



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ilari Tuominen

---

## **Metsäkoneen harvesteripään komponenttien uudelleenkäyttö kiertotalouden näkökulmasta**

Opinnäytetyö  
Syksy 2024  
Insinööri (AMK), Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Ilari Tuominen

Työn nimi alaotsikoineen: Metsäkoneen harvesteripään komponenttien uudelleenkäyttö kiertotalouden näkökulmasta

Ohjaaja: Heikki Järvi

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 72

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa erilaisia kiertotalousratkaisuja metsäkoneen harvesteripään elinkaaren pidentämiseksi. Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona John Deere Forestry Oy:lle.

Tarkoituksena oli lisätä harvesteripään kiertotalousvalmiutta komponenttitasolla, mutta työssä otettiin huomioon myös harvesteripään runko ja laajempi kokonaisuus. Työssä on pyritty esittelemään eri osa-alueita loogisessa järjestyksessä alkaen kiertotalouden perusteista ja päättyen erilaisiin tuloksiin kiertotalousratkaisujen suhteen harvesteripäälle.

Työn taustalla vaikuttavat Euroopan unionin määrittämät tavoitteet ja direktiivit kiertotalouden suhteen, jolloin tavoitteena on resurssien kulutuksen vähentäminen sekä ympäristövaikutuksien pienentäminen. Opinnäytetyö on osa laajempaa hankekokonaisuutta, joka käsittelee fossiilivapaan teräksen käyttöä teollisuudessa.

Varsinaisia tuloksia pyrittiin saamaan aikaiseksi ensin teorian kautta avaamalla termistöä ja selventämällä laajempaa kokonaisuutta. Konkretiaa tuloksiin saatiin valituilla esimerkkikomponenteilla käytetystä harvesteripäästä. Valituista esimerkkikomponenteista arvioitiin niiden kunto, suoritettiin jatkotoimenpiteet kunnon perusteella sekä arvioitiin potentiaali kiertotalouden näkökulmasta.

Opinnäytetyön tuloksena selvisi, että harvesteripää on uudelleenvalmistettavissa kiertotalouden näkökulmaa ajatellen. Toisena tuloksena työn ohessa syntyi uusi projekti, jonka tavoitteena on saattaa harvesteripäät John Deeren Reman-tuotekonseptin alle. Tuloksia voidaan peilata kaikkiin John Deeren harvesteripäämalleihin, sillä mallit ovat toimintaperiaatteiltaan hyvin samankaltaisia.

<sup>1</sup> Asiasanat: kiertotalous, elinkaari, metsäkoneet, uudelleenvalmistus, ympäristövaikutukset, uudelleenkäyttö

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Ilari Tuominen

Title of thesis: The reuse of the components in harvester heads

Supervisor: Heikki Järvi

Year: 2024

Number of pages: 72

Number of appendices: 0

---

The main objective of the thesis was to gather different circular economy solutions for John Deere harvester head. The thesis was commissioned by John Deere Forestry Oy.

The purpose of the thesis was to increase circularity of harvester head and to extend its life cycle. The research was mainly on component level but it also considered the frame of the harvester head. The thesis was structured logically beginning from the basics of circular economy and ending to different results.

The European union has set different circularity objectives for products that are sold in the union area. These objectives influence in the background of the thesis. The main purpose is to decrease consumption of resources as well as environmental effects. The thesis is part of a larger project which includes fossil free steel usage in industry.

There were several ways that clarified the actual results. First the theory of circular economy was introduced and after that the chosen demo components of the harvester head helped to understand the totality. The chosen demo components were rated by their condition, service needs and they were evaluated according to the potential for circular economy.

There are several results in the thesis. It was concluded that the remanufacturing of the harvester head was feasible. Another project rose during the thesis. The goal of the project was to bring John Deere harvester heads under the John Deere Reman-concept. All the results are comparative to all harvester head models, because harvester heads are very similar in their operating principle.

<sup>1</sup> Keywords: circular economy, life cycle, forest machines, remanufacturing, environmental effects, reuse

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	1
Thesis abstract .....	2
SISÄLTÖ .....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO .....	9
2 KIERTOTALOUS JA SEN TAVOITTEET .....	10
2.1 Kiertotalous yleisesti.....	10
2.1.1 Miksi kiertotalous on tärkeä osa kestävämpää tulevaisuutta.....	10
2.1.2 Biologiset kierrot .....	12
2.1.3 Tekniset kierrot .....	12
2.2 Elinkaariajattelu .....	13
2.3 Hiilijalanjälki.....	15
2.4 Uudelleenkäyttö.....	15
2.5 Uudelleenvalmistus .....	15
2.6 Kierrätys .....	16
2.7 Hyötykäyttö.....	16
3 JOHN DEERE RELIFE JA REMAN .....	18
3.1 John Deere kestävän kehityksen tavoitteet .....	18
3.2 ReLife.....	20
3.3 Reman tavoitteet .....	22
3.4 Reman-tuotekonsepti ja tarkoitus .....	23
4 HARVESTERIPÄÄ H425:n KIERRÄTETTÄVYYS REMAN NÄKÖKULMASTA.....	25
4.1 Nykyinen toimitusketju.....	25
4.1.1 Outokummun Metalli Oy .....	26
4.1.2 Waratah OM Oy .....	26
4.1.3 John Deere Forestry Oy Joensuu .....	27

4.2	Metsäkoneen 1270G elinkaari.....	28
4.3	Käyttöprofiili ja huolto .....	28
4.4	Käytöstä poisto.....	30
5	PÄÄKOMponentit JA VALITUT ESIMERKKIKOMponentit .....	32
5.1	Harvesteripää H425 .....	33
5.2	Tehdaskierros Waratah OM Oy:n tiloissa H425-harvesteripäätä tarkastellen .....	35
5.3	Koneosapalvelu.....	39
5.4	Hydrauliikkamoottorit yleisesti .....	40
5.5	Tutkittava esimerkkimalli H414 käytetty .....	41
5.6	Yläsyöttömoottorit.....	41
5.7	Alasyöttömoottorit.....	48
5.8	Syöttörullat .....	57
5.8.1	Yläsyöttörullat .....	59
5.8.2	Alasyöttörullat .....	61
5.9	Kunnon arviointi.....	65
6	TULOKSET .....	66
7	POHDINTA.....	68
	LÄHTEET .....	70

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. John Deere sustainability ambitions 2030 .....	19
Kuva 2. John Deere ReLife-prosessin kuvaus .....	21
Kuva 3. John Deere 1270H harvesterikone .....	27
Kuva 4. John Deere H425-mallin rakennekuva.....	32
Kuva 5. Valmis H425-harvesteripää .....	35
Kuva 6. Karsima- ja prosessointiterät sekä syöttörullat .....	36
Kuva 7. Alasyöttörulla .....	37
Kuva 8. H425-mallin sähköistys ja hydrauliiikka .....	38
Kuva 9. Hydrauliiikkaletkuja, alasyöttömoottori ja alasyöttörulla .....	39
Kuva 10. Danfoss 400 korjausopas .....	42
Kuva 11. Käytetyt ylä- ja alasyöttömoottorit .....	43
Kuva 12. Yläsyöttömoottori Danfoss .....	44
Kuva 13. Yläsyöttömoottorin takakansi ja ylin jakolevy .....	45
Kuva 14. Yläsyöttömoottorin kiinnityslaippa ja laakerointi.....	46
Kuva 15. Yläsyöttömoottorin pyörästö ja kardaani.....	47
Kuva 16. Alasyöttömoottori Poclain .....	49
Kuva 17. Alasyöttömoottori aukaistuna, kannen irrotus .....	50
Kuva 18. Alasyöttömoottorin jakomalja ja kammirengas.....	51
Kuva 19. Alasyöttömoottorin rungon osat .....	52
Kuva 20. Alasyöttömoottorin sylinteriryhmä .....	53

Kuva 21. Alasyöttömoottorin mäntä, rulla, rullan liuku, männän pidätin .....	54
Kuva 22. Rullan liuku, viallinen .....	55
Kuva 23. Murtunut korvake, alasyöttömoottori .....	56
Kuva 24. Sylinteriryhmä, laakeripesä, akseli, kansi, kammirengas .....	57
Kuva 25. Listaus syöttörullamalleista .....	58
Kuva 26. Yläsyöttörulla .....	60
Kuva 27. Yläsyöttörullat ja niiden moottorit .....	61
Kuva 28. Alasyöttörulla .....	62
Kuva 29. Alasyöttörullan hammasrivistö .....	63
Kuva 30. Alasyöttörulla paikallaan harvesteripäässä .....	64
Kuvio 1. Kiertotalousmalli .....	11
Kuvio 2. Kiertotalouden perhoskaavio .....	13
Kuvio 3. Resurssien käyttö elinkaaren aikana. ....	14
Kuvio 4. Kasvihuonekaasujen alkuperä. ....	19
Kuvio 5. Reman-prosessi .....	24
Kuvio 6. Nykyinen toimitusketju .....	26
Kuvio 7. John Deere 1270G harvesterikoneen elinkaari .....	28
Kuvio 8. Elinkaariarviointi harvesteripäälle .....	34

Taulukko 1. Komponenttien kuntoarvio, tehdyt toimenpiteet sekä arvio kiertotalouden potentiaalin kannalta .....	67
---	----

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>CE</b>	Circular Economy eli kiertotalous
<b>Co2-eq</b>	Hiilidioksidiekvivalentti kuvaa eri kasvihuonekaasupäästöjen yhteenlaskettua ilmastoa lämmittävää vaikutusta.
<b>John Deere</b>	Maa- ja metsäkoneteollisuuden maailmanlaajuinen maatalous- ja metsäkonevalmistaja
<b>Koneosapalvelu</b>	Kunnostaa ja myy metsäkoneiden vaihtokomponentteja kuten voimansiirron osat, hydraulikkamoottorit ja sylinterit
<b>LCA</b>	Life Cycle Assessment eli elinkaariarviointi
<b>LCT</b>	Life Cycle Thinking eli elinkaariajattelu
<b>Mense</b>	Harvesteripäiden syöttörullia valmistava yritys
<b>ReLife</b>	John Deeren hanke, jossa työkonetta pyritään hyötykäyttämään 95-prosenttisesti.
<b>Reman</b>	Yleisesti käytetty termi uudelleenvalmistetuista komponenteista. Syntynyt englannin kielen sanasta remanufacturing eli uudelleenvalmistus. Esimerkiksi John Deere ja CAT tekevät komponenttien uudelleenvalmistusta
<b>Rotaattori</b>	Kääntyvä nivel metsäkoneen harvesteripään kiinnityskohdassa, ja se mahdollistaa harvesteripään eri asennot työskennellessä. Toiselta nimeltään kääntäjä.
<b>Waratah OM Oy</b>	Waratah Outokummun Metallit Oy

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutettiin osana laajempaa kehittämishanketta, jossa on mukana useampi yritys. Laajemman hankkeen nimi on FOSSA2 ja se käsittelee fossiilivapaan teräksen käyttöä teollisuudessa. Hankkeen tavoite on lisätä fossiilivapaan teräksen käyttöä teollisuudessa ja samalla vähentää fossiilisten luonnonvarojen käyttöä. Hankkeen taustalla vaikuttavat EU:n säätelemät ja määrittelemät kestävän kehityksen tavoitteet ja direktiivit.

