johdetaan luovaa sadevedet viemäriverkoston.

## Taustaa vuotovesistä

Vuotovedet ovat jätevesiviemäreiden vesiä, jotka joutuvat sinne pohja- tai hulevesinä. Tämä voi joutua verkoston viallisista tiivisteistä tai kaivuussa rikotuista putkista, joita ei ole korjattu. Vuotovedet ovat pääasiassa pohjavettä, joka on suotautunut viemäriverkoston esimerkiksi huonojen tiivisteiden tai halkeaminen kautta. Hulevesi voi koostua sadevesistä, sulamisvesistä tai kuivatusvesistä, joka on joutunut jätevesiviemäriin esimerkiksi rikkinäisten tarkastuskaivojen kautta.



Kuva 1. Viemärlaitoksen toiminta-alue (3).

Kalajoen kaupunki omistaa jätevesiverkoston pumppaamoineen ja vastaa jäteveden keräilystä kuluttajilta sekä johtaa jäteveden puhdistettavaksi Vesikolmio Oy:n puhdistamoille Kalajoella, Rautiossa ja Himangalla. Kuvassa 1 viemärlaitoksen toiminta-alue on kuvattu vihreällä. Se koostuu Kalajoen keskustan, Himangan, hiekkasärkkien, Raution, Vihaspauhan ja Pahkalan kuntakeskuksesta.

## Vuotovesikartoituksen määrittäminen

Kun tiedetään alueen yleiseen käyttöön talous- ja teollisuusvedeksi, hulevedeksi ja pohjavedeksi tulevat vesimäärät kvantitatiivisesti, voidaan viemäriin tulevien vuotovesien määrä laskea jätevesipumppaamoiden virtaamatietojen avulla. Talousveden kulutuksen arvioidaan olevan teoreettisesti sama kuin asumisjäteveden määrä. Pumppaamoiden valvontajärjestelmistä saadulla datalla kyetään määrittelemään pumppaamoiden viemäri-vesien virtaamat. Lisätietoa saadaan pumppujen käyntitilastotiedoista, joilla saadaan tarkennettua viemäri-vesimääriä. Samoin erilaisilla virtaamamittauksilla saadaan tarkempaa tietoa esimerkiksi verkon eri osista. Tarkastelemalla pumppauspiirien vuotovesimääriä voidaan paikallistaa ne alueet, joissa kannattaa suorittaa tarkempaa tutkimusta vuotovesien osalta. Virtaamatietoja voidaan myös verrata sademääriin, sillä jätevesivirtaamien kasvu viemäreissä sadeiden aikana voi viitata alueella oleviin vuotovesiin. Yksi yleisimmistä vuotovesikartoituksen keinoista on tarkastella ja vertailla virtaamatietoja (4, s. 34).

## Mittausten suorittaminen ja toimenpiteet

Tarkastelu jakso osui kesälle 2021 heinäkuun alusta syyskuun loppuun. Tänä aikana jokaisesta runkolinjaan tulevasta kokoojaviemäristä otettiin virtausmittarilla analysointikelpoista dataa. Kustakin haarasta koottiin mittaustuloksia (taulukko 1) vuorokaudesta viiteen vuorokauteen, riippuen asukkaiden määrästä/ haara. Kesä oli Kalajoella harvinaisen kuiva, eikä sateita juuri tänä aikana

ilmennyt, joten sateiden vaikutusta viemäriverkostossa kulkemaan jätevesimäärään ei päästy muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta mittaamaan.

Tutkimukset suoritettiin virtausmittarilla, Nivus PCM 4:llä. Teleskoopivarren päässä oli mittalaite, joka asetettiin viemäriputkeen. Mittalaite tallensi tietoa muun muassa jäteveden pinnan korkeudesta, virtauksen nopeudesta ja lämpötilasta. Näistä laadittiin Excel-taulukko, jossa saatuja tuloksia verrattiin teoreettiseen kulutukseen. Tämä laskettiin kunkin haaran asukasluvun perusteella ja teoreettiseksi vuorokausikulutukseksi valittiin 150 litraa vuorokaudessa. Oletuksena oli, että asukkaiden käyttävä vesijohtovesi palaa viemäreihin 100 prosenttisesti.

Katu	as./katu	vrk. kulutus	tr.jäte/m <sup>3</sup> /vrk	erotus/vrk	tod.kulutus/as.(l)
Ahmantie	63	150	9,5	-1,0	-16,5
Ahmantie/Pastorintie	26	150	3,9	-54,8	-2108,6
Ahmantie/Laiduntie	27	150	4,1	-100,0	-3702,9
Kärjäntie	89	150	13,4	2,6	120,8
Kärjäntie/Kuivantie	53	150	8,0	-4,8	240,3
Kärkäntie, II. mittaus	89	150	13,4	13,4	150,0
Kärjäntie häntä	36	150	5,4	-20,3	714,5
Annalantanhua	33	150	5,0	-28,0	997,4
Etelänkylän haaran loppupää	27	150,0	4,1	-8,6	468,4

Taulukko 1. Mittaustuloksia yhtein koottuna.

Kalajoen Etelänkylässä viettoviemäriverkosto kyllä toimii moitteetta, mutta kunnossapidon ja säännöllisen huoltotoimenpiteiden laiminlyönnin vuoksi viemäreihin pääsee runsaasti vuotovesiä. Niistä aiheutuu vuosittain kymmenien tuhansien eurojen ylimääräiset kulut niiden kulkeutuessa jätevesipuhdistamolle.

Viemäreiden kunnossapidossa ja huollossa on tehty tähän saakka vain pakollinen, eli lähinnä tukkeumien avaamisia ja betonisten viemäreiden tarkastuskaivojen saneerauksia. Tähän on lähdetty nyt hakemaan muutosta, jottei korjausvelka tulevaisuudessa kasvaisi ylitsepääsemättömän suurseksi.

Vuoden lopussa aloitettiin käymällä aluetta läpi katu kerrallaan kesällä suoritettujen tulosten perusteella. Viemäriinjoja tutkittiin ensin kameroilla tarkastuskaivojen väli kerrallaan. Mikäli kuvauksen aikana heräsi epäily, että kiinteistöiltä johdettiin luvatta sadevesiä jätevesiviemäriverkoston, myös sitä tutkittiin samalla. Menetelmä on kuitenkin hidas ja työläs henkilöstön vähyyden vuoksi, ja usein tutkimukset keskeytyivät muiden kiireellisempien työtehtävien ajaessa edelle.

## Lähtöleveysuuden suunnitelmat

Tällä hetkellä tutkitaan mahdollisuutta tekniikan mukaan ottamisesta hieman suuremmassa mitta-kaavassa, jotta vuotovesien määrän paikallistaminen nopeutuisi. Kaupunki on käynyt neuvotteluja järjestelmästä, jossa noin 60 jätevedentarkastuskaivoon sijoitettaisiin yhtä aikaa virtausmittarit, jotka kykenevät erottamaan vuotovesien suhteellisen osuuden jäteveden määrästä. Näin saataisiin nopeasti ja luotettavasti selville, minne korjaustoimet pitäisi kohdentaa.

## Loppupäätelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa Kalajoen Etelänkylän alueella vuotovesien määrää ja pyrkiä kohdentamaan saneeraustoimenpiteet viemäriverkostossa oikeisiin kohtiin. Viemärit ikääntyvät ja niiden kunto heikkenee, jolloin niihin pääsee valumaan tai suotumaan yhä enenevässä määrin vuotovesiä. Siksi on tärkeää, että käytettävissä on tuoreimmat tiedot viemäreiden kunnosta ja vuotovesien määrästä jätevesiviemäreissä. Viemäriverkoston vuotovesitutkimukseen on Kalajoella kohdistunut viime vuosina hyvin vähän aikaa ja resursseja, lähinnä muista työkiireistä johtuen. Tutkimuksesta saatujen mittaustulosten perusteella on jo aloitettu tutkimaan tarkemmin Etelänkylän alueen vuotovesiä.

Tutkimus suoritettiin kesän 2021 aikana viemällä virtausmittari alueella sijaitseviin jäteveden tarkastuskaivoihin. Saatujen tutkimustulosten perusteella näitä alueita on jo alettu tutkimaan lisää ja selvittämään tarkemmin, mistä suuret vuotovesimäärät johtuvat. Talven aikaisesta alkamisesta johtuen suunnitellut tarkemmat tutkimukset jatkuivat keväällä 2022.

## Lähteet

- Sandroos, Kalle 2022. Vuotovesien kartoitus ja vähentäminen Kalajoen kaupungin viemärilaitoksen toiminta-alueella. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 31.5.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/746060>.
- Kalajoen kaupunki 2021. Talousarvio. Hakupäivä 19.4.2022. <https://kalajoki.fi/wp-content/uploads/2020/12/Talousarvio-2021-KALAJOEN-KAUPUNKI.pdf>.
- WebGis karttapalvelu. Hakupäivä 19.4.2022. [https://fac-tacloud01.cgisaas.fi/webgis.kalajoki/?ml=12\\_BZbCyHp.VJi5U2nP%27BSYn0+7bKMF0%27%27](https://fac-tacloud01.cgisaas.fi/webgis.kalajoki/?ml=12_BZbCyHp.VJi5U2nP%27BSYn0+7bKMF0%27%27).
- Karttunen, Erkki 2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu, mitoitus ja suunnittelu. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto.

## Massiivipuiseen uudisrakennukseen painovoimainen ilmanvaihto energiatehokkaasti

*Muhoksen Kirkkosaaren suunnitellaan uutta ekologista asuinalueita. Alueella pyritään yhdistämään perinteistä rakentamista ja nykypäivän vaatimuksia. Perinnettä edustavat hirsipuutalot ja painovoimainen ilmanvaihto. Nykypäivän vaatimuksia taas ovat laadukas ilmanvaihto, energiatehokkuus ja ekologisuus. Tässä artikkelissa kuvataan edellytyksiä, kuinka painovoimaisella ilmanvaihdolla varustetusta massiivipuutalosta saadaan nykypäiväinen energiatehokas rakennus.*

Perinteinen hirsi- tai puurakentaminen kiinnostaa yhä useampaa rakentajaa. Myös painovoimaisesta ilmanvaihdosta ollaan ainakin jonkin verran kiinnostuneita, mutta samalla sen soveltuvuudesta ja energiatehokkuudesta ollaan huolestuneita. Muhoksen kunnan tavoitteena on yhdistää arkkitehtuuria ja tekniikkaa uudella tavalla Kirkkosaaren alueella. Suunnittelun lähtökohtia ovat puurakentaminen sekä alueen erityislaatuisuus. Toiveena on, että Kirkkosaaren arkkitehtuuri pohjautuisi Oulujoen virtaavan veden voimaan ja alueen ainutlaatuisen geologiaan. Alueelle on tulossa asuinalueen lisäksi esimerkiksi venesatama, uimaranta ja katualue. (1.)

### Massiivipuutaloja painovoimaisella ilmanvaihdolla Kirkkosaaren?

Alueelle on suunnitteilla rivi- tai paritaloja, joiden asunnot olisivat kaksikerroksisia ja keskimäärin 140 m<sup>2</sup> kokoisia. Suunnitellussa rakennuksessa on otettu huomioon riittävä korkeus, jotta painovoimainen ilmanvaihto toimisi mahdollisimman hyvin. Rakennuksiin tulee ullakko, joka parantaa painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaedellytyksiä. Lisäksi rakennusten alapohja on tuulettuva eli rossi-pohjainen.

### Painovoimainen ilmanvaihto uudisrakennuksessa

Painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta edellyttää nostetta, joka saa sisäilman nousemaan hormin kautta ylös katolle. Noste syntyy pääosin sisä- ja ulkoilman erilaisista lämpötiloista johtuvasta ilman tiheyserosta. Ilman liikettä auttaa hormin korkeus sekä sopiva tuuli ulkona. Ulkoilma tulee oleskelutiloihin korvausilmaventtiileistä ja poistuu paineeron takia poistoilmaventtiileistä. Järjestelmän yksi huonoista puolista on, ettei se toimi koko ajan samalla tavalla, joten ilmanvaihtoa pitää parantaa esimerkiksi tuulettamalla. (2.)



Kuva 1. Helsingin Laajasalossa sijaitseva Cross Laminated Timber eli CLT-rivitalo (3).

Suunniteltaessa painovoimaista ilmanvaihtoa on otettava huomioon, että järjestelmää pitää tarkastella kokonaisuutena. Rakennusperinteestä toimiviksi koettuja ratkaisuja ei voida suoraan kopioida uuteen rakennukseen. Painovoimaiseen ilmanvaihtoon ei voida myöskään toteuttaa lämmöntalteenottoa, joka parantaisi rakennuksen laskennallista energiatehokkuuden vertailulukua (E-luku).

Vielä vuoden 1978 rakentamismääräyskokoelmassa oli painovoimaisen ilmanvaihdon suunnittelusta ohjeistus. Vuonna 1987 ohjeistusta ei enää ollut, vaan siitä mainittiin, että se sopisi vain hiljaiselle ja ilmansaasteettomalle alueelle pienrakennukseen. Nykyisin painovoimaiselle ilmanvaihdolle on samat olosuhdevaatimukset kuin muillekin ilmanvaihtojärjestelmille. Vaadittavat asetukset ja lait ovat ilmanvaihtoasetus, ääniympäristöasetus, energiatehokkuusasetus, asumisterveysasetus sekä maankäyttö- ja rakennuslaki. (2.)

## Painovoimaisen massiivipuutalon energia- tehokkuus

Sandra Saari tarkasteli opinnäytetyössään kolmea erilaista lämmitysjärjestelmää, jotka ovat kaukolämpö, maalämpö ja ilma-vesilämpöpumppu. Kaikkien järjestelmien energialuku laskettiin myös niin, että hyödynnettiin rakennuksen omaa aurinkosähkön tuotantoa. Ennen järjestelmien vertailua valittiin rakennuksen ominaisuudet, kuten ikkunoiden ja seinien lämmönläpäisyluvut mahdollisimman hyviksi. Materiaalien arvot valittiin todellisuudessa markkinoilla olevista tuotteista.

Energialuvun laskennassa käytettiin mm. energiatehokkuusasetusta ja ympäristöministeriön julkaisemaa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaohjetta.

### Ilma-vesilämpöpumppu oli laskennallisesti energialuvultaan paras vaihtoehto.

Massiivipuinen painovoimaisella ilmanvaihdolla toimiva rakennus sai laskelmien mukaan parhaimman tuloksen ilma-vesilämpöpumpulla, johon on yhdistettynä aurinkosähkö, mutta jos Kirkkosaaressa haluttaisiin hyödyntää geologista energiaa, joko keskisyvä tai tavanomainen maalämpö olisivat myös hyviä vaihtoehtoja. Taulukosta näkyy, miten eri lämmitysjärjestelmät vaikuttavat energialukuun. (4.)

Lämmitysjärjestelmä	E-luku [kWhε/m2a]	Luokittelu -asteikko
Kaukolämpö	214	D
Kaukolämpö+ aurinkosähkö	169	C
Maalämpö	169	C
Maalämpö+ aurinkosähkö	118	B
Vesi-ilmalämpöpumppu	104	B
Vesi-ilmalämpöpumppu+ aurinkosähkö	60	A

Taulukko 1. Tulokset taulukoituna.

Tuloksista voi päätellä, että massiivipuisen rakennuksen voi rakentaa painovoimaisen ilmanvaihdon suositusten mukaisesti niin, että energiatehokkuuden vaatimukset tulee huomioitua. Eri vaihtoehtoja vertailtaessa tulee kuitenkin huomioida käytetyt lähtötiedot.

Lämpöpumpuissa käytetyn sähkön tulee olla uusiutuvaa, jolloin tulokset ovat tutkimuksessa saadun mukaisia. Sen sijaan päästöttömälle tai uusiutuvalla kaukolämmölle ei vielä löydy vertailukelpoisia päästöarvoja, jotka huomioisivat puhtaan kaukolämmön vaikutuksen E-lukuun.

Massiivipuuvaihtoehtoina voi olla esimerkiksi CLT eli Cross Laminated Timber, painumaton hirsi tai lamellihirsi. Näitä massiivipuuvaihtoehtoja on rakennettu aikaisemmin Suomeen sekä niitä myös valmistetaan Suomessa.

## Yhteenveto

Perinteisiä ratkaisuja suosiva uudisrakentaminen on yleistynyt, ja samalla halutaan mahdollisimman energiatehokkaita rakennuksia. Massiivipuun on hengittävä ja kestävä rakennusmateriaali, jossa materiaalivaihtoehtoja on paljon. Painovoimainen ilmanvaihto ei ole vielä kovin yleinen uudisrakentamisessa, vaikka siitä on vuosikausien kokemukset ennen nykyisen kaltaisten ilmanvaihtojärjestelmien markkinoille tuloa.

Tässä työssä tutkittiin, millaisilla edellytyksillä massiivipuutalossa pystyttäisiin toteuttamaan painovoimainen ilmanvaihto. Työ eteni tarkastelemalla ensin rakennusta ja sen materiaaleja. Kun oli saatu riittävän hyvä lopputulos itse rakennukselle, vertailtiin kolmen eri lämmitysjärjestelmän E-lukua. Tutkimusta täydennettiin oman aurinkosähkön tuotannolla, joka vielä alensi saatuja E-luvun arvoja.

## Lähteet

- Muhos. Vireillä olevat kaavat ja hankkeet. Kirkkosaaressa asemakaavan muutos. Hakupäivä 28.4.2022. <https://muhos.fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/maankaytto-ja-kaavoitus/vireilla-olevat-kaavat-ja-hankkeet/>.
- Kuuluvainen, Leino, Lindber, Ben-Roger, Lylykangas, Kimmo, Mikkola, Julia, Sainio, Jukka & Vuolle, Mika 2018. Painovoimainen ilmanvaihto opas. Hakupäivä 28.4.2022. [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/PVIV-OPAS-3729E8C3\\_9173\\_4EA5\\_ADB9\\_CD33C1432A01-143101.pdf/2ab85b97-a5fd-cee7-c096-930b297a8435/PVIV-OPAS-3729E8C3\\_9173\\_4EA5\\_ADB9\\_CD33C1432A01-143101.pdf?t=1603260091107](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/PVIV-OPAS-3729E8C3_9173_4EA5_ADB9_CD33C1432A01-143101.pdf/2ab85b97-a5fd-cee7-c096-930b297a8435/PVIV-OPAS-3729E8C3_9173_4EA5_ADB9_CD33C1432A01-143101.pdf?t=1603260091107).
- Puuinfo. As Oy Laajasalon Greija. 15.7.2020. Hakupäivä: 10.2.2022. Saatavilla <https://puuinfo.fi/arkkitehti-pientalot/as-oy-laajasalon-greija/>.
- Saari Sandra 2022. Painovoimaisella ilmanvaihdolla toimivan massiivipuutalon energiakatselmus. Oulun ammattikorkeakoulu. Energiatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 31.5.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/748342>.

## Lisääntynyt jäähdytyksen tarve luo paineita kaupunkisuunnittelulle

*Kuluttajien vaatimukset koskien sisäilman laatua ja lämpötilaa ovat kasvaneet viime vuosina, mikä on lisännyt rakennusten jäähdytystarvetta. Kaukojäähdytys tarjoaa vaivatonta jäähdytystä ympäristöystävällisesti, ja sen suosio onkin kasvussa. Vuonna 2020 kaukojäähdytyksen kokonaistuotanto on ollut 288 GWh, ja siitä noin 62 % on tuotettu lämpöpumpuilla. Kaupunkien ja jäähdytystarpeen kasvaessa suurten teollisten lämpöpumppujen sijoittaminen tulee olemaan yhä haastavampaa tilan puutteen vuoksi. Innovatiivisia ratkaisuja tarvitaan.*

Suuret kaupungit, kuten Tampere, kasvavat voimakkaasti, ja lisääntyvä rakennuskanta tarjoaa jäähdytystä toimittaville energiayhtiöille potentiaalia kasvattaa jäähdytysliiketoimintaa. Jäähdytystarve kohdistuu sekä uudisrakennuksiin että peruskorjausta vaativiin kohteisiin. Uudisrakennuksissa lämmitysenergiankulutus on pienempi muun muassa paremman tiivyyden ja lämmöneristyksen vuoksi. Toisaalta tämä kasvattaa jäähdytystarvetta uudiskohteissa. Esimerkiksi vuonna 2012 rakennetun toimiston jäähdytystarve on 20 % suurempi kuin vuonna 1985 rakennetun toimiston. (1; 2.)

Tampereen Sähkölaitos vastaa Tampereen kaupungin kaukojäähdytyksestä, joka tuotetaan pääosin Kaupinon jäähdytyslaitoksella. Sen vapaajäähdytysteho on 40 MW, ja kompressorijäähdyttimien jäähdytysteho on 23 MW. Kyseessä on Euroopan suurin järven jäähdytysenergiaa hyödyntävä vapaajäähdytyslaitos. (2; 3.)

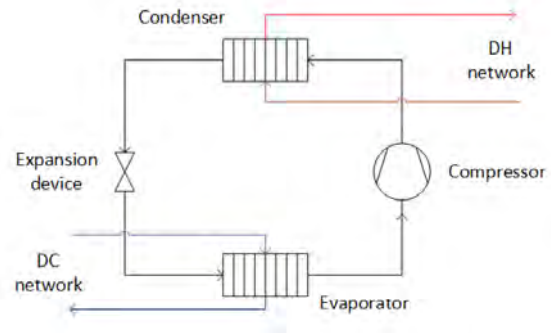
Tulevaisuudessa kaukojäähdytyksen huipputehontarve tulee lähes kolminkertaistumaan 50 MW:iin asti nykyisestä 18 MW:sta. Nykyisen kaukojäähdytyksen tuotantokapasiteetin rinnalle tarvitaan uutta jäähdytyskapasiteettia vastaamaan kasvavaan kysyntään. (2.)

### Lämpöpumppujen merkitys Suomen kaukojäähdytyksen tuotannossa

Kaukojäähdytyksen tuotantokapasiteetin kasvattaminen suurilla lämpöpumpuilla on Suomessa viime vuosina lisääntynyt. Lämpöpumpuista on kasvanut jäähdytysteholtaan toiseksi suurin kaukojäähdytyksen tuotantomuoto, ja kaukojäähdytysenergiasta lämpöpumput kattavat noin 62 %. (4.)

Lämpöpumput voivat hyödyntää lämmönlähteenään esimerkiksi teollisuuden hukkalämpöä, jätevettä ja kaukojäähdytyksen paluuvettä. Mahdollisuus hyödyntää hukkalämpöä tekee lämpöpumpuista energiatehokkaan vaihtoehdon sekä

kaukolämmön että kaukojäähdytyksen tuotantoon. (2; 5.)



Kuva 1. Lämpöpumpun toimintaperiaate, kun lämmönlähteenä toimii kaukojäähdytyksen paluuvesi (5).

### Kaukojäähdytysverkoston analysointi

Uuden tuotantolaitoksen sijoittamiseksi kaukojäähdytysverkostoon on tunnettava kaukojäähdytysverkoston jäähdytystehon siirtokapasiteetti. Kaukojäähdytysverkoston painehäviölaskennan avulla pystytään tunnistamaan kaukojäähdytysverkoston ongelmalliset osuudet.

Tuotantokapasiteetin lisäämistä kaukojäähdytysverkostoon voidaan arvioida sen vaikutuksilla painehäviöihin. Näin voidaan löytää kaukojäähdytysverkoston osuuksia, joissa uusi jäähdytyskapasiteetti parantaisi verkoston toimintaa. (2.)

### Lämpöpumppujen sijoittamista rajoittavat tekijät

Suurten lämpöpumppuyksiköiden sijoittaminen kaukojäähdytysverkoston siirtojohtojen läheisyydessä sijaitseviin kiinteistöihin on mahdotonta. Suuret lämpöpumput ovat korkeudeltaan yli viisi metriä, ja riittävän korkeat tilat ovat harvassa.

Pienemmät laitteistot olisi helpompi mahduttaa kiinteistöihin, mutta niitä tarvitaan määrällisesti enemmän kuin suuria lämpöpumppuja, jotta saavutetaan riittävä jäähdytysteho. Määrän kasvu joutaa taas tilaongelmaan. (2.)

Uudisrakennukset kaukojäähdytysverkoston varrella sijaitseville tonteille on yksi mahdollinen

vaihtoehto lämpöpumppujen sijoittamiselle. Uudisrakentamisen rajoitteena kaupungissa on, että rakennusten pitäisi istua kaupunkikuvaan. (2; 6.)

Olemassa olevien tilojen hyödyntäminen olisi hyvä vaihtoehto. Teolliset rakennukset, joissa olisi tilaa suurille lämpöpumpuille, sijaitsevat kuitenkin kauempana kaupunkien keskustoista ja jäähdytystarpeista. Kun joudutaan rakentamaan pitkiä liityntäjohtoja ja esimerkiksi alittamaan rautateitä, lämpöpumppujen liittäminen kaukojäähdytysverkostoon muodostuu isoksi investoinniksi.

### Maanalaisen sijoittamisen mahdollisuudet

Helen (ent. Helsingin Energia) ja Turku Energia ovat louhineet lämpöpumpuille tilaa maan alta. Näin lämpöpumput eivät rasita kaupunkikuvaa, ja niiden mahdolliselle lisätilantarpeelle on paremmat laajentamisen edellytykset. (2.)

Tampereen kaupunki panostaa merkittävästi maanalaisen infrastruktuuriin rakentamalla maan alle huoltoverkostoja sekä pysäköintihalleja, joiden etuina ovat suuret tilat ja keskeinen sijainti. Maanalaisten rakennushankkeiden aikana voidaan huomioida muitakin yhteiskunnallisia tarpeita. Esimerkiksi lämpöpumpuille maanalainen sijoittaminen on hyvin potentiaalinen vaihtoehto. Maanalaiset tilat on varattava aikaisessa vaiheessa suurten tilavaatimusten vuoksi. Lisäksi on huomioitava lämpöpumppuyksiköiden lisäysmahdollisuudet jäähdytystarpeen kasvaessa. (2.)



Kuva 2. P-Hämpin maanalainen pysäköintihalli Tampereella (Antti Mikkonen).

### Yhteenveto

Lämpöpumppujen sijoittaminen kaupunkialueella on haastavaa. Maankäytöstä on kilpailua, ja haluttujen maanpäällisten alueiden rakennukset varataan mieluummin muuhun käyttöön kuin lämpöpumpuille. Olemassa olevien tilojen hyödyntäminen olisi järkevää, mutta niiden korkeus on rajoitettava tekijä. Riittävän suuret teolliset tilat ovat usein kaupunkien ulkopuolella, eikä lämpöpumppujen sijoittaminen kauas jäähdytystarpeesta ole kannattavaa.