Tässä tutkimustyössä selvitetään kiertotalousratkaisuja H425-harvesteripään osalta. Tavoitteena oli selvittää myös metsäkoneen harvesteripään komponenttien elinkaarta, hiilijalanjälkeä ja samalla lisätä niiden uudelleenkäyttöastetta. Komponenttien osalta käytännön tutkintaa tehtiin kuitenkin saatavilla olevan H414-harvesteripäämallin avulla. Tutkimustyön tulokulma keskittyy pääsääntöisesti harvesteripään rakenteellisiin komponentteihin, niiden kiertotalousmahdollisuuksiin ja materiaaliratkaisuihin. Samalla oli tarkoitus selvittää paras mahdollinen keino, miten tavoitteisiin päästään ja miten se on kustannustehokkaasti järkevää.

Saatavia mahdollisia tuloksia tullaan hyödyntämään myöhemmin tulevaisuudessa kaikissa metsäkoneen komponenteissa. Tuloksia tullaan myös soveltamaan John Deeren muihin yksiköihin kuten maatalouskoneet ja niiden lisälaitteet. Tämä tutkimustyö keskittyy erityisesti John Deeren H425-harvesteripään kierrätettävyysasteeseen eri komponenttien osalta. Työssä käydään myös läpi John Deeren omaa uudelleentaluustuotekonseptia, joka sisältää kunnostettujen varaosien jälleenmyyntiä.

Työn toimeksiantajana toimii John Deere Forestry Oy. Työssä käytettävät aineistot, asiakirjat, tuoteselosteet ja osaluettelot, jotka liittyvät metsäkoneen ja harvesteripään komponentteihin, ovat peräisin John Deere Forestry Oy:ltä ja yhteistyössä olevilta yrityksiltä.

## 2 KIERTOTALOUS JA SEN TAVOITTEET

### 2.1 Kiertotalous yleisesti

Kiertotalousdirektiivit ovat tulleet osaksi EU:ta, ja lisäksi jätepolitiikkaan ohjatut resurssit yleistyvät ja kasvavat (Euroopan parlamentti, 2023). Nämä edellä mainitut asiat koskevat lainsäädännöllisesti jokaista unionin jäsenmaata. Kiertotalouden tarkoituksena on pidentää tuotteen elinkaarta, käyttää raaka-aineita tehokkaammin ja vähentää luonnonresurssien käyttöä. Onnistunut kierrätys vähentää myös jätteen määrää. Esimerkiksi Euroopan unionissa syntyy vuosittain 2,2 miljardia tonnia jätettä. Tämän määrän vuoksi kierrätys on äärimmäisen tärkeä osa kestävämpää tulevaisuutta.

Kiertotaloudessa tuotteen elinkaaren pidentämiseen olevia keinoja ovat materiaalien hyödyntäminen vuokraamalla, lainaamalla, uudelleen käyttämällä, korjaamalla, kunnostamalla tai kierrättämällä (Euroopan parlamentti, 2023). Tätä kokonaisuutta voidaan kutsua kierrätystalouden tuotanto- ja kulutusmalliksi, jossa otetaan huomioon edellä mainitut osa-alueet tuotteen suunnittelussa ja valmistuksessa. Kun tuotteen materiaalit hyödynnetään tuotteen elinkaaren lopussa, ne eivät menetä arvoansa ja ovat edelleen hyödyllisiä ja arvokkaita raaka-aineita. Vastakohta kierrätystaloudelle on talouden lineaarinen suunnittelu, jossa tuotetta ei kierrätetä tai hyödynnetä, vaan se hävitetään. Tämä muodostaa ilmiön, jossa raaka-aineet eivät ole ekologisia mutta ovat samalla edullisia hankkia. Linearisessa mallissa tuotteiden vanheneminen on suunniteltu. Tällöin tuotteen käyttöikä on rajallinen, jolloin vanhan tuotteen tilalle ostetaan täysin uusi tuote.

#### 2.1.1 Miksi kierrätys on tärkeä osa kestävämpää tulevaisuutta

Väestön kasvu maapallolla on kasvanut eksponentiaalisesti viime vuosikymmenet (Euroopan parlamentti, 2023). Väestönkasvu aiheuttaa raaka-aineiden ja muiden tarvittavien resurssien kysynnän nousun. Ongelmana on, että tärkeitä ja keskeisiä raaka-aineita on rajallinen määrä maapallolla.

Kun maapallon resurssit ovat rajallisia, niin jotkin maat Euroopan unionissa ovat riippuvaisia raaka-aineiden vuoksi toisista EU:n ulkopuolisista maista, joilla on oleellisia ja

tarvittavia raaka-aineita (Euroopan parlamentti, 2023). Kaikkien raaka-aineiden saatavuus riippuu suoraan niiden louhinnasta maaperästä. Louhinta aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä ja lisää energiankulutusta. Jos raaka-aineita käytetään oikein, se heijastuu suoraan hiilidioksidipäästöjen vähenemiseen.

Kiertotaloudesta saadut hyödyt ovat pitkän aikavälin hyötyjä (Euroopan parlamentti, 2023). Parempi jättepolitiikka, ekologinen suunnittelu ja materiaalien uudelleenkäyttö voisivat tuoda yrityksille säästöjä EU:n alueella (kuvio 1). Samalla vähenisi vuosittaiset kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt, mihin EU on sitoutunut maailmanlaajuisesti eri tavoittein ja sopimuksin. Suurimmat päästöt syntyvät päivittäin tarvittavista materiaalien tuotannosta. On arveltu, että siirtyminen ja sitoutuminen kiertotalouteen vähentää ympäristön kuormitusta. Samalla raaka-aineiden toimitusvarmuus paranee sekä kilpailukyky lisääntyy. Myös uusien innovaatioiden määrä lisääntyy. Kaikki edellä mainitut toimet johtavat vuotuisen talouskasvuun ja samalla syntyisi uusia työpaikkoja. Isoimman hyödyn saa kuluttaja, sillä valinnat ja tuotteet olisivat kestävämpiä, innovatiivisempia ja edullisempia. Lopputuloksena on kaikkien ihmisten parempi elämänlaatu.



Kuvio 1. Kiertotalousmalli (Euroopan parlamentti, 2023).

### 2.1.2 Biologiset kierrot

Kiertotalous voidaan jakaa biologisiin kiertoihin ja teknisiin kiertoihin (kuvio 2). Biologisissa kierroissa, mutta myös teknisissä kierroissa tavoitteena on mahdollisimman pieni kierto (Kottaridou & Bofylatos, 2019). Mitä lyhyempi kierto on, sitä enemmän se vähentää ympäristön kuormitusta. Biologisissa kierroissa kierto alkaa tuotteen valmistamisesta ja siihen käytetyistä raaka-aineista eli viljellyistä tuotteista. Kun tuote on valmistettu ja luovutettu kuluttajalle, niin kuluttaja päättää käytetystä tuotteesta syntyvän materiaalin loppusijoituspaikan. Orgaaninen materiaali voidaan hyödyntää energiana kuten biokaasuna tai lämpöenergiana. Biokaasu syntyy orgaanisen biomassan anaerobisen hajoamisen seurauksena. Se voidaan myös kompostoida, jolloin orgaaninen materiaali palautuu takaisin maaperään. Se voidaan hyödyntää myös jollain toisella tavalla mikä lyhentää kierron määrää.

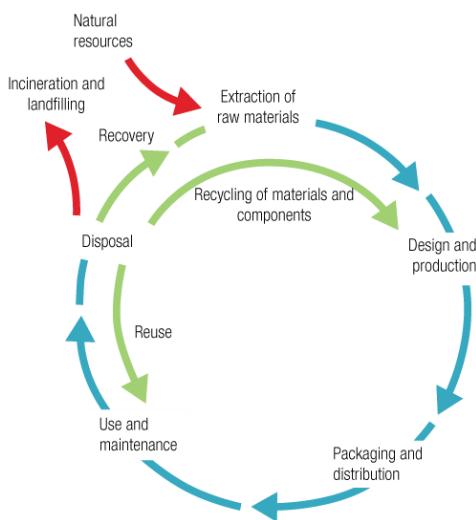
### 2.1.3 Tekniset kierrot

Kiertotalouden tekniset kierrot koostuvat tuotteen elinkaaren eri vaiheista ja materiaalin loppusijoituksesta (Kottaridou & Bofylatos, 2019). Alkuvaihe koostuu materiaalien valmistuksesta tai kaivostoiminnasta saatavista mineraaleista ja materiaalien alkuosista. Tämän jälkeen alkaa tuotteen valmistusprosessi. Kun lopullinen tuote on saatu kuluttajalle ja kuluttaja on käyttänyt tuotteen elinkaaren loppuun, kuluttaja huoltaa, uudelleen käyttää eli jälleenmyy, uudelleen valmistaa tai kierrättää tuotteen. Nämä edellä mainitut keinot eivät välttämättä suoraan tapahdu kuluttajan toimesta vaan usein välikäsien kautta. Huonona lopputuloksena on lopputuotteen muuttaminen energiaksi tavalla tai toisella. Huonoin vaihtoehto elinkaaren lopussa olevalle tuotteelle on hävitys tai loppusijoitus.



Kuvio 3 selkeyttää tuotteen elinkaaren eri vaiheita ja mahdollisia lopputuloksia tuotteen elinkaaren lopussa (Life Cycle Initiative, i.a.). Vihreällä kuvatut nuolet pidentävät tuotteen elinkaarta ja vähentävät ympäristön kuormitusta. Kuviossa 3 on esitetty elinkaariajatteluun eli LCT:hen (Life Cycle Thinking) perustuva havainnollistava kaavio tuotteen elinkaaren aikaisista tapahtumista. LCT-mallissa tuotteen elinkaari alkaa useimmiten raaka-aineiden hankinnasta. Raaka-aineet voidaan kerätä luonnonvaroista tai esimerkiksi kierrätetyistä tai talteen kerätyistä materiaaleista. Esimerkiksi metallit, mineraalit tai puu hankitaan ympäristöstä. Raaka-aineet etenevät tuotantoon, jossa lopputuote valmistetaan. Valmis tuote mahdollisesti pakataan ja se etenee jakeluun. Käyttövaiheessa tuotetta käytetään suunnitellun mukaisesti ja mahdollisesti huolletaan, ja sen jälkeen tuote uudelleen käytetään, kierrätetään tai hävitetään. Jokainen elinkaaren vaihe kuluttaa energiaa sekä resursseja. LCT-mallista ja sen toteutumisesta hyötyvät ihmiset ja yritykset mutta myös globaalilla tasolla maiden hallitukset ja isot organisaatiot.