Maanalaiset rakennushankkeet tarjoavat kiinnostavan sijoituspaikan suurille lämpöpumpuille. Vaikka maanalainen rakentaminen on kallis investointi, mahdollisuudet laajentaa tiloja ovat paremmat kuin maan päällä.

### Lähteet

1. Ala-Kotila, Paula, Airaksinen, Miimu, Vainio, Terttu. & Vesanen, Teemu 2015. Rakennusten jäähdytysmarkkinat. Hakupäivä 25.3.2022. [https://energia.fi/files/399/Rakennusten\\_jaahdytysmarkkinat\\_18-12-2015.pdf](https://energia.fi/files/399/Rakennusten_jaahdytysmarkkinat_18-12-2015.pdf).
2. Mikkonen, Antti 2022. Lämpöpumppulaitoksen ja kaukojäähdytysakun mitoitus ja sijoitus kaukojäähdytyksen tuotannossa. Oulun ammattikorkeakoulu. Energiatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 14.4.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/744498>.
3. Lehtinen, Tero 2019. Insta instrumentoi Kaupinojan kaukojäähdytyskapasiteettia kasvattavan laajennuksen. Hakupäivä 25.3.2022. <https://www.insta.fi/asiakastarinat/insta-instrumentoi-kaupinojan-jaahdytyskapasiteettia-kaasvattavan-laajennuksen>.
4. Energiategollisuus Oy 2020. Kustannustehokas-ta ja ympäristöystävällistä kaukojäähdytystä. Hakupäivä 25.3.2022. <https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukojaahdytys>.
5. Pieper, Henrik 2019. Optimal Integration of District Heating, District Cooling, Heat Sources and Heat Sinks. Hakupäivä 25.3.2022. [https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/212285902/submitted\\_PhD\\_thesis\\_Henrik\\_Pieper.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/212285902/submitted_PhD_thesis_Henrik_Pieper.pdf).
6. Kinos, Merja. Toimistoarkkitehti. Tampereen kaupunki. Lämpöpumppulaitoksen sijoitus kaupunkialueella. Sähköpostikeskustelu 3.3.2022

## Lämpöpumppu rakennusten jäähdyttäjänä ja lämmittäjänä

*Jäähdytyksen tarve on kasvanut vuosi vuodelta, ja kasvu näyttää jatkuvan myös tulevaisuudessa. Jäähdytyksen ekologisuus ja energiatehokkuus ovat entistä tärkeämpiä kriteereitä järjestelmää valittaessa. Olisiko mikään sen parempaa, kuin että voitaisiin käyttää samaa energiaa sekä jäähdytykseen että lämmitykseen. Kaukolämpöverkkoon lauhduttavilla lämpöpumpuilla on vahvat edellytykset vastata tähän tarpeeseen. Lämpöpumppujäähdytys on ekologinen vaihtoehto perinteiselle kompressorijäähdytykselle, koska jäähdytysprosessissa syntyvä lämmin lauhde-energia voidaan hyödyntää joko kohderakennuksen lämmitykseen tai kaukolämmön tuottamiseen.*

Jäähdytystarpeen arvioidaan kasvavan Suomessa vuosittain noin 2 % vuoteen 2030 asti. Kasvun voi olettaa jatkuvan vähintään samalla tasolla myös jatkossa. Selittäviä tekijöitä jäähdytystarpeen kasvun taustalla ovat rakennuskannan määrän kasvu, ilmaston lämpeneminen sekä ihmisten kohonnut vaatimustaso laadukkaalle sisäilmalle. (1.)

**Jäähdytystarve jatkaa kasvuaan Suomessa, ja lämpöpumppujäähdytyksellä on hyvät edellytykset vastata kasvavaan tarpeeseen.**

Käytännössä kaikissa liikerakennuksissa sekä julkisissa rakennuksissa, kuten toimistoissa, on käytössä jonkinlainen jäähdytysjärjestelmä. Myös joissakin asuinkerrostaloissa on ollut käytössä erilaisia jäähdytysratkaisuja. Kaukojäähdytys on kasvattanut osuuttaan, ja sillä tuotetaan nykyään noin 20 % Suomen kokonaisjäähdytystarpeesta (1). Kaukojäähdytys on toimiva ja ympäristöystävällinen ratkaisu tiheään asutuilla alueilla, lähinnä suurten kaupunkien keskusta-alueilla. Oulussa ei kuitenkaan ole lähdetty rakentamaan kaukojäähdytysverkostoa, vaan ratkaisuksi on suunniteltu lämpöpumppujäähdytystä. Lämpöpumpputeknologia kehittyy jatkuvasti, ja jäähdytysprosessissa syntyvä lämpö saadaan hyötykäyttöön.

**Lämpöpumppu voidaan kytkeä kaukolämpöverkkoon**

Lämpöpumppu tuottaa jäähdytystä höyrystimessä, jossa kylmäaine sitoo lämpöä jäähdytettävästä aineesta. Tulistunut kylmäainehöyry luovuttaa lämpöpumpun lauhduttimessa lämpöä esimerkiksi lämmityspiiriin veteen. Lämpöpumpuista, jotka tuottavat yhtäaikaan sekä kylmää että lämpöä hyötykäyttöön, käytetään nimitystä CHC-lämpöpumppu (Combined Heating and Cooling). Lämpöpumpun lauhdutuksessa lämpöä vastaanottavana väliaineena voidaan käyttää kaukolämmön paluuvettä.



Kuva 1. Esimerkki Oilon Oy:n lämpöpumpusta (2).

Lauhde-energia voidaan hyödyntää myös kohderakennuksessa. Lauhduttimelta lämpö ohjataan rakennuksen lämmönjakokeskukselle, jolloin kaukolämpöverkon menoputkesta otettavan lämpöenergian tarve vähenee. Kun lauhdelämmölle on kaksi käyttökohdetta, saadaan syntyvä lauhde-energia varmemmin hyödynnettyä. Kaukolämpöverkko tuo myös varmuutta lämmitykseen, ja ylimääräinen lämpö voidaan johtaa kaukolämpöverkostoon muiden asiakkaiden hyödynnettäväksi. Suomessa on kattava kaukolämpöverkosto, joka takaa hyvät mahdollisuudet kaukolämpölauhduttiselle lämpöpumppujäähdytykselle.

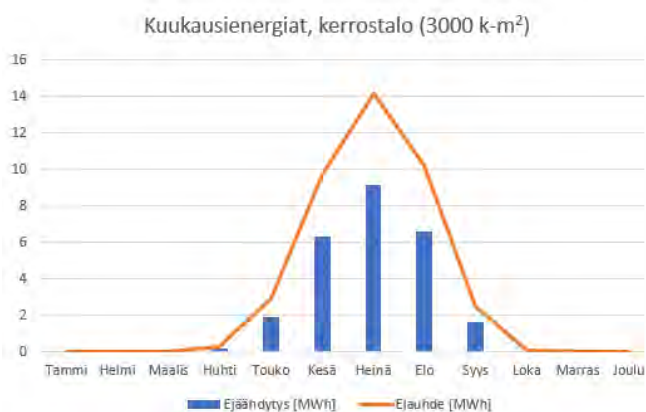
**Jäähdytystarve määrittää lauhteen määrän**

Jäähdytysprosessissa muodostuu lauhdetta jäähdytystarpeen määrittämänä. Tämä tarkoittaa, että kesän kuumimpina hetkinä, jolloin jäähdytystarve on suurimmillaan, lauhdetta muodostuu eniten.

Kun lämpöpumppua käytetään jäähdytystarkoitukseen, höyrystimen ja lauhduttimen välinen lämpötilaero on suurehko. Tämä laskee lämpöpumpun tuottokertoimia. Kylmäkerroin  $COP_C$  kuvaa lämpöpumpun jäähdytystehon ja kompressorin verkosta ottaman sähkötehon suhdetta. Lämpökerroin  $COP_H$  saadaan vastaavasti lämpöpumpun lauhdustehon ja kompressorin sähkötehon suhteesta.



Esimerkkitapauksessa on laskettu kerrostalon jäädytys- ja lauhde-energioita. Lämpöpumpun höyrystimeltä lähtee rakennuksen jäädytykseen 10-asteista vettä, ja rakennusta jäädyttänyt vesi palaa höyrystimelle 18-asteisena. Lauhduttimelle tulee kaukolämmön paluuvettä, joka lämpenee lauhduttimessa 75-asteiseksi. Näillä lämpötilasoilla kylmäkerroin on esimerkkikohteessa 1,8 ja lämpökerroin 2,7. CHC-lämpöpumpulla tuotetaan sekä jäädytystä että lämpöä hyötykäyttöön, jolloin tuottokertoimet voidaan laskea yhteen. Yhdistetty tuottokerroin, COP<sub>combined</sub>, on tässä tapauksessa 4,45. Tämä tarkoittaa, että lämpöpumppu tuottaa energiaa 4,45 yksikköä jokaista lämpöpumpun kompressorin kuluttamaa sähköenergian yksikköä kohden. Kuvassa 2 on kerrostalon lasketut jäädytysenergian tarpeet (3).



Kuva 2. Lauhde-energia suhteessa jäädytystarpeeseen (Juha Larinen).

Tutkitun kahdeksankerroksisen kerrostalon jäädytystarve on suurinta heinäkuussa, noin 9 MWh. Lämpöpumpun lauhduttimelta saadaan lauhde-energiaa vastaavalla ajanjaksolla noin 14 MWh eli noin 1,5-kertaisesti jäädytystarpeeseen verrattuna.

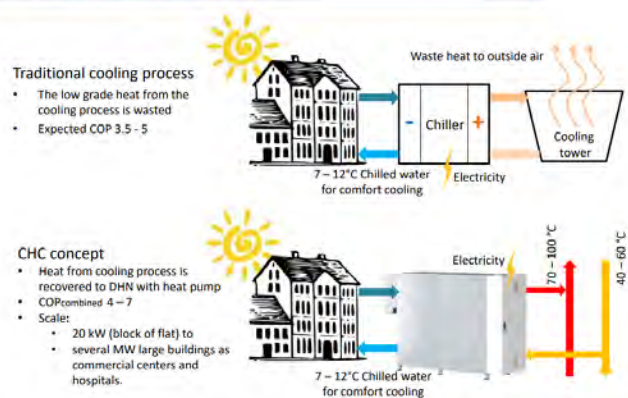
## Lauhde-energia voidaan hyödyntää

Perinteisessä kompressorijäädytyksessä sivutuotteena syntynyt lämpö jää usein hyödyntämättä. Lämpöpumpputeknologia kehittyy jatkuvasti, ja nykyisillä CHC-lämpöpumpuilla on mahdollista tuottaa yhä lämpimämpää lauhde-energiaa hyötykäyttöön kylmäkertoimen pysyessä kohtuullisen hyvänä.

Kaukolämmön menoveden lämpötila vaihtelee paikkakunnittain ja vuodenaikojen mukaan. Kesäaikana kaukolämpöveden menolämpötila on

yleensä noin 75 °C (4). Lämpöpumppujäädytyksessä lauhduttimelta saatava lauhde voidaan säätää vastaamaan kaukolämmön menoveden kesäaikaista lämpötilaa. Näin lauhde-energia voidaan ohjata kaukolämmön menoputkeen muiden kaukolämpöasiakkaiden hyödynnettäväksi.

## CHC – Concept description



Kuva 3. CHC-lämpöpumpun toimintaperiaate verrattuna perinteiseen kompressorijäädytykseen (5).

Monipuoliset lauhde-energian hyödyntämismahdollisuudet sekä lämpöpumpputeknologian jatkuva kehittyminen lisäävät kaukolämpölauhdutteen lämpöpumppujäädytyksen potentiaalia entisestään. Lämpöpumpun kompressorin käyttämällä sähköllä tehdään samalla kertaa sekä viilennystä että lämmitystä, jolloin lämpöpumppujäädytys on paitsi tehokas myös ekologinen vaihtoehto rakennusten jäädytykseen.

## Lähteet

- VTT 2015. Rakennusten jäädytysmarkkinat. Asiakasraportti. Hakupäivä 15.3.2022. [https://energia.fi/files/399/Rakennusten\\_jaahdytysmarkkinat\\_18-12-2015.pdf](https://energia.fi/files/399/Rakennusten_jaahdytysmarkkinat_18-12-2015.pdf).
- Oilon Group Oy. Teollisuuslämpöpumput. Oilon Chill-Heat P 30 – P 450 -teollisuuslämpöpumppu. Hakupäivä 9.5.2022. <https://oilon.com/fi/products/oilon-chillheat-p-30-p-450-teollisuuslampopumppu/>.
- Larinen Juha. 2022. Lämpöpumppujäädytyksen edellytykset. Valmisteilla oleva opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Energiatekniikan tutkinto-ohjelma.
- Energiateollisuus 2021. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2021. Hakupäivä 9.5.2022. [https://energia.fi/files/6412/Julkaistu\\_K1\\_2021\\_Rakennusten\\_kaukolammitys\\_Maaraykset\\_ja\\_ohjeet/](https://energia.fi/files/6412/Julkaistu_K1_2021_Rakennusten_kaukolammitys_Maaraykset_ja_ohjeet/)
- Suomen Lähienergialiitto ry. Oilon ChillHeat Industrial Heat Pumps and Chillers. Hakupäivä 12.3.2022. <https://lahienergia.org/wp-content/uploads/Oilon-Chill-Heat-EN-rev1.4-julkaistava.pdf>.