Lisäksi on hyvä huomioida, että jokaisen elinkaaren vaiheen välissä voi tapahtua logistisia toimenpiteitä, kuten esimerkiksi maantiekuljetusta, joka myös kuluttaa energiaa sekä resursseja. Vastaamalla elinkaaren eri vaiheiden energian ja resurssien kulutukseen on mahdollista vähentää ympäristövaikutuksia. Tämä riippuu vahvasti käytetyistä teknologioista.



Kuvio 3. Resurssien käyttö elinkaaren aikana (Life cycle initiative, i.a.).

## 2.3 Hiilijalanjälki

Jokaiselle myytävälle tuotteelle, toiminnalle sen ympärillä ja palveluille voidaan määrittää hiilijalanjälki. Käytännössä hiilijalanjälki auttaa arvioimaan tuotteen tai prosessin vaikutusta muun muassa ilmastonmuutokseen tuotteen elinkaaren aikana (ISO 14067:2018, kohta 3.1.1.1). Hiilijalanjälki kertoo kokonaisuudessa kaikki tuotteen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt elinkaaren alussa tapahtuvasta materiaalien käytöstä aina tuotteen elinkaaren lopussa tapahtuvaan hävitykseen, kierrätykseen tai muuhun vastaavaan. Tässä välissä on tuotannon eri prosessien vaiheet, kuljetukset, valmistusmenetelmät ja valmiin tuotteen luovutus asiakkaalle.

## 2.4 Uudelleenkäyttö

Uudelleenkäyttö eli reuse on tuotteen tai materiaalin uudelleen käyttämisestä käytetty termi (ISO 59004:2024, kohta 6.3.2). Tuotteen tai yksittäisen komponentin uudelleenkäyttö esimerkiksi jossain muussa käyttötarkoituksessa kuin alkuperäinen tuotteen käyttötarkoitus, vähentää resurssien käyttöä ja tarvetta. Samalla uudelleenkäyttö nostaa tuotteen tai komponentin arvoa. Jos tuote tai komponentti esimerkiksi rikkoutuu, sitä ei voida yleensä uudelleen käyttää muussa tarkoituksessa. Rikkoutumista voidaan kuitenkin välttää säännöllisellä huolenpidolla ja ennakoivalla huollolla. Huoltoa varten pitää olla olemassa siihen tarvittavat varaosat. Varaosat takaavat tuotteen tai komponentin toimivuuden. Myös tuotteen rakenteen tulee olla suunniteltu niin, että varaosat ovat helposti vaihdettavissa, jolloin uudelleenkäyttö on mahdollista. Esimerkiksi henkilöauton moniurahihnan vaihto on suunniteltu niin, että vanha moniurahihna löysätään lukitsemalla ohjainrulla lukitustapilla, jolloin hihna on löysällä. Tämän jälkeen vanha moniurahihna otetaan pois ja tilalle asennetaan uusi moniurahihna, jolloin moottori on taas uudelleen käytettävissä huollon jälkeen.

## 2.5 Uudelleenvalmistus

Uudelleenvalmistus on jonkin tuotteen kustomointia tai modernisointia erilaisin valmistustekniikoin, jotka ovat osa valmistusprosessia. Tarkoituksena on antaa tuotteelle uusi elämä (ISO 59004:2024, kohta 6.3.7). Kyseessä ei kuitenkaan ole täysin uusi tuote, vaan uuden tuotteen koko valmistusprosessista on voitu käyttää tiettyä valmistusvaihetta. Tämä

suoraan vähentää valmiin tuotteen hiilijalanjälkeä, jota syntyy valmistusprosessin aikana. Uudelleenvalmistus tukee suoraan kiertotalouden edistämistä ja on samalla hyödyllinen kestävän kehityksen toimintamalli. Lähtökohtaisesti valmistajat lupaavat myös uudelleenvalmistetuille tuotteille takuun, samalla tavalla kuin täysin uusille tuotteille.

Esimerkiksi John Deere Forestry Oy:llä olevan Reman-tuotekonseptin tuotteet ovat uudelleenvalmistettuja komponentteja. Reman-komponenteissa on kaikissa tuotetakuu. Reman-komponentit testataan niin, että ne täyttävät alkuperäiset vaatimukset ja standardit, jotta tuotetakuu voidaan uudelleen asettaa uudelleenvalmistetuille komponenteille. Tämän vuoksi ne ovat luotettavia, samalla yhtä kestäviä komponentteja kuin alkuperäiset komponentit ovat uutena ja ne sisältävät aina viimeisimmät päivitykset sekä tekniset tiedot.

## **2.6 Kierrätys**

Kierrätys on tuotteissa esiintyvien eri materiaalien erottelua, jotta resursseja saataisiin uudelleen kiertoon (ISO 59004:2024, kohta 6.4.4). Kierrätyksen tarkoitus on vähentää jätteen määrää. Kierrätyksen aikana on tärkeä huomioida, pysyykö resurssin laatu samana vai heikkeneekö se.

Esimerkiksi eri metallit tulee kierrättää jokainen metallilaji erikseen. Täten ne on helpompi prosessoida tiettyyn tarpeeseen. Muovit tulee erotella tuotteesta omanaan (Plastics Europe, i.a.). Täytyy myös ottaa huomioon monien eri muovilajien ominaisuudet. Biohajoavat materiaalit kierrätetään niille tarkoitetulla tavalla joko polttaen tai maatuen. Myös muut mahdolliset materiaalit tulee erotella ja kierrättää niille tarkoitettujen suosituksien tavoin.

## **2.7 Hyötykäyttö**

Hyötykäytöksi voidaan lukea esimerkiksi jostain materiaalista saatavaa hyötyä, kun se hävitetään tai hyödynnetään (ISO 59004:2024, kohta 6.4.7). Esimerkiksi puumateriaalin polttaminen on hyötykäyttöä, sillä saatava hyöty on lämpöenergia, mikäli se otetaan talteen. Tämä on energian talteenottoa lämpöenergiana tai muuna energiana, joka saadaan esimerkiksi polttamalla materiaalia. Energian talteenottoa voidaan kutsua loppusijoituskeinoksi eri materiaaleille.

Hyötykäytön tarkoituksena on eri materiaalien talteenotto niiden seuraavaa käyttötarkoitusta varten (ISO 59004:2024, kohta 6.4.6). Hyötykäytön ansiosta olemassa olevat materiaalit, tuotteet ja resurssit pitävät tai nostavat arvonsa. Materiaalin talteenotto mahdollistaa uudelleenkäytön, uudelleenvalmistuksen, kunnostuksen ja kierrätyksen eri materiaalien, komponenttien ja tuotteiden kohdalla.

### 3 JOHN DEERE RELIFE JA REMAN

#### 3.1 John Deere kestävän kehityksen tavoitteet

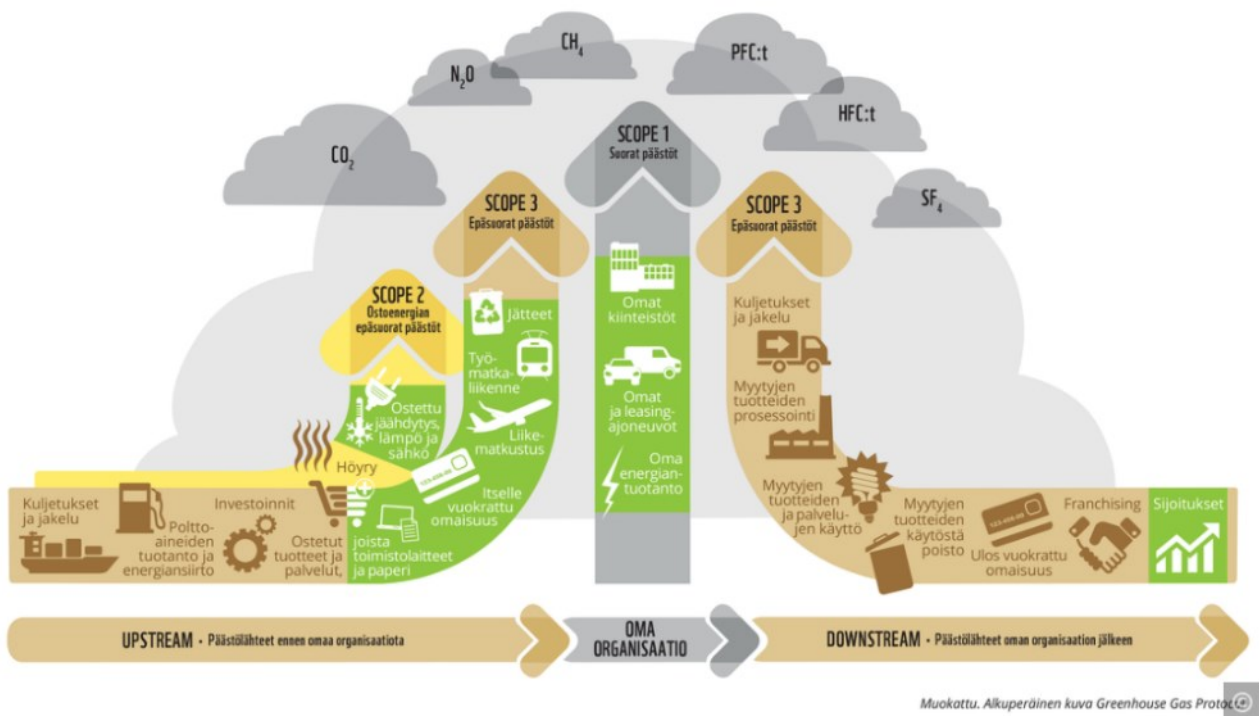
Koko John Deere organisaatiossa on useita kestävän kehityksen tavoitteita vuoteen 2030 mennessä (John Deere, 2023, s. 7). Kaikkien tuotteiden pitää olla 95-prosenttisesti kierrätettävissä niiden elinkaaren lopussa (kuva 1). Kaikki tuotteiden materiaalit, joita käytetään, on oltava 65-prosenttisesti kestävän kehityksen omaavia materiaaleja. Tuotteissa käytettävät varaosat pitää olla ensisijaisesti Reman-varaosia mutta isona tavoitteena on Reman-varaosien liikevaihdon nosto 50 %.