## Elementtien asennussuunnitelman laadun parantaminen

*Elementtien asennussuunnitelman laatimisesta määrätään Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Elementtien asennussuunnitelman laatiminen alkaa jo suunnittelijoiden pöydältä, sillä heiltä tarvitaan paljon lähtötietoja suunnitelmaan. Huolellisesti laadittu asennussuunnitelma takaa tuotannon turvallisuuden ja tehokkuuden työmaalla.*

Elementtien asennussuunnitelma on oltava kirjallisenä työmaalla ja suunnitelman laatimisesta huolehtii pää toteuttaja (1). Suunnitelma laaditaan usein lain vaatimusten täyttämiseksi ja tuotantotoiminnan selustan turvaamiseksi (2). Asennussuunnitelman hyödyntäminen elementtien asentamisen turvallisuuden hallinnassa ja työn tehokkuuden parantamisessa on satunnaista (2).

Elementtien asennussuunnitelmat tehdään monesti suurpiirteisesti ja niistä jää puuttumaan olennaisia kohdekohtaisia tietoja. Silloin elementtien asennussuunnitelma ei toimi tuotannonhallinnan työkaluna. Tämä ei tarkoita, että henkilöstö olisi ammattitaidotonta eikä osaisi tehtävänsä. (2)

Tietojen puuttuessa elementtien käsittelyä, varsinkin nostoja suoritetaan väärällä tavalla työturvallisuuden kustannuksella (2). Rakennesuunnittelija tai elementti valmistaja antaa ohjeet elementtien käsittelyyn ja nostamiseen (1). Rakennesuunnittelijalla sekä elementtien valmistajalla on velvollisuus myös tarkastaa ja hyväksyä elementtien asennussuunnitelma (1).

Asennussuunnitelmasta tulisi löytyä kaikki olennainen tieto kyseisen kohteen elementtiasennuksista. Näin rakennesuunnittelija ja elementti valmistaja voivat todeta, että heidän antamansa ohjeet on ymmärretty oikein.

### **Suunnittelun ohjauksessa huomio elementtisuunnitelmiin**

Suunnittelun ohjauksen tulee huolehtia, että tarvittavat lähtötiedot ovat saatavilla, kun elementtien asennussuunnitelmaa ryhdytään laatimaan.

Suunnittelun ohjauksessa tulisi kiinnittää enemmän huomiota elementtisuunnitelmiin. Elementit eivät saisi olla liian suuria tai hankalan muotoisia. Monesti työmaan johto esittää elementteihin muutoksia asentamisen helpottamiseksi. Muutoksen tekeminen työmaan työnjohdon pyynnöstä tapahtuu kuitenkin aivan liian myöhään.

Liian suurien elementtien asentamisen haasteena on oikean kokoisen nosturin hankkiminen. Ongelma ei ole riittävän suuren kaluston saaminen nostoa tekemään. Ei ole taloudellisesti järkevää ottaa työmaalle valtavaa konetta muutaman suuren elementin asentamista varten, jos elementtien kooka voitaisiin pienentää.

Elementtisuunnitelmissa huomataan puutteita elementtien asennussuunnitelmaa laadittaessa. Suunnitelmista puuttuu tietoja tai niissä on ristiriitaisia tietoja esimerkiksi elementtien nostamisesta ja tukemisesta. Joissain tapauksissa rakennesuunnittelijan ja elementtivalmistajan ohjeet sekä suunnitelmat ovat olleet ristiriitaiset. (2)

Tarvittavien lähtötietojen puuttuminen on käytännön esteenä elementtien asennussuunnitelmien laatimiselle. Tietojen puuttumisen syinä on rakentamisen ja rakennesuunnittelun kireät aikataulut. Rakennesuunnittelijalta tarvitaan paljon yksityiskohtaisia tietoja elementtien asennussuunnitelman laatimiseen. (2)

### **Elementtien asentaminen**

Elementtien asennukseen liittyy paljon riskejä. Työvaiheessa käsitellään raskaita kappaleita, jotka on suunniteltu nostettavaksi ja käsiteltäväksi tietyllä tavalla. On erittäin tärkeää, että nostot suoritetaan suunnitellulla tavalla. Tällöin nostot ovat turvallisia eikä elementtejä vaurioiteta.

Elementtien nostaminen työmaalla on työnjohdon vastuualuetta. Työnjohdon pitää ymmärtää rakennesuunnittelijalta tai elementtien valmistajalta saadut ohjeet. Elementtien asennussuunnitelman laatimista voidaan käyttää myös menetelmänä nostotapaohjeiden ja muun ohjeistuksen ymmärtämiseen. (2)

Rakennustyömailla elementtejä asentavat henkilöt nostavat ja asentavat elementtejä usein totutuilla tavoilla. Nämä työtavat eivät välttämättä ole rakennesuunnittelijan tai elementtien valmistajan ohjeistuksen mukaisia. (2)

Vääränlaiset nostot käyvät ilmi onnettomuuden tai läheltä piti tilanteen sattuessa. Rakennesuunnittelija ei ole työmaalla valvomassa, että nostot suoritetaan annettujen ohjeiden mukaan.



*Kuva 1. Sandwich-elementin asennusnosto kahdella nosturilla. Kahden nosturin nostot ovat aina erikoisnostoja ja vaativat lisäksi erillisen nostosuunnitelman kirjallisena.*

## Elementtien asennussuunnitelma

Elementtien asennussuunnitelma laaditaan yksiselitteiseksi. Siitä selviää tarkasti, miten elementtejä työmaalla käsitellään, nostetaan, varastoidaan ja asennetaan. Elementtien asennussuunnitelmaa tulee käyttää apuna työvaiheessa, ohjekirjana kyseisen kohteen elementtiasennuksiin.

Rakennesuunnittelijan antamissa ohjeissakin on monesti tulkinnan varaa ja joskus tehdään väärää tulkintoja siitä, miten elementit tulisi nostaa. Vääränlaiset tulkinnat eivät myöskään selviä huolimattomasti laaditusta asennussuunnitelmasta.

Yleensä elementtien asennussuunnitelmissa on listattuna elementit ja nostoapuvälineet. Kuitenkaan suunnitelmassa ei suoraan kerrota mitä nostotapaa ja nostoapuvälinettä millekin elementille pitää käyttää. (2)

## Ohjeen käyttöönotto

Opinnäytetyönä toteutettu elementtien asennussuunnitelman laadintaohje otetaan käyttöön kohdeyrityksen tulevissa rakennushankkeissa. Ohjetta voidaan käyttää jo suunnittelun ohjauksen apuna, sillä siitä selviää mitä lähtötietoja tarvitaan elementtien asennussuunnitelmaa varten.

Asennussuunnitelman laatijalle ohjeessa on kerrottu mitkä asiat tulee tuoda esille ja millä tarkkuudella ne esitetään. Huolella laadittu elementtien asennussuunnitelma parantaa työturvallisuutta sekä tehokkuutta toimien ohjekirjana työvaiheeseen.

Kohdeyrityksessä elementtien asentamiseen liittyvään työn ennakkosuunnitteluun panostetaan enemmän. Tuotantoyhdöllä suunnatun elementtien asennussuunnitelman laadintaohjeen lisäksi tehdään omat ohjeet rakennesuunnittelijoille, eli vähintään listaus jokaisessa kohteessa asennussuunnitelmaa varten tarvittavista lähtötiedoista.

## Lähteet

1. Valtioneuvostonasetus rakennustyön turvallisuudesta 2009/205. Annettu Helsingissä 26.8.2009. Hakupäivä 1.3.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidm45237816520208>.
2. Syrjälä, Harri 2022. Elementtien asennussuunnitelman laadintaohje. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 4.5.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202203153523>.



projektinhallintaan. Projektinhallinnan kolme päänsäkökulmaa ovat tietoalueet ja prosessit, projektihenkilöstön osaaminen ja ominaisuudet sekä työvälineet ja dokumentoinnit. Hyvällä projektinhallinnalla pystytään välttämään monia projekteissa esiintyviä tyypillisiä sudenkuoppia. Itse projektin tärkeimmät onnistumisen kriteerit ovat kustannukset, laatu ja aikataulu.



Kuva 3. Projektinhallinnan onnistumisen kriteerit (1).

LVIA-suunnitteluprojektit ovat pääsääntöisesti toimitusprojekteja, jotka tehdään ulkopuoliselle tilaajalle. Itse suunnitteluprojektin toteuttaminen on toimittajan oma asia. Suunnitteluprojektin etenemistä voidaan seurata esimerkiksi tarkistuslistojen avulla. Listojen avulla voidaan myös kiinnittää huomiota eri vaiheiden laatuun.

Suunnitteluprojekti on usein osa rakennusprojektiä, jonka aikataulu on pitkälle määritetty jo projektin alussa. Aikataulukseen vaikuttaa vahvasti asiakkaan tavoitteleva laatutaso, joka tulee olla tiedossa ja sovittuna suunnitteluprojektin alkuvaiheessa. Laatutaso vaikuttaa tarvittavaan työmäärään ja toisaalta myös tekijöiltä vaadittavaan osaamiseen.

**Projektinhallinnan kehittäminen on pitkäjänteistä toimintaa, jossa on luotava yhtenäiset toimintatavat.**

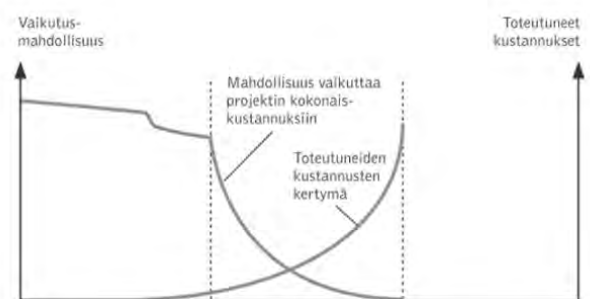
Projektin onnistumisen kannalta olennaista on myös oikeanlaiset työvälineet ja dokumentointi. Rakennusprojektin asiakkailta voi olla erilaisia vaatimuksia esimerkiksi tietomallin hyödyntämisen tasosta. Tietomallin taso vaikuttaa varsinkin loppudokumentaation laajuuteen.

LVIA-suunnitteluprojektin kannalta olennaisimmat parannukset suunnitteluprosessiin olivat eri vaiheiden tarkistuslistat, mallidokumentit ja henkilöstön osaamisen oikea hyödyntäminen henkilöstöjohtamisen keinoin. Projektinhallinnan kehittäminen on

pitkäjänteistä toimintaa, jossa on luotava yhtenäiset toimintatavat.

## Lisäarvoa suunnittelijan kustannustietoisuudella

Rakennusprojektin alkuvaiheen päätökset määrittävät suurelta osin projektin toteutuvat kustannukset ja niihin vaikuttaminen projektin myöhemässä vaiheessa on vaikeampaa. Tämän vuoksi suunnittelijan rooli hankkeen kustannusten määrittämisessä on suuri. Kustannustietoisuudella ohjataan suunnittelijaa tekemään kokonaistaloudellisesti edullisempia ratkaisuja. Ratkaisujen on kuitenkin samalla oltava toimivia. Kustannustietoisuutta voidaan lisätä sillä, että suunnittelija laskee suunnitelmistaan arviohinnan urakalle.



Kuva 4. Alkuvaiheessa tehtyjen päätösten tärkeys projektin toteutuneisiin kustannuksiin (4).

Kustannuslaskenta ohjaa suunnittelun tietosisältöä tarkemmaksi ja saattaa paljastaa myös suunnitteluvirheitä, jotka tulisivat ilmi mahdollisesti vasta työmaavaiheessa. Kustannuslaskennan kautta saadun vertailuhinnan perusteella rakennushankkeeseen ryhtyvä voi tarvittaessa tehdä muutoksia suunnitteluratkaisuihin riittävän aikaisin.

## Lähteet

1. Jokitalo, Mikkola, Pentti 2022. LVIA-suunnitteluprosessin kehitys. Oulun ammattikorkeakoulu. Talotekniikan tutkinto-ohjelma (YAMK). Opinnäytetyö. Hakupäivä 04.05.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202203304164>
2. Torkkola, Sari 2015. Lean Asiantuntijatyön johtamisessa. Liettua: Balto print.
3. Kettunen, Sami 2009. Onnistu projektissa. 2. Uudistettu painos. Helsinki: WSOYpro Oy.
4. Arto, Karlos, Martinsuo, Miia & Kujala, Jaakko. 2011. Projektilliketoiminta. Helsinki: WSOY.

## Vertailemalla varmistetaan mitoitusohjelmien luotettavuus

Rakenneteknisessä suunnittelussa käytetään apuna ohjelmia, joilla voidaan täydentää laskentaa käsin laskennan lisäksi. Vaativien mitoitus tehtävien yhteydessä tietokoneohjelmien käyttäminen on välttämätöntä ja ohjelmien käyttöön oton yhteydessä on varmistettava, että käytettävää ohjelmaa osataan käyttää oikealla tavalla. Lähtöarvojen syöttäminen ohjelmaan ei vaadi suurta osaamista. Kyky arvioida saatujen tulosten oikeellisuutta on todellista osaamista.

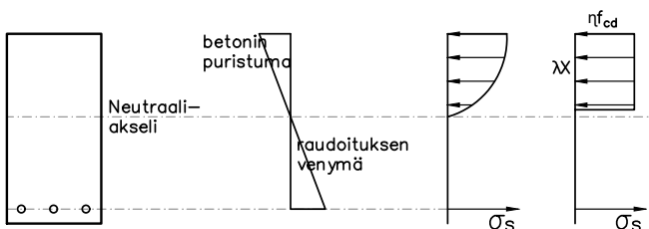
Artikkeli pohjautuu Insinööritoimisto Ponvia Oy:lle tehtyyn opinnäytetyöhön, jossa käsiteltiin teräsbetonipoikkileikkauksen mitoitusta Structural Bridge design -ohjelmalla murto- ja käyttörajatiloissa. Opinnäytteessä vertailtiin lisäksi SBD:n mitoitusta KATA-ohjelman ja käsin laskennan avulla suoritettuun mitoitukseen. (1.)

Teräsbetonipoikkileikkauksen mitoitus murtorajatilassa poikkileikkausta taivuttavan kuormituksen vaikuttaessa yhdestä suunnasta on suhteellisen yksinkertaista. Mitoituksesta tulee paljon haastavampaa vinon taivutuksen tapauksessa ja normaallivoiman vaikuttaessa yhtä aikaa.

### Pelkkä taivutus

Pelkässä taivutuksessa poikkileikkausta kuormittaa yhdestä suunnasta taivutusmomentti. Murtorajatilamitoituksella varmistetaan rakenteen kestävyys tietyissä olosuhteissa ja tietyille käyttöille (2). Taivuttavan kuorman vaikuttaessa poikkileikkauksen yläpintaan syntyy puristusta ja alapintaan vetoa. Betonin puristuskestävyys on hyvä ja betoni ottaa vastaan puristuksen. Poikkileikkauksen teräkset valitaan mitoituksen avulla niin, että ne pysyvät ottamaan vastaan poikkileikkaukseen aiheutuvan vetorasituksen. (3.)

Mitoitusta tehtäessä tarkastellaan sallituissa jännitysrajoissa pysymistä betonin ja terästen jännitysten osalta. Jännitys-muodonmuutosriippuvuutta käytetään poikkileikkauksen jännitysten ja muodonmuutosten määrittämiseen (3). Muodonmuutokset eli betonin puristuma- ja raudoituksen venymä kuvio esitetään kuvassa 1.

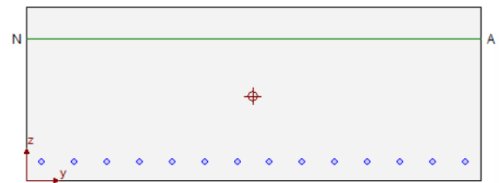


Kuva 1. Raudoitettujen poikkileikkauksen jännitys- ja venymäjakaumat (mukailleen 2).

Poikkileikkauksessa on vallittava tasapaino jännitysten ja voimien suhteen. Vetoraidoitettujen poikkileikkauksen voimatasapaino muodostuu terästen ja betonin yhtä suurista vastakkaisista resultanttivoimista, jolloin tasapainotila voidaan esittää seuraavasti:

$$N_{RC} = N_{RS} \quad (3)$$

Vetoraidoitettujen poikkileikkauksen neutraaliakseli eli linja, jolla jännitys on nolla, kulkee poikkileikkauksen pintakeskiön kautta pelkän taivutuksen vaikuttaessa yhdestä suunnasta. Kuvassa 2 nähdään neutraaliakselin paikka (NA). Rasitetuimmat pisteet mitoituksen kannalta sijaitsevat kaukana neutraaliakselista.



Kuva 2. Vetoraidoitettu poikkileikkaus, jossa neutraaliakseli näkyy vihreänä viivana. (kuvakaappaus SBD).

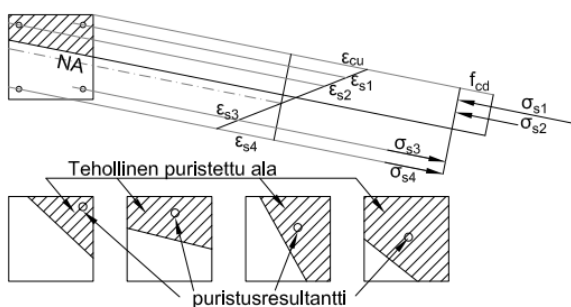
Käsin laskennassa murtorajatilamitoitus eroaa SBD-ohjelman ja yleensäkin ohjelmien mitoituksesta. Murtorajatilassa poikkileikkauksen mitoitus perustuu käsin laskennassa betonin suorakaiteen muotoisen yksinkertaistetun jännitysjaakauman käyttöön (kuva 1). Puristuspuunnan korkeus ja venymät eivät ole suoraan verrattavissa ohjelmista saataviin arvoihin. Yksinkertaistettua jännitysjaakamaa käytettäessä betonin murtopuristuman arvo on suoraan betonin venymän arvo. Asetettaessa SBD-ohjelman murtorajatilakuorma aivan poikkileikkauksen kestävyuden ääriarvoille, ohjelman arvot lähestyvät puristusvyöhykkeen korkeuden ja venymien osalta käsin laskennan arvoja.

### Vino taivutus ja normaalivoima

Poikkileikkauksen mitoitus muuttuu haastavammaksi, kun rakennetta kuormitetaan useasta suunnasta. Edelleen kuitenkin pätee se, että kappaleeseen muodostuu puristettu ja vedetty alue ja poikkileikkauksessa tulee vallita voimien tasapaino.

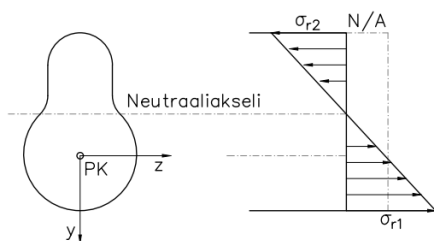
Useasta suunnasta kuormitetun poikkileikkauksen kohdalla on tiedostettava, että jo poikkileikkauksen muoto vaikuttaa siihen, että homogeenistakin materiaalia olevan poikkileikkauksen taivutuskestävyys voi olla erisuuruinen rakenteen eri suunnissa.

Taivutusmomentin kuormittaessa rakennetta kahdessa sen pääsuunnassa on kyseessä vino taivutus. Vinossa taivutuksessa poikkileikkauksen niin sanottu nollajännitys akseli eli neutraali akseli asetuu usein vinoon johtuen kuormittavien momenttien suuruuksien suhteesta. Samalla myös poikkileikkauksen puristettu ala saa eri muotoja, joita esitetään kuvassa 3. (1.)



Kuva 3. Raudoitettu betonipoikkileikkaus vinossa taivutuksessa (mukaillen 1).

Normaalivoiman kuormittaessa rakennetta yhtä aikaa taivutusmomentin kanssa lisää se poikkileikkauksen puristus- tai vetoalaa riippuen siitä, minkä suuntainen normaalivoima on. Normaalivoima aiheuttaa jännitystä poikkileikkaukselle. Poikkileikkauksen jännityskuvio muuttuu normaalivoiman vaikuttaessa eikä neutraali akseli enää kulje pinta-keskiön (PK) kautta, mikä havainnollistetaan kuvassa 4 (4).



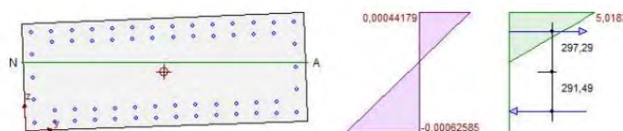
Kuva 4. Neutraali akseli ja jännitys jakauma poikkileikkauksessa, johon yhteisvaikuttavat normaalivoima ja taivutus (mukaillen 4).

Useasta suunnasta rasitetun ja kaikilta sivuiltaan raudoitettujen poikkileikkauksen mitoitus käsin on haastavaa. Mitoituksessa on otettava huomioon, että teräkset ovat eri jännitystiloiissa eri puolilla poikkileikkausta ja neutraali akselin paikantaminen käsin on työläästä. (2.)

## Ohjelma apuna mitoituksessa

SBD-ohjelmalla haasteellistenkin poikkileikkauksien mitoittaminen on mahdollista. Ohjelmaa

käytettäessä tulee asettaa oikeat arvot ohjelmaan mitoituksen standardien mukaisuuden varmistamiseksi. On tarkistettava, että kaikki tarpeellinen on oikein huomioituna laskelmien suorittamista varten, muun muassa kertoimet, kuormat ja poikkileikkauksen rauditus. Ohjelmista saadaan murtorajatilamitoituksessa tarkat betonin ja terästen jännitykset sekä niitä vastaavat venymät. Kuvassa 5 esitetään kaikilta sivuiltaan raudoitettu haastava mitoitus tapaus, jonka mitoitus ohjelman avulla onnistuu hyvin.



Kuva 5. Poikkileikkaus murtorajatilalaskennan jälkeen SBD-ohjelmassa (kuvakaappaus SBD).

Ohjelmilla voi olla rajoituksia ominaisuuksiin liittyen esimerkiksi maakohtaisesti, niin SBD:lläkin. Ohjelmaan ei pysty muokkaamaan laskennassa käytettävää betonipeitettä todellisesta betonipeitteestä poikkeavaksi.

## ”Ohjelma on hyvä renki, mutta huono isäntä”

Mitoituksen luotettavuutta lisää käytettävien ohjelmien hyvä tuntemus ja menetelmien sekä mitoitus tulosten vertailu muiden menetelmien mitoitus tuloksiin. Ohjelman käyttäjän täytyy pystyä kriittisesti arvioimaan saatuja tuloksia ja tietää, mitä laskeaan. Esimerkiksi SBD-ohjelman halkeamalaskennan tuloksissa on merkityksellisiä eroja ohjelmassa tehdyistä valinnoista riippuen. Mitoitusohjelmat ovat tarpeellisia työkaluja, kun käyttäjä tietää, mitä tekee ja huomioi ohjelmien rajoitteet.

## Lähteet

1. Savolainen, Mira 2022. Teräsbetonipoikkileikkauksen mitoitus Structural Bridge Design -ohjelmalla ja vertailu KATA-ohjelmaan sekä käsin laskentaan. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinäytetyö. Hakupäivä 31.5.2022. <https://www.theseus.fi/handle/10024/747120>.
2. Leskelä, Matti 2008. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus by 210. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
3. Megson, T.H.G 2014. Structural and Stress Analysis Third Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.
4. Suomen Betoniyhdistys ry 2015. Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja, osa 1 2013 by 211. Tampere: Tammerprint.
5. Salmi, Tapio & Pajunen, Sami 2010. Lujusoppi. Tampere: Pressus Oy.

## Kääntötarttujalla tehokkuutta komponenttien käsittelyyn

*Globaali koronapandemia teki sivuvirtaustesterit tutuiksi suurimmalle osalle suomalaisista koronan kotitestiä muo-  
dossa. Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) tuotekehityskurssilla pureuduttiin testereiden automaattiseen kokoonpa-  
noon ja pyrittiin kehittämään testereiden kansi- ja pohjaosien käsittelyyn kääntötarttuja.*

Oulussa toimiva Ginolis Ltd valmistaa tuotantolin-  
joja lääketieteellisen kertakäyttöisen diagnosti-  
ikan ja mikrofluidistiikan tarpeisiin. Ginoloksen tuo-  
tevalikoimaan kuuluu modulaarisia kokoonpanolin-  
jastoja, joilla valmistetaan immunokromatografisia  
sivuvirtaustestereitä (LFT). Kyseisiä testereitä käytetään muun muassa lääketieteellisen diagnosti-  
kan kotitesteissä. Testeri koostuu pohjaosasta,  
testiliuskasta ja kannesta. Pohja ja kansi ovat ruis-  
kuvalettuja muoviosia.

### LFT-testereitä käytetään muun muassa lääketieteellisen diagnostiikan kotitesteissä.

Kokoonpanossa robotti asettaa testerin pohjaosan kuljettimelle tai paletille, jossa on muotosulkeinen insertti. Pohjaosa siirtyy insertistä eteenpäin pisteeseen, jossa testiliuska asennetaan paikalleen. Tämän jälkeen liuskan sisältävä pohjaosa siirtyy eteenpäin asemaan, jossa Scara-robotti poimii alipainetarttujan avulla liukuhihnalta kannen asettaen sen liuskan sisältävän pohjaosan päälle.

Projektin lähtökohtana oli nykyinen tilanne, jossa konenäkö tunnistaa oikein päin linjalla olevan kannet ja poimii sen. Projektin tavoitteena oli kehittää kääntötarttuja, joka kykenee poimimaan myös linjalla väärinpäin olevan kannen ja kääntämään sen oikein päin kokoonpanoa varten. Projektin laajuuden vuoksi aihe rajattiin mekaniikan suunnitteluun ja toimivan prototyypin valmistukseen.

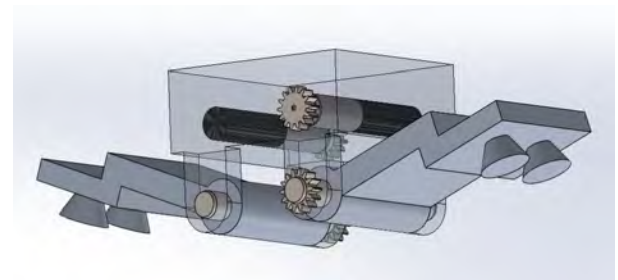
### Tiukat raamit aiheuttivat haasteita

Suunnittelun suurimmat haasteet aiheutuivat projektin tiukoista vaatimuksista, joista tärkeimmät olivat seuraavat:

- mitat X, Y, Z: 90 x 90 x 70 mm
- paino alle 300 g
- tahtiaika 0,5 s
- tuotekohtaiset vaihdettavat tarttujat.