Globaalilla tasolla John Deere organisaatio haluaa, että typen käytön tehokkuutta nostettaisiin 20 %. (John Deere, 2023, s. 7). Myös sadon suojelun tehokkuutta tulisi nostaa 20 %. Kuluttajan tuottamien hiilidioksidipäästöjen alentaminen 15 % on myös yhtenä tavoitteena.

Ympäristön kannalta oleellisia tavoitteita ovat toimintaympäristön kokonaishiilidioksidipäästöjen vähentäminen 50 % (John Deere, 2023, s. 7). Tavoitteena on myös ylävirran vähentäminen 30 % ja samalla alavirran vähentäminen 30 %. Myös yleisesti jätteen määrää tulee vähentää 15 % ja samoin juomaveden kulutusta tulee vähentää 10 % kriittisillä tuotantoalueilla.

John Deere on ilmoittanut, että yhtiö on jo tehnyt toimia tavoitteiden saavuttamisen eteen ja aikoo jatkaa toimien kehitystä (John Deere, 2023, s. 24). Se esimerkiksi jatkaa vaihtoehtoisten voimanlähteiden kehitystä. Päättävänä on kuitenkin mahdollisimman tehokkaan hyötysuhteen omaava työkone. Sähköisiä voimalinjoja ja moottoreita tullaan lisäämään tuotantoon, ja niitä pyritään kehittämään eteenpäin muiden käyttövoimien ohella.

Kuviossa 4 on eriteltynä kasvihuonekaasujen syntyperät. Scope 2 viittaa usein energiamuotoihin. Scope 3 sisältää esimerkiksi ostetuista tuotteista ja myytyjen tuotteiden prosesseista aiheutuvat päästöt. Scope 1 on yrityksen oman toiminnan päästöt yrityksen sisällä.



Kuvio 4. Kasvihuonekaasujen alkuperä (WWF Suomi, i.a.).

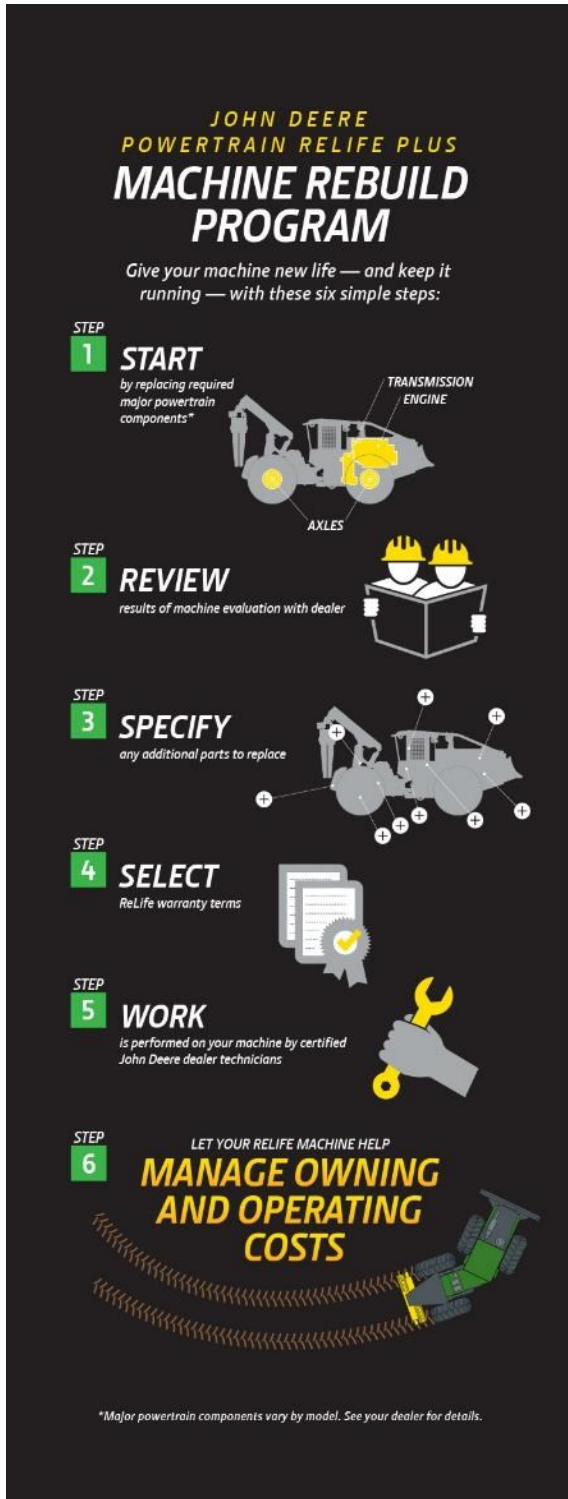


Kuva 1. John Deere sustainability ambitions 2030 (John Deere, 2023).

### 3.2 ReLife

Reman-komponenteista poiketen ReLife on laajempi hankekokonaisuus (John Deere, 2023, s. 28). Reman-komponentit ovat osa ReLife kokonaisuutta. ReLife kattaa koko työkoneen komponentit tai jonkin tietyn kokonaisuuden esimerkiksi voimansiirron tai harveste-ripään elinkaaren tarkastelun näkökulmasta. Tavoitteena on työkoneen elinkaaren pidentäminen. Työkoneen pitää olla 95-prosenttisesti kierrätettävissä kaikilla osa-alueilla. Työkoneeseen käytetyistä materiaaleista 65 % pitää olla kestävän kehityksen omaavia materiaaleja. Saman hankkeen tavoitteeseen kuuluu Reman-komponenttien myynnin nosto 50 %.

ReLife-prosessi keskittyy työkoneen elinkaaren loppuosaan, missä esimerkiksi voimansiirron komponentit ovat elinkaarensa päätepisteessä (John Deere, 2023, s. 28). John Deere jälleenmyyjät tukevat hankkeen prosessia ja tarjoavat asiakkaalle vaihtokomponentteina Reman voimansiirron komponentit (kuva 2). Kaikki voimansiirron komponentit, jotka ovat osa ReLife-prosessia, sisältävät jonkinlaisen pantin. Jälleenmyyjä arvioi vaihtokomponentin kunnan perusteella siitä saatavan korvauksen. Tämä mahdollistaa koko työkoneen elinkaaren pidentymisen. Samalla ympäristön kuormitus ja resurssien kulutus vähenee, koska käytetään kestävän kehityksen omaavia Reman-tuotekonseptin pantillisia vaihtokomponentteja. ReLife-hanke mahdollistaa joustavat ja räätälöidyt ratkaisut, jotka vastaavat asiakkaan tarpeita. Kun asiakas on saatu sidottua ReLife-hankkeeseen pidentämällä heidän työkoneensa käyttöikä, samalla ympäristövaatimukset ja ympäristötavoitteet toteutuvat globaalisti. ReLife-prosessi markkinoidaan asiakkaalle lähtökohtaisesti edullisempien vaihtokomponenttien ansiosta, sillä komponentit sisältävät myös tehdastakuun.



Kuva 2. John Deere ReLife-prosessin kuvaus (John Deere US, i.a.-a).

### 3.3 Reman tavoitteet

Yleisesti Reman-komponenttien tavoitteena on lisätä kierrätettävyyttä yleisellä tasolla kiertotalouden näkökulmasta, mutta myös uusien komponenttien valmistuksesta syntyvät päästöt ohjaavat tuotantoa entistä enemmän Remanin alle (M. Paljakka, henkilökohtainen tiedonanto, 12.8.2024). Lähtökohtaisesti taustalla vaikuttaa suurena kokonaisuutena kestävä kehitys ja John Deeren organisaation oma kestävä kehityksen ohjelma vuoteen 2030 mennessä.

Lähtökohtaisesti asiakkaalle pyritään myymään kunnostettu ja paranneltu Reman-komponentti (A. Ketvell, henkilökohtainen tiedonanto, 12.8.2024). Tavoitteena on siis täysin uusien komponenttien myynnin vähentäminen. Se mihin tässä tutkimustyössä keskitytään, on Reman-komponenttien liikevaihdon nosto 13,2 prosenttiyksiköllä John Deere Forestry Oy:llä nykyisestä tilanteesta. Tutkimuksesta saatuja tuloksia tullaan myöhemmin hyödyntämään ja soveltamaan aluksi John Deere Forestry jaoksessa, mutta myöhemmin myös koko John Deere organisaatiossa.

Reman-tuotekonsepti perustuu runkopanttiin, jossa asiakkaan alkuperäisellä osalla on rahallinen arvo (John Deere, 2023, s. 28). Asiakas saa vanhan tuotteen tilalle uudistetun ja parannellun Reman-komponentin panttia vastaan. Konsepti toimii käytännössä samalla tavalla kuin auton varaosien panttijärjestelmä, johon kuuluu yleisesti esimerkiksi laturit, startit ja jarrusatulat. Tällä hetkellä yleisimpiä pantin sisältäviä komponentteja ovat muun muassa moottorit, laturit, startit, ilmastoinnin kompressorit, erilaiset ohjaamon näytöt, ohjainlaitteet, kardaniakselit ja hydrauliiikan komponentit.

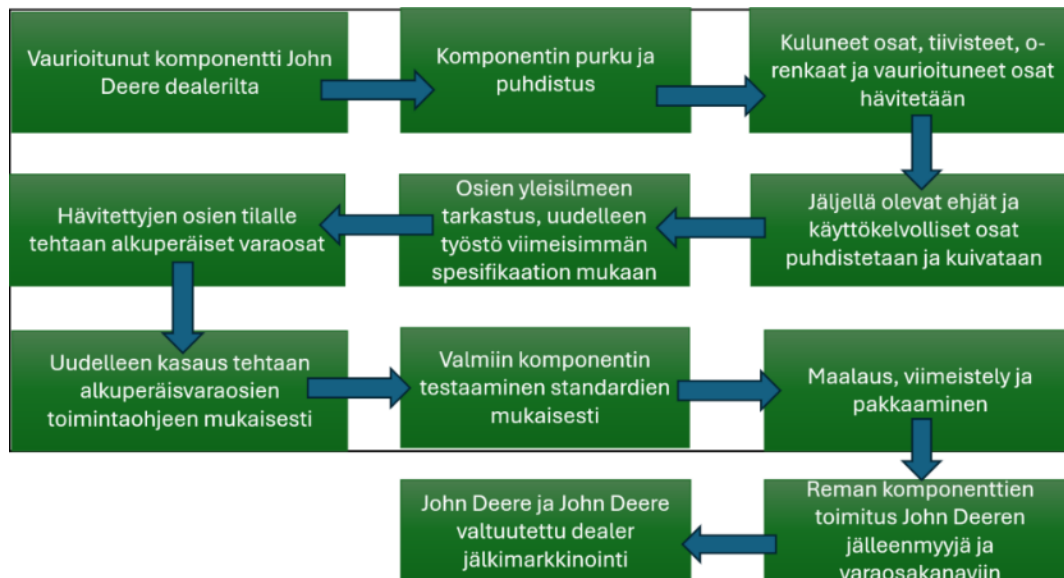
Tavoitteena on saada Reman-huolto-ohjelmasta mahdollisimman kattava. Tämän opinnäytetyön myötä Reman-huolto-ohjelma tuotaisiin myös harvesteripäälle. Tällä hetkellä esimerkiksi hydrauliiikan komponentit ja moottorit löytyvät John Deere Forestry Oy:n Reman-tuotekonseptin alta.

### 3.4 Reman-tuotekonsepti ja tarkoitus

John Deere Forestry Oy:llä on Reman-tuotekonsepti. Konsepti on laadittu lisäämään tuotteiden ja komponenttien kierrätettävyyttä sekä uudelleenkäyttöä. Taloudellinen näkökulma ja sen merkitys ovat konseptin laatimisen taustalla. Samalla konsepti tukee myös John Deeren omia kiertotaloustavoitteita. Myös asiakas hyötyy Reman-tuotekonseptin tuotteista, sillä komponentit voivat potentiaalisesti kuormittaa ympäristöä vähemmän. Samalla ne ovat yhtä laadukkaita kuin alkuperäiset komponentit, sillä ne on päivitetty viimeisimpien ominaisuuksien mukaiseksi. Tämä on ihanteellinen toimintamalli, jossa kaikki osapuolet hyötävät jollain tapaa kyseisestä toimintamallista.

Reman-komponentteihin kuuluvat tällä hetkellä vain osa koko metsäkoneen komponenteista (John Deere US, i.a.-b). Komponentit, joista Reman voidaan tehdä, sisältävät aina jonkinlaisen rahanarvoisen pantin. Myös varaosina myytävät uudet komponentit sisältävät pantin. Komponentit ovat päivitettyjä versioita, joita voidaan varustella ja päivittää uudelleen, kunhan käyttötarkoitus ja toiminnallisuus pysyvät samana. Reman-komponentit ovat myös asiakkaalle edullisempia kuin alkuperäiset ja niistä löytyvät aina viimeisimmät päivitykset ja ominaisuudet. Reman-komponenttien edullisuus alkuperäisiin verrattuna kannustaa asiakasta hankkimaan juuri kunnostettuja Reman-komponentteja.

Kuviossa 5 on selkeä kuvaus Reman-komponentin synnystä ja itse prosessista. Prosessi alkaa vaurioituneella komponentilla, joka käy prosessin läpi vaihe vaiheelta. Lopputuloksena on kunnostettu Reman-komponentti.



Kuvio 5. Reman-prosessi (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

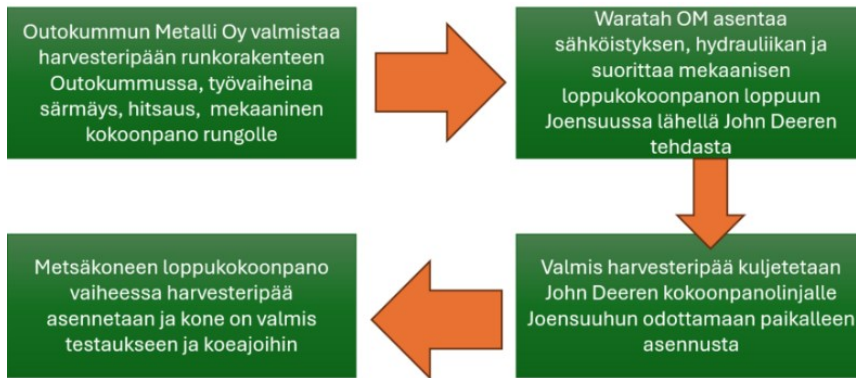
## 4 HARVESTERIPÄÄ H425:n KIERRÄTETTÄVYYS REMAN NÄKÖKULMASTA

### 4.1 Nykyinen toimitusketju

John Deere Forestry Oy:n valmistamat pyöräalustaiset tavaralajimenetelmän metsäkoneet valmistetaan kokonaan Joensuun tehtaalla, pois lukien metsäkoneen harvesteripää (M. Paljakka, henkilökohtainen tiedonanto, 24.6.2024). Harvesteripää ja sen metallirunko sekä muut komponentit tulevat Outokummun Metalli Oy:n ja Waratah OM Oy:n kautta. Outokummun Metalli Oy sijaitsee Outokummussa noin 50 kilometrin päässä John Deere Forestry Oy:n Joensuun tehtaasta.

Waratah OM Oy:n Joensuun toimipiste sijaitsee Rahtikadulla noin 8 kilometrin päässä John Deere Forestry Oy:n tehtaasta (J. Turunen, henkilökohtainen tiedonanto, 24.6.2024). John Deere Forestry Oy omistaa Waratah OM Oy:stä 51 % ja Outokummun Metalli Oy omistaa siitä 49 %. Kaikki komponentit tulevat alihankintana eri alan komponenttitoimittajilta. Komponentit tulevat sekä isoilta globaaleilta toimijoilta mutta myös pienemmiltä paikallisilta toimijoilta.

Valmis harvesteripään hitsattu runko eri metallikomponenttien kanssa toimitetaan Waratah OM Oy:lle, jossa siihen asennetaan hydraulikan eri komponentit (A. Ketvell, henkilökohtainen tiedonanto, 24.6.2024). Waratah OM Oy:n jälkeen harvesteripäät toimitetaan John Deere Forestry Oy:n tehtaalle odottamaan omaa vuoroansa tuotantolinjalle loppukokoonpanoa varten. Kuviossa 6 on havainnollistava kuvaus harvesteripään toimitusketjusta vaiheittain.



Kuvio 6. Nykyinen toimitusketju (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

#### 4.1.1 Outokummun Metalli Oy

Outokummun Metalli Oy valmistaa suurimman osan harvesteripään komponenteista (J. Paakkunainen, henkilökohtainen tiedonanto, 24.6.2024). He kokoonpanevat itse harvesteripään rungon. Metalliosat tulevat valmiiksi leikattuina ja porattuina lähialueella sijaitsevalta terästuotteiden valmistajalta. Koska metalliosat ovat esivalmisteltuja kokoonpanoa varten, itse valmistusprosessi on nopea ja läpimenoaika on 10 päivää. Outokummun Metalli Oy:n linjastolla on robottihitsaussolu metallilevyjen ja rungon kasausta varten. Varsinaisia pulttiiliitoksia ei käytetä ollenkaan valmistusprosessissa. Lisäksi syöttörullat ja niiden hampaat asennetaan ja hitsataan Outokummun Metalli Oy:n toimesta. Kuorimiseen ja karsimiseen tarkoitetut terät tulevat myös Outokummun Metalli Oy:n kautta asennettuina runkoon.

#### 4.1.2 Waratah OM Oy

Loppukokoonpano tapahtuu harvesteripään siirryttyä Waratah OM Oy:lle (J. Turunen, henkilökohtainen tiedonanto, 24.6.2024). Siellä harvesteripäähän asennetaan hydrauliiikan kaikki komponentit kuten venttiilipöydät, sähköohjatut venttiilit ja hydrauliiikkaletkut. Lisäksi erilaiset anturit ja sähkökomponentit asennetaan tässä vaiheessa. Moottorit, pumput ja sylinterit asennetaan myös. Viimeisenä harvesteripäähän liitetään rotaattori eli kääntäjä. Rotaattorit asennetaan kuitenkin John Deeren kokoonpanolinjalla, ellei kyseessä ole Waratahin oma harvesteripää, joka voi lähteä sellaisenaan maailmalle rotaattorin kanssa. Rotaattori on nivel, jonka avulla harvesteripää pystyy toimimaan eri asennoissa sen työympäristössä eli metsässä puutavaran kaadossa ja sahaamisessa. Kaikki harvesteripäät ja niiden

optiot tehdään asiakkaan tilauksen mukaan. Harvesteripäät sisältävät useita eri optioita, jotka asiakas on valinnut tilausvaiheessa. Kun harvesteripää on valmis ja siihen on sisällytetty kaikki asiakkaan valitsevat optiot, se lähetetään John Deeren kokoonpanolinjalle odottamaan asennusta sille tarkoitettuun metsäkoneeseen.

#### 4.1.3 John Deere Forestry Oy Joensuu

John Deere Forestry Oy:n Joensuun tehtaalla metsäkoneet kootaan kokoonpanolinjalla (M. Lievonen, henkilökohtainen tiedonanto, 25.6.2024). Ajokoneet ja harvesterikoneet kokoonpannaan samalla linjastolla. Linjastolla on useampi robottisolu, jotka hitsaavat koneiden rungot ja teräsrakenteet yhteen. Metsäkoneet kokoonpannaan käsin, pois lukien rungon hitsaus. Koneiden rungot märkämaalataan hitsauksen jälkeen isoissa kuivausuu-neissa. Maalausvaiheen jälkeen kasattu ja maalattu runko etenee vaihe vaiheelta kokoonpanolinjalla. Viimeisimpinä vaiheina linjastolla on ohjaamon, renkaiden ja harvesteripään asennus. Viimeisenä vaiheena harvesteripään asennetaan rotaattori, ennen kuin se voidaan asentaa valmiiseen metsäkoneeseen. Ennen kuin valmis metsäkone voidaan varastoida odottamaan kuljetusta, se koeajetaan ja testataan, että kaikki koneen liikkeet ja ominaisuudet ovat kunnossa ja toimivat tarkoitetulla tavalla. Kuvassa 3 on valmis harvesterikone, joka odottaa kuljetusta asiakkaalle.