Maksimipainon takia tarttujan kääntöliike täytyi toteuttaa yhdellä toimilaitteella, jonka

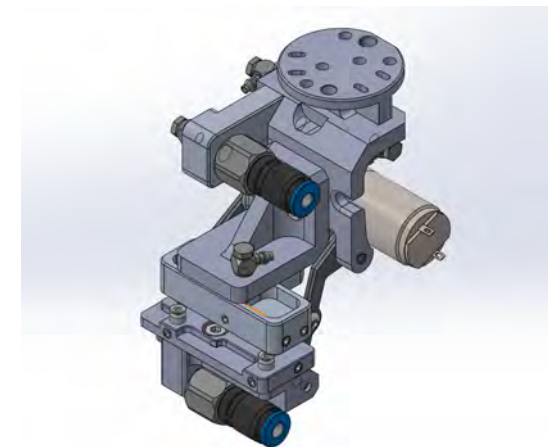
toteuttamiseksi täytyi suunnitella nivelmekanismi. Nivelmekanismien teorian opiskelu ja sen soveltaminen projektin esi- ja yksityiskohtaisen suunnittelun aikana veivät odotettua enemmän aikaa, ja kääntöliikkeen toteuttamistavasta kertyikin useita versioita. Kääntöliikkeen toimilaitteeksi valittiin servomoottori sen tarkkuuden ja nopeuden takia ja kappaleiden tartunta toteutettiin alipaineella. Kuvassa 1 näkyy esisuunnitteluvaiheen jälkeen valittu toteutusvaihtoehto.



Kuva 1. Esisuunnittelun jälkeen valittu ratkaisuvaihtoehto.

### Tarttujan lopullinen geometria

Kuvassa 2 esitetty kääntötarttujan lopullinen versio ei lopulta muistuttanut juuri ollenkaan esikatselmoinnin versiota. Tietotaidon karttuessa päädyttiin lopulta nelinivelmekanismiin, jolla liike saatiin toteutettu yhdellä toimilaitteella. Liikeratojen simuloitiin ja nivelpisteiden sekä varsien pituuksien laskemiseen käytettiin Solidworks-ohjelmistoa.



Kuva 2. Lopullinen versio tarttujasta.



Rungossa ja tarttujien vaihdettavissa kappaleissa käytettäväksi materiaaliksi valittiin alumiini hyvän koneistettavuuden, lujuuden ja keveyden vuoksi. Varsien materiaaliksi valittiin hiilikuitu sen keveyden ja jäykkyyden takia.

Lopullisten mittojen hiominen liikkeiden optimoimiseksi vei vielä oman aikansa, ja sen jälkeen projekti alkoi edetä vauhdilla.

Haasteita aiheutti myös tarttujan pieni koko, jonka seurauksena komponentit piti saada sovitettua hyvin kompaktiksi paketiksi. Pienen koon ja tarkkojen vaatimusten vuoksi pienetkin muutokset mekaniikassa vaikuttivat muiden komponenttien geometriaan.

Vaikka projekti lähtikin hitaasti liikkeelle, kärsivällisyys suunnittelun aikana palkittiin ja prototyypin valmistuksen ja kokoonpanon aikana ongelmia ei enää esiintynyt. Mekaniikan pienen kokoluokan ja sen tarkkuuden takia koneistaminen toteutettiin pääosin Promec Oy:n tiloissa. Kuvassa 3 on kääntötarttujan päärunko koneistuksen aikana.



Kuva 3. Tarttujan rungon koneistaminen.

Tarttujan prototyyppiä ei saatu täysin toimintakuntoon servomotoorin pitkän toimitusajan takia ja testauksessa keskityttiinkin lähinnä nelinivelmekanismien toiminnan tarkasteluun. Suunniteltu tarttuja täytti sille asetetut mitta- ja painovaatimukset. Rakenteesta tuli myös hyvin jäykkä, eikä rakenteessa ollut havaittavissa suuria välyksiä, jolloin paikoitus-tarkkuus pysyy hyvänä. Kuvassa 4 on valmis prototyyppi kokoonpantuna.



Kuva 4. Valmis prototyyppi.

### Jatkokehitysehdotukset

Jatkokehityksen kannalta tarttujassa on useita pieniä kehityskohteita. Hiilikuituvarret liimattiin prototyyppiä varten kahdesta erillisestä identtisestä osasta, mutta toleranssien hallinnan ja kokoonpanon helpottamisen kannalta varret tulisi valmistaa yhtenä osana, paksummasta hiilikuitulevystä.

Komponenttien mekaanista kulumista tulisi myös testata ennen tuotteen viemistä markkinoille. Huolena on, että hiilikuituinen varsi kuluttaa alumiinirunkoa johtaen suurempiin välyksiin, tarkkuuden huonontumiseen sekä mahdollisesti irronneen alumiini- ja hiilikuitupölyn päätymiseen tuotteisiin.

## Jäystetikkujen sahauslaite

Tämä artikkeli esittelee Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) tuotekehitysprojektin kurssilla valmistetun jäystetikkujen sahauslaitteen suunnittelun ja valmiin prototyypin. Projektityön ovat tehneet Oulun ammattikorkeakoulun koneauto-maatio-opiskelijat asiakasyritykselle JMC Engine Oy opettajan ohjauksessa. Projektin tavoitteena oli valmistaa toimiva prototyyppi laitteesta, jolla asiakas voi itse valmistaa jäysteiden poistossa käytettäviä tikkuja.

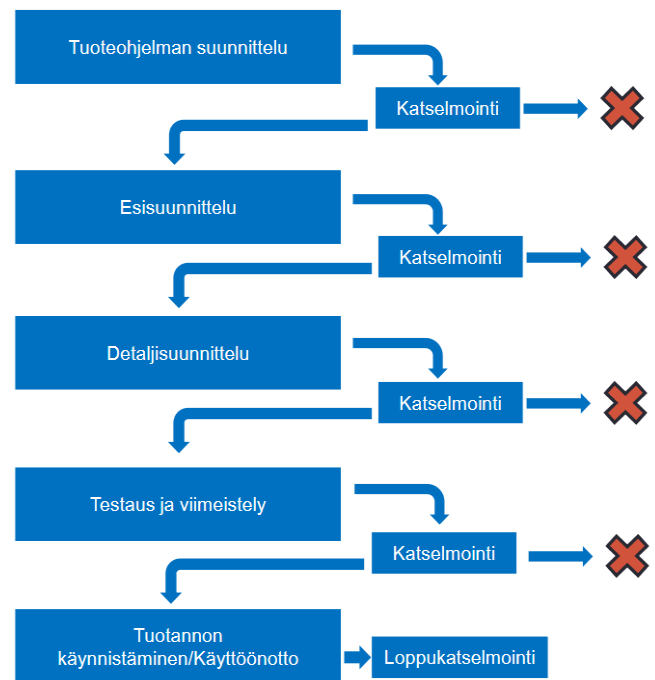
Aihe projektityölle saatiin syksyn 2021 Konetekniikan Pitching -tapahtumasta, jossa JMC Engine Oy:n Lauri Pigg oli esittelemässä mahdollisia projektityön aiheita. Yrityksellä oli selkeä tarve laitteelle, jolla yritys pystyisi itse valmistamaan jäysteiden poistoon soveltuvia tikkuja eli ”tolloja”. Tollo tulisi voida katkaista haluttuun mittaan, ja toiseen päähän tulisi voida tehdä 1 mm:n levyinen ja 13 mm syvä hahlo. Tollojen paksuus on joko 4 mm, 5 mm tai 6 mm.



Kuva 1. Tollo.

### Systemaattinen tuotekehitys osana tuotekehitysprosessia

Tuotekehitysprosessin aikana hyödynnettiin systemaattisen tuotekehityksen askeleita esisuunnittelusta aina yksityiskohtaiseen suunnitteluun ja prototyypin valmistukseen. Suunnittelussa ja riskien arvioinnissa sovellettiin Valtioneuvoston asetusta koneiden turvallisuudesta Vna 12.6.2008/400 laitteen turvallisuuden takaamiseksi (2).



Kuva 2. Tuotekehitysprosessi (1, s. 3).

### Suunnittelun tärkeys korostuu

Projekti käynnistyi aloituspalaverin jälkeen projektisuunnitelman tekemisellä. Projektisuunnitelmaan kirjattiin keskeiset asiat projektin toteutuksesta, aikataulusta ja projektin tuloksista. Projektisuunnitelma hyväksyttiin katselmoinnissa, minkä jälkeen laitteen esisuunnittelu aloitettiin. Esisuunnittelun alussa laitteen toiminnot jaettiin osatoimintoihin ja edelleen mahdollisiin ratkaisuvaihtoehtoihin. Osatoimintoihin kuuluivat tikun asettaminen laitteeseen, tikun katkaisu haluttuun mittaan ja hahlon teko tikun päähän. Esisuunnitteluvaihe päättyi katselmointiin, jossa valittiin toteutettava ratkaisuvaihtoehto laitteen toiminnasta.

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa alettiin pohtia tarkemmin laitteen toimintaa ja sen käyttöä. Projektiryhmän jäsenille jaettiin omat vastualueet moottorin liikkeestä, rungosta, käyttölaitteista ja tikun kiinnityksestä. Yksityiskohtaiseen

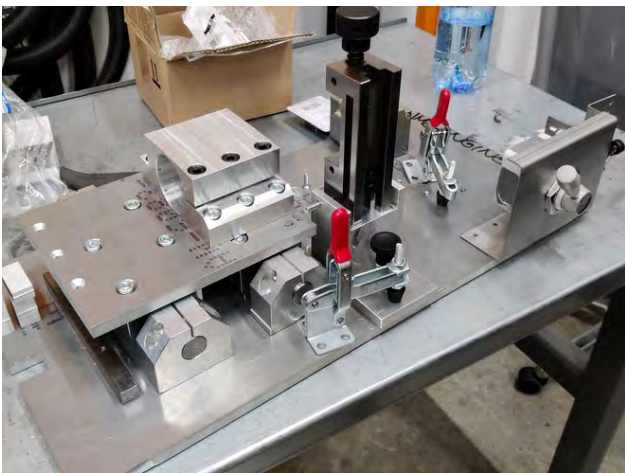
suunnitteluun kuului paljon mekaniikkasuunnittelua ja osien geometrioiden mallinnusta.

Ohjausjärjestelmään sekä turvallisuuteen ja ergonomiaan liittyviin asioihin, kuten laitteen kokoon ja painoon, täytyi paneutua entistä tarkemmin. Yksityiskohtaisen suunnittelun lopuksi laitetta varten tilattiin tarvittavat komponentit ja viimeisteltiin valmistettavien osien piirustukset.

Projektin suunnittelun tärkeys korostui yksityiskohtaisen suunnittelun loppupuolella, ja projektiryhmälle alkoi muodostua kokonaiskuva projektin kuluista. Hyvä aikataulutus varmisti projektin onnistumisen myös prototyypin valmistuksessa.

### Suunnitelmasta prototyyppiin

Prototyypin valmistus aloitettiin valmistamalla laitteeseen tulevat osat. Koska laitteessa on paljon kriittisiä ja tärkeitä sovituksia, oli osien valmistuksessa käytettävä erityistä huolellisuutta ja tarkkuutta.



Kuva 3. Osien sovitus pohjalevyyn.

Laitteen toiminnan kannalta keskeisimmät osat ovat moottorin kiinnitys sekä puristimen paikoitus ja liike.

### Valmiin prototyypin esittely

Sahauslaite toimii paineilmamoottorilla, johon on kiinnitetty sahajyrsin tikun katkaisua ja hahlon tekoa varten. Moottori on kahden lineaarijohteen päällä, ja sitä voidaan liikuttaa laitteen vasemmalla puolella sijaitsevasta kahvasta.

Katkaistavat tikut eli tollot kiinnitetään ruuvipuristimeen, joka on liikuteltavissa 90 astetta. Tämän

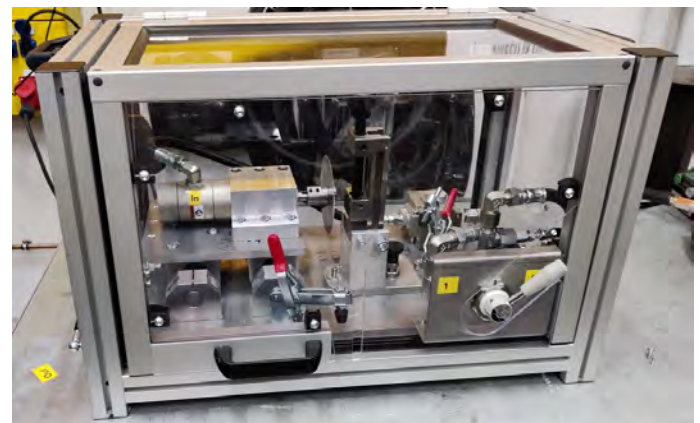
ansiosta tikun katkaisu ja hahlon teko onnistuvat samalla terällä puristinta liikuttamalla. Ruuvipuristin paikoittuu pöytään indeksitapin avulla, ja kiinnitys varmistetaan käsikäyttöisellä puristimella.

Kokonaisuus on asennettu alumiinilevyn päälle ja sijoitettu alumiiniprofiilista valmistetun rungon sisään. Rungon ympärillä on polykarbonaattilevyt ja edessä luukku, joka suojaa käyttäjää ja mahdollistaa laitteen turvallisen käytön. Luukku painaa rullaohjatun venttiiliin kiinni, minkä jälkeen laite voidaan käynnistää edessä olevasta vivusta.