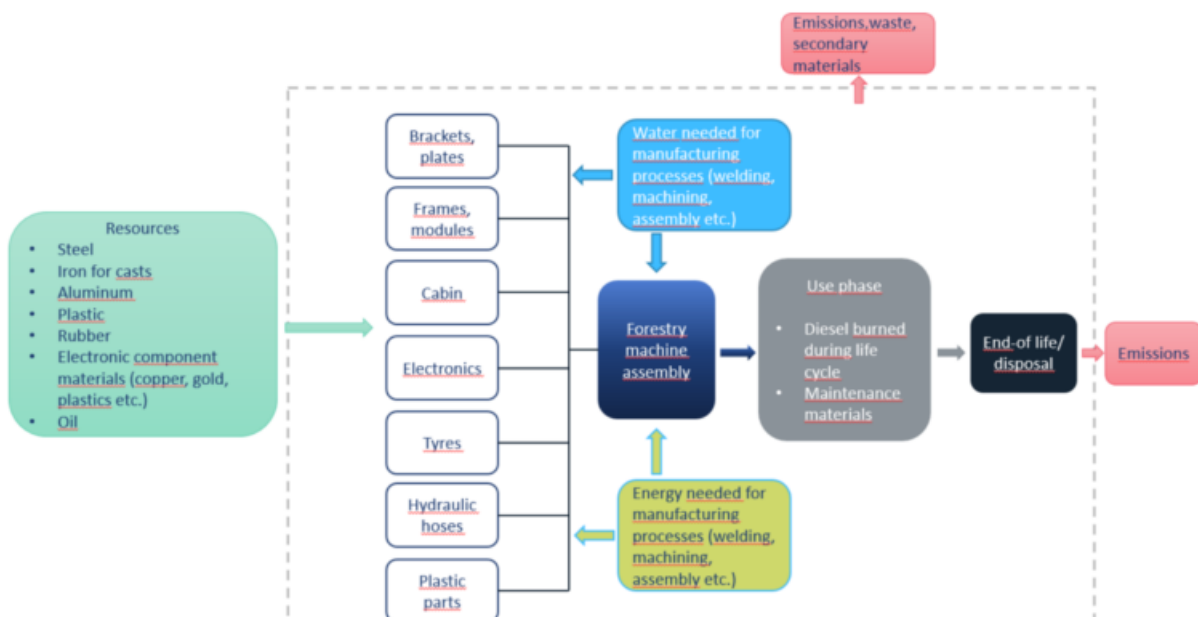


Kuva 3. John Deere 1270H harvesterikone (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

## 4.2 Metsäkoneen 1270G elinkaari

John Deere 1270G-harvesterikoneelle on tehty elinkaariarviointi (A. Surakka, henkilökohtainen tiedonanto, 15.8.2024). 1270G-malli on H-mallia edeltävä malli, joka on jo poistunut tuotannosta. Tuloksia voidaan kuitenkin peilata nykyiseen H-malliin, sillä mallit ovat perusperiaatteiltaan samankaltaisia keskenään. Koska itse harvesteripäätä ei ole yksittäisenä kokonaisuutena aikaisemmin tutkittu kiertotalouden näkökulmasta, on tämänhetkinen tutkimus erittäin ajankohtainen ja merkittävä.

Kuvio 7 kuvaa koko harvesterikoneen elinkaaren aikaiset tapahtumat elinkaariarvioinnin perspektiivistä: raaka-ainehankinnat, koneen valmistus, käyttö- ja huoltotoimenpiteet ja käytöstä poisto. Kuviota luetaan vasemmalta oikealle alkaen materiaalihankinnoista ja päättyen harvesterikoneen loppusijoitukseen.



Kuvio 7. John Deere 1270G harvesterikoneen elinkaari (Surakka, 2022).

## 4.3 Käyttöprofiili ja huolto

Asiakkaan hankkiessa uuden John Deere -metsäkoneen, hänelle tarjotaan huoltosopimuspalvelua metsäkoneen hankkimisen yhteydessä. Huoltosopimus kattaa huolto-ohjelman

ulkopuolella olevia huoltotoimenpiteitä, ennakoivia huoltoja, riippuen huolto-ohjelman kattavuudesta. Huoltosopimuksen ylläpidon hoitaa John Deere itse tai John Deeren valtuuttama yritys. Jokaiselle metsäkoneelle on myös olemassa tehtaan suunnittelema huolto-ohjelma. Huolto-ohjelma sisältää erilaisia palveluita, kuten varaosaohjelman, öljypalvelun, valinnaiset lisäpalvelut, suorituskyvyn optimoinnin ja jatkettun takuun. Valinnaisilla palveluilla metsäkoneen huoltoja voidaan räätälöidä asiakkaan yksilöllisten vaatimuksien ja tarpeiden sekä työskentelyolosuhteiden mukaan. Huolto-ohjelmalla pyritään turvaamaan metsäkoneen luotettavuus ja käyttöikä, mikäli asiakas sitä noudattaa. Jos asiakas laiminlyö huolto-ohjelman noudattamisen, johtaa se takuun raukeamiseen. Tällä pyritään huolehtimaan metsäkoneen toimintakunto, että metsäkone on käytettävissä. Samalla varmistetaan metsäkoneen paras tuottavuus ja metsäkoneen toimiminen sen elinkaaren aikana. Huolto-ohjelmia on useampaa eri tasoa. Huolto-ohjelmien tasot perustuvat eri käyttötuntiluokkiin. Huolto-ohjelmat kattavat metsäkoneen huollon valitun huolto-ohjelman perusteella. Kattavin huolto-ohjelma kattaa eniten käyttötunteja. Huolto-ohjelman aikana metsäkoneella on takuu tietyille komponenteille.

Yksi harvesterikone käyttää elinkaarensa aikana samaa harvesteripäätä (V. Pekkanen, henkilökohtainen tiedonanto, 17.10.2024). Tämä edellyttää säännöllistä huoltoa ja kunnossapitoa ammattikäytön aikana. Yhden harvesteripään elinkaari vaihtelee olosuhteiden ja käyttäjän mukaan, joten ei voida yleistää tai sanoa varmaksi, mitkä ovat koko harvesteripään käyttötunnit elinkaaren loppupäässä. Koko metsäkoneen käyttötunnit ammattikäytössä ennen käytöstä poistoa ovat noin 25 000 käyttötuntia, jonka jälkeen metsäkoneet siirtyvät reserviin pois ammattikäytöstä.

Harvesterikoneen elinkaaren aikana metsäkonetta huolletaan ja korjataan huolto-ohjelman mukaisesti riippuen myös siitä, minkä huoltosopimuksen asiakas on valinnut (V. Pekkanen, henkilökohtainen tiedonanto, 17.10.2024). Metsäkonetta joudutaan huoltamaan vaikeassa ympäristössä ja joskus äärimmäisissä olosuhteissa, joten huolto- ja korjaustoimenpiteet eivät välttämättä aina ole laadukkaita tai pitkäkestoisia. Tämä ongelma syntyy silloin, kun huoltosopimus ei ole enää voimassa ja metsäkoneyrittäjä korjaa ja huoltaa konetta itse. Yleisimpiä huoltokohteita ovat rikkoutuneet hydraulikkaletkut, liittimien vuodot ja syöttömoottorien vaihdot. Perushuoltona suoritetaan kaiken muun ohessa aina öljynvaihdot moottorille, teräketjuöljyn ja värimerkkausaineen lisäykset ja hydraulikkaöljyn täyttö tai

vaihto. Myös nivelet ja liikkuvat osat rasvataan vaseliinilla. Etukarsimaterät joudutaan vaihtamaan kertaalleen elinkaaren aikana, ja muita karsimateriaa voidaan teroittaa elinkaaren aikana.

Harvesterikoneista noin 5–10 % saa vaihtopään (V. Pekkanen, henkilökohtainen tiedonanto, 17.10.2024). Pelkän harvesteripään käyttötunnit ovat siis tulleet täyteen, ja itse metsäkoneella on vielä käyttötunteja jäljellä ammattikäytössä.

#### 4.4 Käytöstä poisto

Käytöstä poistosta ei ole validoitua dataa, joten tätä ei ole tutkittu aikaisemmin. Ongelmana siis on ammattikäytöstä reserviin poistuvien harvesterikoneiden kohtalo. Käytöstä poiston jälkeen kolmannet toimijat ostavat koneet tai niiden varaosat itsellensä jatkojalostusta varten. Tiedossa on ainakin yksi alan iso toimija, joka on nimeltään Koppom Maskin AB. Toimija tulee Ruotsista ja se ostaa, korjaa ja kunnostaa kaiken merkkisiä käytettyjä metsäkoneita ja niiden komponentteja (Koppom Maskin, i.a.). Kunnostuksen jälkeen yritys jälleenmyy käytetyt metsäkoneet. Erilaisia myytäviä metsäkoneita on vuosittain 250–300 kappaletta. Yritys myy kunnostettuja ja uudelleenvalmistettuja komponentteja ympäri Eurooppaa.

Tämä on vain yksi esimerkki kolmansista toimijoista. On olemassa varmasti useita muita toimijoita tällä saralla.

Kokonaisessa metsäkoneessa on käytetty tuhansia eri komponentteja ja useita eri materiaaleja. Olisi siis tärkeä saada käytöstä poistuneet käytetyt metsäkoneet takaisin kiertoon. Esimerkiksi käytetyt metsäkoneet voitaisiin purkaa osiksi ja materiaalit erotella toisistaan asiakkaan tai jonkun muun osapuolen toiminnasta.

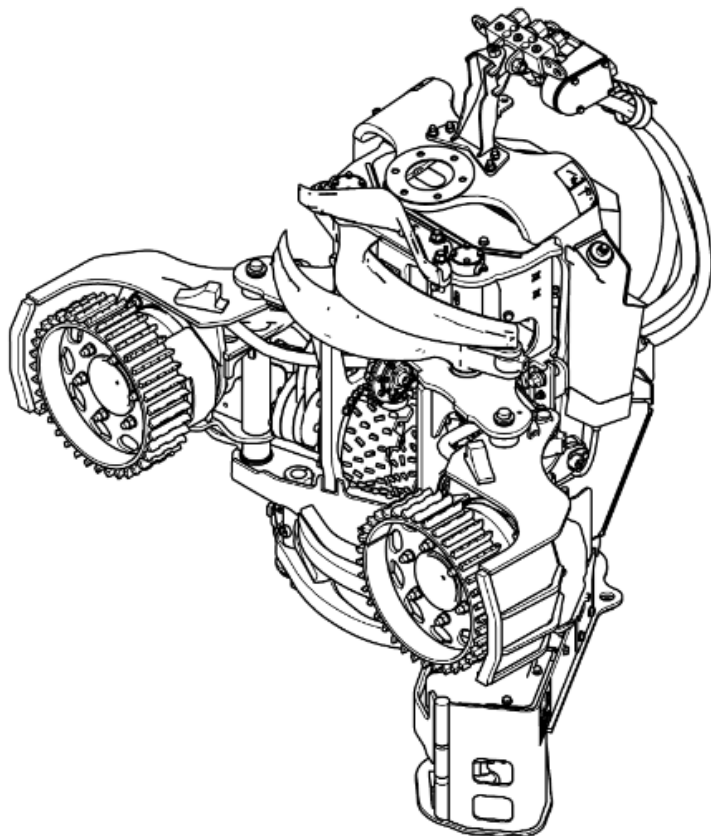
Tähän toimintamalliin pystyttäisiin sitomaan asiakas panttijärjestelmän avulla (A. Ketvell, henkilökohtainen tiedonanto, 20.8.2024). Käytetyn metsäkoneen suuremmissa osakokonaisuuksissa olisi jokaisessa oma rahanarvoinen pantti. Suurempien kokonaisuuksien

komponentteihin voisi olla saatavilla mallikohtainen räätälöity korjaussarja. Tämä sarja olisi hyvinkin kuluttajaystävällinen. Tällöin metsäkoneen omistaja ei hävittäisi metsäkoneetta kiertotalouden kannalta epäedullisella keinolla, vaan korjaisi tai uudelleen käyttäisi metsäkoneen.

## 5 PÄÄKOMONENTIT JA VALITUT ESIMERKKIKOMONENTIT

Potentiaalisia pääkomponentteja, joilla voisi pienentää ympäristövaikutuksia sekä lisätä uudelleenvalmistuksen määrää sekä lisätä materiaalien kierrätettävyyssastetta, olisivat esimerkiksi syöttörullat, syöttömoottorit, hydraulikkapumput, hydraulikkamoottorit, hydraulikkasyylinterit sekä karsimaterät.

Kuvassa 4 on H425-harvesteripään rakennekuva. Näkyvillä ovat pääkomponentit, kuten alasyöttörullat, karsimaterät, syöttörullakotelot ja hydraulikkaletkut.



WJ1310419

*H425 Harvester Head  
(Manufactured 2021-)*

Kuva 4. John Deere H425-mallin rakennekuva (John Deere Parts Catalog, i.a.-a).

Potentiaalisiksi ja tutkittaviksi esimerkkikomponenteiksi tässä työssä valikoituivat syöttörullat ja hydrauliiikan syöttömootorit.

John Deere Forestry Oy:n harvesteripäiden hydrauliikkamootoreista oli jo olemassa Reman uudelleenvalmistamista Koneosapalvelun toimesta. Tämän vuoksi Koneosapalvelu oli looginen valinta yhteistyökumppaniksi kiertotalouden ja työn hyödyllisyyden kannalta. Kaikki komponentit olivat tavallaan yhtä helppoja tai yhtä vaikeita tutkittavia, joten valinta ei ollut mitenkään haastava.

## 5.1 Harvesteripää H425

Työssä esitelty uusi harvesteripää on malliltaan H425. H-merkintä viittaa sen mallisarjaan. Numero 4 tarkoittaa syöttörullien määrää ja loput numerot 2 ja 5 kuvastavat harvesteripään mallisukupolvea ja kokoa (J. Turunen, henkilökohtainen tiedonanto, 24.6.2024). Numero 2 on toinen mallisukupolvi ja numero 5 on yksinkertaisesti harvesteripään kokoluokka. Numerot eivät perustu mihinkään tieteelliseen arvoon, mutta ne ovat loogisessa järjestyksessä ja niitä pystytään vertailemaan harvesteripäiden kesken.

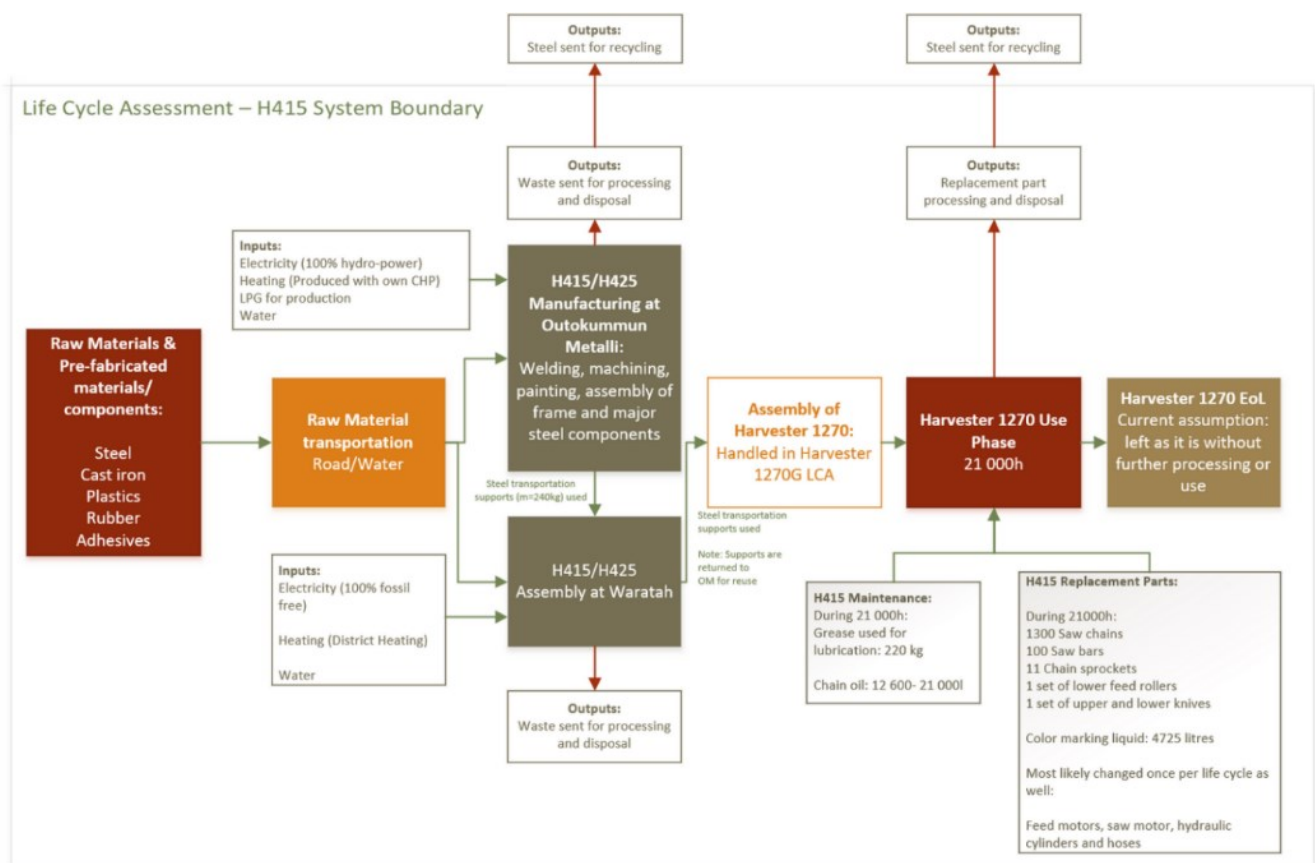
Harvesteripään runko on valmistettu teräskomponenteista. Teräksen ainevahvuus ja lujuusluokka vaihtelee riippuen käyttökohteen asettamista vaatimuksista. Valurautaa ovat esimerkiksi valuterät, hydrauliikkapumput ja hydrauliikkamootorien rungot. Hydrauliikkamootorit ja sylinterit ovat edullisia, ja ne ovat myös helposti vaihdettavissa.

Tällä hetkellä on tiedossa osa-alueet, jotka aiheuttavat suurimmat ympäristövaikutukset harvesteripään osalta (M. Paljakka, henkilökohtainen tiedonanto, 2.9.2024). Raakamateriaalit kuten teräkset ja teräksen valmistusprosessi aiheuttavat suurimman ympäristövaikutuksen. Käyttövaiheen osalta ympäristövaikutukset syntyvät harvesteripään elinkaaren aikana teräketjuöljystä, värimerkkausaineesta ja terien vaihdosta.

Kuviossa 8 on harvesteripään elinkaaren aikaiset tapahtumat elinkaariarvioinnin perspektiivistä. Kaaviota luetaan vasemmalta oikealle. Lähtötilanteena on materiaalihankinnat,

niiden kuljetus paikkaan, jossa tuotteen valmistus tapahtuu. Outokummussa tehdään esimerkiksi hitsaus, koneistus, pintakäsittely ja mekaanisten komponenttien ja rakenteiden kokoonpano. Näihin toimenpiteisiin kuluu sähköä, lämpöä ja vettä. Tuotantoprosesseissa syntyy jätettä. Ylimääräinen teräs menee kierrätykseen. Outokummusta harvesteripää siiryy Waratah OM Oy:lle Joensuuhun, ja siellä siihen asennetaan hydraulikka, sähköistys ja suoritetaan loppukokoonpano. Näihin toimenpiteisiin kuluu sähköä ja samalla syntyy myös jätettä. Loppukokoonpanon jälkeen harvesteripää asennetaan metsäkoneeseen.

Kuvion 8 loppuosa kuvaa harvesteripään käytön aikana syntyneitä huolto- ja materiaali kuluja. Viimeinen vaihe kuvaa harvesteripään loppusijoituspaikan.



Kuvio 8. Elinkaararviointi harvesteripäälle (Surakka, 2024).

## 5.2 Tehdaskierros Waratah OM Oy:n tiloissa H425-harvesteripäätä tarkastellen

Kävin tutustumassa harvesteripään toimitusketjuun kesäkuussa 2024 Outokummussa ja Joensuussa. Kuvat 5–9 on otettu valmiista harvesteripäästä Waratah OM Oy:n tiloissa.

Kuvassa 5 on valmis harvesteripää, joka odottaa noutoa John Deeren kokoonpanolinjalle.



Kuva 5. Valmis H425-harvesteripää (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

Syöttörullat (kuva 6) kuljettavat puunrungon kohti sahauskohtaa ja keltaiset karsima- ja prosessointiterät puristavat puunrungon tiukasti syöttörullia vasten. Jokaiselle rullalle on oma syöttömoottori.



Kuva 6. Karsima- ja prosessointiterät sekä syöttörullat (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

Alasyöttörullien (kuva 7) rakenne, hampaiden kulma ja niiden määrä vaihtelevat syöttörullan valmistajan mukaan. Vaihtoehtoja on useita erilaisia. Rullat eroavat hammasrivistön koostumuksen ja hampaiden kulman perusteella. Syöttörullien valintaan vaikuttavat puulaji ja puunkoko.



Kuva 7. Alasyöttörulla (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

Kuvassa 8 on H425-mallin sähköohjattu venttiileitä, erilaisia antureita ja moduuli. Osa hydraulikan komponenteista on näkyvillä. Kuvassa 8 on hydraulikkalohko letkujen ja sähköjohtojen alla.



Kuva 8. H425-mallin sähköistys ja hydraulikka (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

Kuvassa 9 on joitain hydrauliiikan komponentteja, kuten alasyöttömootorin lohko, hydrauliiikkaletkuja, alasyöttörulla, syöttörullakotelo ja karsimaterä. Kriittisimmät letkut ja lohkot ovat metallirakenteiden alla suojassa mahdollisilta iskuilta ja hankauksilta. Ne on myös suojattu letkuspiraalilla.



Kuva 9. Hydrauliiikkaletkuja, alasyöttömootori ja alasyöttörulla (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

### 5.3 Koneosapalvelu

Koneosapalvelu kunnostaa ja uudelleen valmistaa lukuisia metsäkoneen komponentteja, kuten voimansiirron komponentteja ja hydrauliiikan komponentteja (M. Aliranta, henkilökohtainen tiedonanto, 16.9.2024). Yleisiä kunnostettuja voimansiirron komponentteja ovat perät, navat, jakolaatikot ja vaihteistot. Yleisiä kunnostettuja hydrauliiikan komponentteja ovat

sylinterit, pumput ja moottorit. Harvesteripään osalta kunnostettuja komponentteja ovat hydraulikkamoottorit ja sylinterit. Kaikki koneosapalvelun kunnostamat komponentit ovat käytettyjä, eli he eivät valmista täysin uusia komponentteja.