### Projektin tulokset

Laitteesta valmistettiin prototyyppi suunnitelman mukaisesti. Laitetta päästiin testaamaan Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan pajalla onnistuneesti, mutta testauksen yhteydessä todettiin, että sahajyrsimen kiinnitys kaipaa hieman parannuksia.

Laite on tarkoitettu ottaa jokapäiväiseen käyttöön JMC Engine Oy:n Ruukin tehtaalla sahajyrsimen kiinnityksen parannuksen jälkeen. Projektin aikana prototyypin yhteydessä tuotettiin myös kaikki tarpeellinen dokumentaatio CE-merkintää varten.



Kuva 4. Valmis prototyyppi.

### Lähteet

1. Kontio, Esa 2022. TK00BP67 Systemaattinen tuotekehitys 5 op. Opintojakson luennot syksyllä 2021 ja keväällä 2022. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö.
2. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400. Hakupäivä 9.5.2022. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>.

## Mekaniikan vastaanottotarkastuksen automatisointi

*Tämä artikkeli esittelee projektin, joka on tehty Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) opintojaksolla Tuotekehitysprojekti. Projektin toteuttivat Oamkin koneosaston koneautomaatio-opiskelijat. Suunnittelutehtävän lähtökohtana oli automatisoida RF-laitteiden alumiiniosien vastaanottotarkastus siten, että kollaboratiivinen robotti tarkastaa osista niiden kokoonpanon kannalta kriittiset mitat sekä niihin pursotettujen FIP-tiivisteiden oikean paikoituksen ja korkeuden.*

*Testaaminen vaatii suurta tarkkuutta ja toistettavuutta, mikä tekee siitä otollisen automatisointikohteen.*

### Suunnitteluvaihe

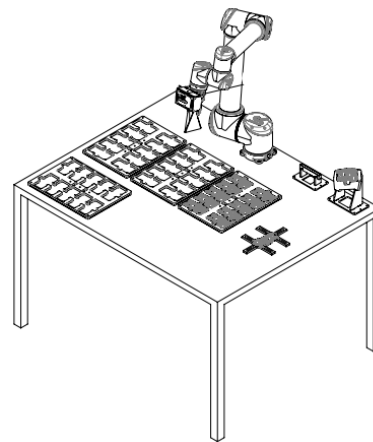
Projektityön tavoitteena oli saada suunniteltua ja kehitettyä automatisoitu prototyyppi tarkastusso-lusta. Projekti aloitettiin esisuunnittelulla, jossa kerättiin parhaaksi katsotut menetelmät kappaleiden tarttumista ja tiivisteiden tarkastusta varten Excel-taulukkoon. Vaihtoehtoja vertailtiin toisiinsa ominaisuuksien kannalta ja parhaat valittiin tarkem-paan tarkasteluun. Seuraavaksi vaihtoehtoja ver-tailtiin keskenään konsultoimalla ammattilaisia ja tekemällä testejä. Lopullinen valinta tehtiin pistearvioinnin avulla, ja voittajaksi valikoituivat servotart-tuja ja Trispector 1008 -3D-laserkeilauskamera. Robotiksi valittiin Universal Robots UR10e, sillä se löytyi jo valmiiksi koululta.

Seuraavana projektin vaiheena oli yksityiskohtai-nen suunnittelu, jossa perehdyttiin valittuihin jär-jestelmiin. Ryhmä valmisti myös koulun pajalla tar-kastustelineen kappaleen reunan tarkastusta var-ten, kiinnittimet kappaleiden kohdistusta varten ja tarttujan kynnet. Projektiryhmä siirtyi mahdollisim-man nopeasti esisuunnittelun Teams-puheluista paikan päälle harjoittelemaan laitteiden käyttöä koulun automaatiolaboratorioon, jossa vietettiin suurin osa loppuprojektista. Nopea laboratorioon siirtyminen osoittautui projektin kannalta hyödy-liseksi, sillä robottisolun valmistus ja testaus oli haastavampaa kuin aluksi ajateltiin.

### Robottisolun toimintaperiaate

Solussa ihminen lastaisi tarkastettavat kappaleet tarjottimilla pinoon, josta robotti lähtisi purkamaan niitä yksitellen. Yhdelle tarjottimella mahtuu kym-menen tarkastettavaa alumiiniosaa, ja tarjottimia mahtuu päällekkäin kymmenen kappaletta. Robotti siirtää kappaleen tarjottimelta tarkastuspisteelle, jossa robotti tarkastaa kappaleen FIP-tiivisteiden ranteeseen kiinnitetyllä Trispector 1008 -3D-laserkeilauskameralla ajamalla tiivistettä pitkin.

Kun robotti on ajanut tiivisteradan läpi, se siirtää kappaleen tarkastustelineeseen, jossa se tarkas-taa kriittiset mitat. Seuraavaksi robotti siirtää kap-paleen kääntöelineeseen kääntääkseen sen. Tä-män jälkeen tarkastuksen vaiheet toistetaan toi-selle puolelle. Jos robotti saa milloin tahansa tar-kastuksen aikana signaalin puuttuvasta FIP-tiivis-teestä, sen väärästä korkeudesta tai kriittisten mit-tojen poikkeavuudesta, robotti vie kappaleen hylät-tyjen tarjottimelle. Jos tarkastuksessa ei ole mitään ongelmaa, kappale viedään hyväksytyjen tarjotti-melle.



Kuva 1. Robottisolun layout.

**Testaaminen vaatii suurta tarkkuutta ja toistettavuutta, mikä tekee siitä otollisen automatisointikohteen.**

### Lopputulokset

Projektin aikana ei aivan aukottomasti saatu todis-tettua, soveltuuko valittu menetelmä alumiiniosien tarkastukseen. Tarkastettavan kappaleen tiiviste-radan monimutkaisuus ja kappaleesta syntyvät heijastukset tuottivat tarkastukseen haasteita. Myös tiivisteiden risteys- ja päätöskohdissa oli usein pieniä kohoumia, jotka kamera tulkitse virheiksi jopa liiankin herkästi. Kappaleen tarkassa

paikoituksessa ja tasomaisuudessa oli omat haasteensa, koska kameran ja robotin korkea tarkkuus ei anna virheasemalle varaa. Tarkastuksen mahdollisten virheiden kombinaatio tekee tarkastuksesta herkästi epäluotettavan, ja lopputulos näkyy hylättyjen kappaleiden suurena määränä.

Projektiryhmä pohti lopuksi, onko tarkastuksen automatisointi mahdollista Trispector-kameran ja kollaboratiivisen robotin yhdistelmällä vai olisiko

tarkastus mahdollista suorittaa esimerkiksi kuvaamalla kappale ja vertaamalla kuvaa hyvään kappaleeseen.

Projektityö oli ryhmälle antoisa, ja käteen siitä jäi muun muassa hyödyllistä kokemusta robottiohjelmoinnista sekä konenäön hyödyntämisestä automatisointiprojekteissa.

## Kiinnitys- ja irrotuspihtien tuotekehitys

*Tässä artikkelissa käsitellään Anicare Oy:lle tehtyä tuotekehitysprojektia. Anicare valmistaa pieniä jäljittimiä, joita asennetaan porojen korviin ja joilla poroja voidaan jäljittää. Projektin tavoitteena oli suunnitella pihdit jäljittimen irrotukseen ja kiinnitykseen. Tähän tuotekehitysprojektiin osallistui neljä kolmannen lukuvuoden Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) opiskelijaa ja ohjaava opettaja.*

Projektin tavoitteena oli suunnitella kiinnityspihdit, joilla voidaan kiinnittää jäljityslaite eläimen korvaan vaivattomasti. Lisäksi tavoitteena oli suunnitella pihdit, joilla jäljitin voidaan irrottaa. Suunnitteluun sisältyi konseptointi, FEM-analyysejä tekeminen, valmistuspiirustusten luominen ja prototyypin valmistaminen.



Kuva 1. Kiinnitettävä jäljitin ja vastakappale.

**Projektissa suunniteltiin pihdit, joilla voidaan kiinnittää yksi maailman pienimmistä IoT-jäljittimistä eläimen korvaan.**

### Projektin aloitus ja alkuvaiheet

Projekti aloitettiin tutustumalla tuotteeseen ja perehtymällä nykyisen kiinnitysratkaisun ongelmiin. Alkuperäinen pihti, joka on Allflex-yrityksen valmistama, ei suoraan soveltunut kiinnitykseen, joten sitä jouduttiin muokkaamaan. Siksi hinta nousi erittäin korkeaksi. Pihdissä on metallista kantattu kuppi jäljittintä varten. Kupin sivuilla olevat magnetit aktivoivat jäljittimen ennen asennusta.

Projektin suunnitteluvaiheessa tehtiin tuotespesifikaatio ja vaatimuslista, jotta ne helpottaisivat hahmottamaan, mitä tuotteelta halutaan. Projektissa siirryttiin nopeasti esisuunnitteluvaiheeseen, joka sisälsi tuotteen suunnittelua ja eri vaihtoehtojen laatimista erilaisiin osatoimintoihin. Erilaisista vaihtoehtokokonaisuuksista koottiin pistetaulukko,

jonka perusteella päätettiin, minkälaista ratkaisua aletaan toteuttaa projektin seuraavassa vaiheessa.

Alkuperäinen pihti todettiin parhaaksi mahdolliseksi, sillä se oli paras kaikilla osatoimintojen alueilla. Ainoastaan hinta oli erittäin korkea, minkä vuoksi alettiin kehittää valittua pihtiä.



Kuva 2. Alkuperäinen kiinnityspihti.

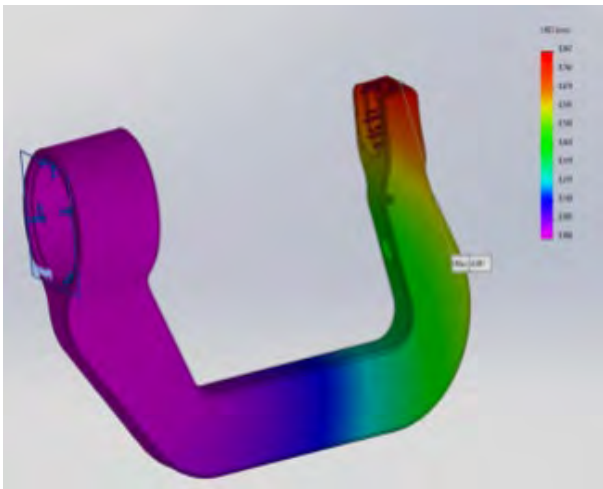
Irrotuspihdin esisuunnittelussa päädyttiin saksimalliseen mekanismiin, joka tuottaisi niin paljon voimaa, että jäljitin irtoaisi vastakappaleesta. Asennettavan jäljittimen geometriaa muutettiin esisuunnitteluvaiheen jälkeen, jolloin valittu irrotusmenetelmä ei enää soveltunut jäljittimen ja vastakappaleen irrottamiseen toisistaan. Uuden irrotusmenetelmän keksiminen oli erittäin haastavaa, koska vastakappale oli todella lujasti kiinni uudelleen muotoilussa jäljittimen piikissä.

### Kiinnityspihdin suunnittelu

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa tutkittiin aluksi, millaisia voimia jäljittimen asentaminen vastakappaleeseen vaatii. Voimamittaukset suoritettiin käytämällä poljinvoimamittaria, joka lainattiin Oamkin autolaboratoriosta. Poljinvoimamittari oli erittäin hyvä projektin eri vaiheissa, koska pienillä muutoksilla pystyttiin mittaamaan voimia haastavistakin paikoista. Kiinnityspihdille suunniteltiin uusi kaari, jossa mietittiin erilaisten valmistusmenetelmien vaihtoehtoja. Parhaimmat vaihtoehdot olivat

koneistaminen, kanttaaminen ja valaminen, mutta kaikissa oli hyvät ja huonot puolensa. Lisäksi selvitettiin kaaren hintaa eri valmistusmenetelmillä ja sen jälkeen päätettiin, että kaari valmistetaan koneistamalla ja materiaaliksi valitaan alumiini.

Projektissa tehtiin useita erilaisia 3D-malleja kaaren muodosta, profiilista ja materiaalista. Eri vaihtoehtojen lujuuksia analysoitiin Solidworksin FEM-analyysityökalulla. Sillä pystyy tutkimaan erilaisten materiaalien lujuuksia halutulle muodolle ja näkemään, minkälaista muutosta voimat tuottavat kappaleeseen ja mihin kohtaan tuotetta kohdistuu jännityksiä.



Kuva 3. Solidworksin FEM-analyysi.

### Irrotuspihdin suunnittelu

Irrotuspihdin yksityiskohtaisessa suunnittelussa ideoitiin ja kokeiltiin uusia tapoja jäljittimen irrottamiseksi, mutta vastakappale oli niin lujasti jäljittimessä kiinni, ettei mikään irrotusmenetelmä tuntunut toimivan.

Vastakappaleen sisällä on holkki, joka kiinnittyy jäljittimen piikin ympärille asennuksen yhteydessä, mikä hankaloitti irrotusta huomattavasti. Paikallisesta autoilijan tavaratalosta löytyi edulliset MTX automotive -merkkiset pakoputken kannatinpihdit. Niistä alettiin jalostaa toimivia irrotuspihtejä.



Kuva 4. Pakoputken kannatin pihti (Motonet 2021).

Seuraavaksi kokeiltiin yhdistää pakoputken kannatinpihtiä ja leikkaavaa menetelmää, jolloin saatiin halkaistua vastakappale hallitusti siten, että se irtoaisi piikistä. Menetelmä todettiin hankalaksi usean erilaisen yrityksen jälkeen ja sen sijaan kokeiltiin uutta ratkaisua.

Jäljitintä kokeiltiin työntää irti vastakappaleen pohjan kautta pihteihin liitettyllä koneistetulla tapilla. Tapin muotoilu oli piikin muotoa mukaileva, ja sen reunat olivat terävät, jolloin se lävistää vastakappaleen pohjan ja työntää jäljittimen irti. Tämä vaihtoehto oli paras kokeiluista, mutta vastakappaleen irtoamisen onnistuminen oli edelleen hyvin epätaisaista. Vaihtoehtoa jalostettiin paremmaksi projektin loppuun asti, mutta tuotteesta ei tullut silti täysin toimivaa. Se olisi vaatinut vielä paljon muutoksia, jotta se olisi mahdollisesti toiminut. Projektissa päädyttiin useiden kokeilujen jälkeen siihen, ettei toimivaa irrotuspihtiä ole mahdollista tehdä aneilla reunaehdoilla.

### Kiinnityspihdin prototyyppi

Kiinnityspihdin kaaresta laadittiin valmistuspiirustus ja prototyyppi tilattiin Makotec Oy:ltä. Prototyypin valmistuttua kahden viikon kuluttua tilauksesta aloitettiin sen testaaminen. Testausvaiheessa prototyyppillä tehtiin jäljittimen asennuksen toistoja ja tehtiin kaarelle erilaisia rasitustestejä. Testien perusteella kaaren lujuus todettiin riittäväksi ja geometriaan tehtiin muutoksia toimintavarmuuden parantamiseksi. Muutokset päivitettiin kaaren piirustuksiin ja todettiin uuden kaaren olevan valmis sarjatuotantoa varten.



Kuva 5. Uudet kiinnityspihdit (Allflex global 2021).

### Lähteet

Allflex 2021. Merck & Co., Inc. Valokuva. Tuotekuvastossa. Hakupäivä 30.5.2022. <https://www.allflex.global/na/product/global-retract-o-matic/>.

Motonet 2021. Valokuva. Verkkokaupassa. Hakupäivä 30.5.2022. <https://www.motonet.fi/fi/tuote/804087/MTX-Automotive-Pakoputken-kannatinpihdit>.

## Toimiva ratkaisu teräpalojen lajitteluun

Tässä artikkelissa esitellään Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) tuotekehityksen opintojaksolla toteutettu ratkaisu kierrätettävien teräpalojen automaattiseen lajitteluun. Projektin tuloksena saatiin täydellinen tuote- ja valmistusdokumentaatio ja toimiva prototyyppi. Projektin tilaajana oli JMC Engine Oy.

Projektin tavoitteena oli kehittää toimiva ratkaisu teräpalojen lajitteluun. Kovametallin kierrätyksen hyötyjä ovat muun muassa säästöt raaka-ainekustannuksissa ja ympäristötekijät.

### Esisuunnittelu

Projekti aloitettiin esisuunnittelulla. Esisuunnittelussa alettiin pohtia ja tutkia erilaisia vaihtoehtoja teräpalojen tunnistamiseksi. Ratkaisuvaihtoehtoja pohdittaessa jaettiin projekti osatoimintoihin ja jokaiselle toiminnolle mietittiin muutama toimiva vaihtoehto. Vaihtoehtojen ominaisuudet pisteytettiin, jotta löydettäisiin paras ja toimivin vaihtoehto.

Teräpalojen tunnistaminen oli haastavaa, koska palat näyttivät ulospäin täysin samalta (kuva 1). Projektiryhmä huomasi, että suurin ero pikateräksellä ja kovametallilla on tiheys, ja tämän vuoksi palat päädyttiin tunnistamaan niiden painon perusteella. Jotta teräpalat voidaan punnita, ne täytyy syöttää vaa'alle yksi kerrallaan. Tässä päätettiin käyttää tärymaljaa.



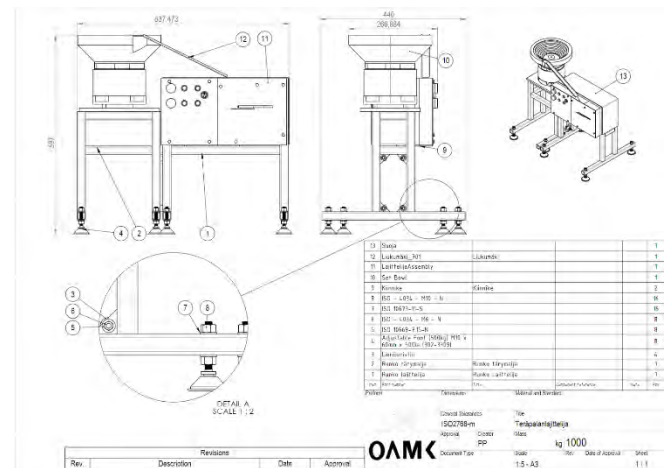
Kuva 1. Pikateräs- ja kovametallipala vierekkään.

### Yksityiskohtainen suunnittelu

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa perehdyttiin tarkemmin valittuun lajittelutapaan ja osia alettiin 3D-mallintaa. Alkuperäinen suunnitelma oli saada täysin valmis ja toimiva tuote, mutta projektin edetessä projektiryhmä huomasi, että vaaditussa

ajassa projektista voidaan valmistaa vain prototyyppi.

Laitteen ohjaus on toteutettu Arduino-pohjaisella Controllino-pienlogiikkaohjaimella, joka ohjaa lajittelijan sylintereitä ja moottoria.



Kuva 2. Alkuperäinen kokoonpanokuva lajittelijasta.

### Prototyypin valmistus

Projektiryhmä valmisti itse suunnittelemaansa osista prototyypin Oulun ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Protoa kokoonpantaessa ryhmä huomasi, ettei kokoaminen onnistu käytännössä samalla tavalla kuin Solidworksissa oli suunniteltu, joten joihinkin osiin täytyi tehdä hieman muutoksia.

Kun tuote saatiin koottua, aloitettiin tuotteen testaus. Testauksessa ryhmä huomasi, että joitain osia täytyy hieman muuttaa, jotta laite toimisi mahdollisimman hyvin.

Projektissa suurimmaksi ongelmaksi osoittautui teräpalojen saaminen yksi kerrallaan punnitukseen, koska tärymaljasta tuli helposti kaksi palaa kerralla. Ongelma ratkaistiin laittamalla tärymaljan ja lajittelijan väliin tasavirtamoottori, joka pyöri hitaasti ja päästää paloja yksi kerrallaan eteenpäin.



## Lopputulos

Projektissa kehitettiin prototyyppi teräpalojen lajittelijasta. Projektissa onnistuttiin tavoitteiden mukaisesti.

Projektin jatkokehitysideoita voisi olla ainakin konenäön hyödyntäminen. Konenäköä hyödyntämällä voitaisiin laskea teräpalojen tilavuus ja sen jälkeen tilavuuden ja painon perusteella voidaan laskea kappaleen tiheys.



*Kuva 3. Teräpalojen lajittelijan prototyyppi.*

## Avaimen ja lukon kestopestaus yhteistyörobotilla

*Tässä artikkelissa esitellään Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) tuotekehityksen opintojaksolla toteutettu ratkaisu lukitusjärjestelmän kestopestaukseen. Projektin tuloksena on robottisolu, jolla pystytään testaamaan lukko- ja avainyhdistelmien toimivuutta toistuvissa kytkennoissä. Robottisolun toteutuksesta on tehty täydellinen tuotedokumentaatio. Projektin tilaajana oli ILOQ Oy.*

iLOQ Oy valmistaa sähköisiä älylukkoja ja -avaimia, jotka toimivat täysin ilman erillistä virtalähdettä. Energia lukon toimimiseen saadaan avaimen työntöliikkeestä avauksen aikana. Tässä projektityössä kehitettiin robottisolu, jossa suoritetaan avaimen ja lukon kestopestauksia kollaboratiivisen UR10e-robotin avulla. Robottisolu toimii itsenäisesti ja sen avulla mahdollistetaan lukon avaus samankaltaisesti kuin ihmisen tekemänä.

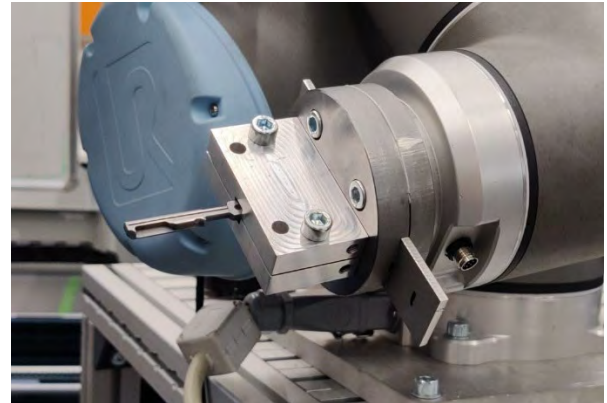
Kestopestauksessa avain työnnetään lukkoon, lukko pyörytetään auki ja avain vedetään pois. Tämä toistetaan useita tuhansia kertoja. Joka sadannen avauskerran jälkeen lukon toimivuus tulee testata eri avaimella, joka ei avaa lukkoa. Näin toteutettuna testaus matkii ihmisen tekemää liikettä.

Ihmisen tekemällä liikkeellä tarkoitetaan sitä, ettei avain aina tule samasta kulmasta lukkoon. Lisäksi avain puhdistuu välillä kuten taskuun tai laukkuun laitettaessa.

### Suunnittelu ja valmistus

Haluttiin, että tarttuja, jolla robotti tarttuu avaimen, on mahdollisimman pieni ja toimisi ilman ulkoisia toimilaitteita, jotta avaimen liikkeet lukkoon ajattaessa olisivat mahdollisimman tarkkoja ja avain voitaisiin ajaa eri kulmista lukkoon. Kun kokeiltiin valmistusta tarttujaa, avain ei ollut kiinni tarpeeksi tiukasti ja pääsi liikkumaan.

Tarttuja valmistettiin kahdesta robottiin ruuvattavasta teräskiekosta ja liukulevystä, joilla robotti kohdistaa avaimen ja tarttuu siihen. Liukulevyssä on urat, jotka kiinnittyvät avaimen liitettyihin kohdistustappihin.



Kuva 1. Tarttuja ja avain kiinni robotissa.

Koska avain oli kiinteästi kiinni, lukolle haluttiin joustava kiinnitys matkimaan ihmiskäden joustavia liikkeitä.

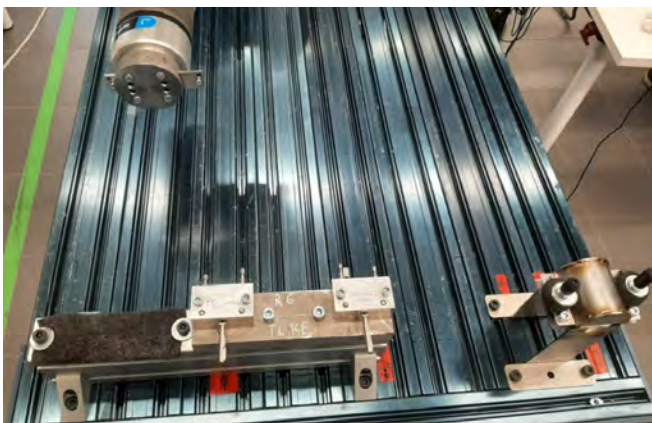
### Testaus ja ohjelmointi

Ohjelmointi ja testaus veivät selvästi eniten projektin työtunteja. Ohjelmointia hankaloitti se, että ohut avain ei kestäisi yli 1 Nm:n vääntömomenttia. Siksi ohjelmassa piti olla koko ajan päällä voimien tunnistus. Koska avaimet ja lukot toimivat ilman erillistä virtalähdettä, lukon avaamisnopeus oli kriittinen saada oikeaksi ohjelman toimimisen kannalta.

Robotti ohjelmoitiin toimimaan toimeksiantajan asettamien tavoitteiden perusteella. Robotin voimien tunnistuksessa käytetään robotin sisäisiä antureita. Jos ohjelmassa tulee virhe, robotti palaa alkupisteeseen ja ohjauspaneeliin tulee ilmoitus. Ohjelma osaa toimia itsenäisesti, kun sille on määritetty avauskertojen määrä.

Avauskerroilla tarkoitetaan suoritettavan testisyklin vaiheita. Vaiheita ovat muun muassa lukon aukaisukertojen määrä, avaimen puhdistus sekä lukon toimivuuden testaus toisella avaimella. Avauskertojen määrittämiseksi robotin ohjauspaneeliin tulee pop up -ikkuna, eli käyttäjän ei tarvitse koskea koodiin missään vaiheessa.

Ohjelma laskee käyttäjälle, kuinka monta kertaa lukko aukeaa onnistuneesti ja kuinka monta kertaa lukko ei aukea.



*Kuva 2. Valmis robottisolu testausvaiheessa.*

## Lopputulokset

Projekti onnistui hyvin. Kaikki tarpeelliset ja vaaditut toiminnot saatiin toteutettua ja toimivaan niin kuin tilaaja halusi.

Opintojen kannalta koko tuotekehitysprojekti oli todella mielenkiintoinen ja tarpeellinen. Projektin ansiosta päästiin tarkastelemaan eri toimintoja monesta eri näkökulmasta, kuten suunnittelun, valmistuksen ja käyttäjän. Tämän ansiosta projektissa saatiin paljon kokemusta ja huomattiin, miten asioita kannattaa esimerkiksi suunnitella, jotta osat olisi helpoin valmistaa.



**ОАМК**