#### 5.4 Hydraulikkamoottorit yleisesti

Hydraulikkamoottoreita kunnostetaan päivittäin useampi kappale. (M. Aliranta, henkilökohtainen tiedonanto, 16.9.2024). Hydraulikkamoottorien rungot ovat valurautaa, eivätkä ne kulu mekaanisesti elinkaarensa aikana käyttökelvottomiksi. Yleisin vaurio moottorinrungolle on kiinnikekorvien halkeaminen, murtuminen tai kiinnitysreikien kuluminen. Sen sijaan kuluvia komponentteja ovat moottorien akselit, laakerit, laakeripesät, hammaskehät ja tiivisteet. Nämä ovat helposti vaihdettavissa ja ovat samalla kustannustehokkaita yleismaailmallisia komponentteja.

Moottoreille on olemassa valmiita korjaussarjoja, joissa komponentit on valittu niiden kriittisyyden perusteella (O. Vuorinen, henkilökohtainen tiedonanto, 17.9.2024). Esimerkiksi laakerit, tiivisteet, erilaiset liuku- ja lukitustapit vaihdetaan käytännössä aina. Tällöin varmistetaan moottorien varmatoimisuus uudelleenvalmistuksen perusteella. Kriittisten komponenttien jälkeen arvioidaan, onko muita kunnostettavia osa-alueita. Arvioinnin perusteella vaihdetaan muita toimivuuden kannalta tärkeitä komponentteja, mikäli tilanne näin vaatii.

Hydraulikkamoottorit ovat edullisia valmistaa jo uutena, mutta ne ovat myös edullisia kunnostaa, mikä tekee uudelleenvalmistuksesta suhteellisen helpon ja varteenotettavan vaihtoehdon (O. Vuorinen, henkilökohtainen tiedonanto, 17.9.2024). Tämän takia Koneosapalvelu on tehnyt erilaisten hydraulikkamoottoreiden kunnostuksia jo kymmeniä vuosia. Koneosapalvelu kunnostaa vuosittain 1500 kappaletta hydraulikkamoottoria. Seuraavana askeleena on saada harvesteripään syöttö- ja työmoottorit John Deere Reman-tuotekonseptin alle.

## 5.5 Tutkittava esimerkkimalli H414 käytetty

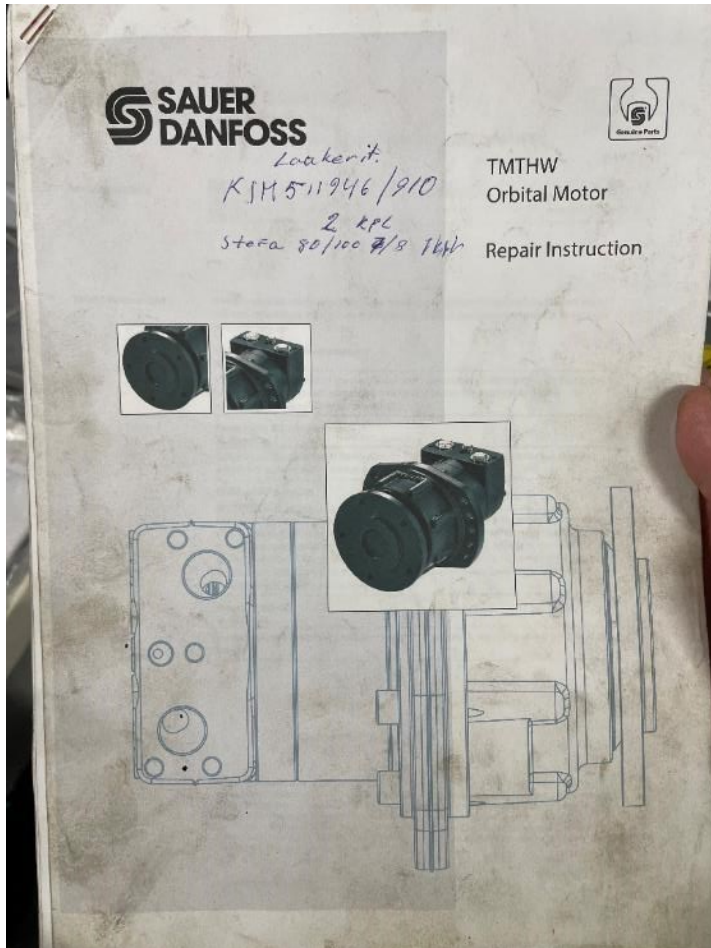
Työssä esiintyvät tutkittavat esimerkkikomponentit ovat peräisin käytetystä John Deere H414-harvesteripäästä. Kyseessä on siis vanhemman mallisukupolven harvesteripää, joka on hieman H425-mallia pienempi. H414-mallin toimintaperiaate ja rakenne on hyvin samankaltainen H425-mallin kanssa, joten komponenttien ja tulosten vertailu on mahdollista. Yleisesti ottaen John Deeren harvesteripäät ovat osittain skaalautuvia keskenään eli esimerkiksi pienemmissä 4-rullaisessa harvesteripäässä on samat ominaisuudet kuin isommissa 4-rullaisissa malleissa.

## 5.6 Yläsyöttömoottorit

Tutkittavan H414-harvesteripään yläsyöttömoottorit olivat normaalia paremmassa kunnossa. Syöttömoottorin tuotekooditarrasta selvisi, että kyseiset moottorit olivat vuosimallia 2021, eli ne on kertaalleen vaihdettu, sillä itse harvesteripää oli vuosimallia 2016. Voidaan arvioida karkeasti, että käyttötunnit vaihdetuille moottoreille ovat noin 5000–8000 tuntia, sillä kokonaistunnit olivat 17000 käyttötuntia. Moottorit olivat yleisesti ottaen todella hyvässä kunnossa, kun verrataan niitä muihin moottoreihin, joita koneosapalvelu purkaa ja kunnostaa.

Yleiset huomiot tutkittavissa moottoreissa voidaan keskittää pyörästön kulumiseen ja jakolevyjen tasopintojen kuluneisuuteen. Yleiskunto tutkituille yläsyöttömoottoreille oli muuten hyvä, ja ne olivat mekaanisesti täysin ehjät. Voidaan siis todeta, että yläsyöttömoottorit olivat mekaanisesti täysin toimintakuntoiset. Syöttömoottorien mekaaninen kunto todettiin visuaalisesti yleisen valmistajakohtaisen ohjeen mukaisesti.

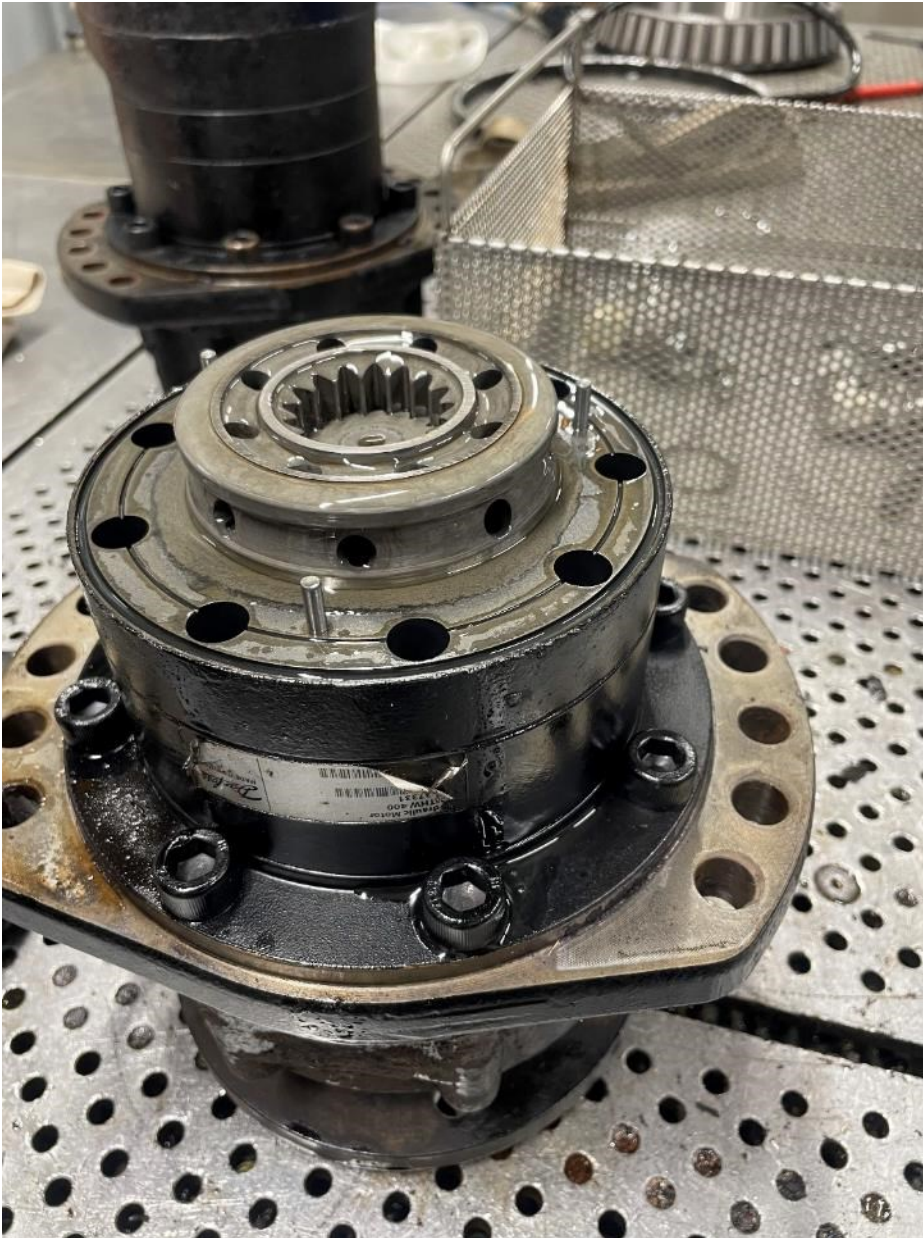
Kuvassa 10 on korjausopas Danfoss 400 hydraulikkamootorille. Tämän ohjeen perusteella teimme visuaalisen kuntoarvion ja vaihdettavien osien tarpeen yläsyöttömootoreille. Alasyöttömootoreille oli hyvin vastaava merkkikohtainen korjausopas.



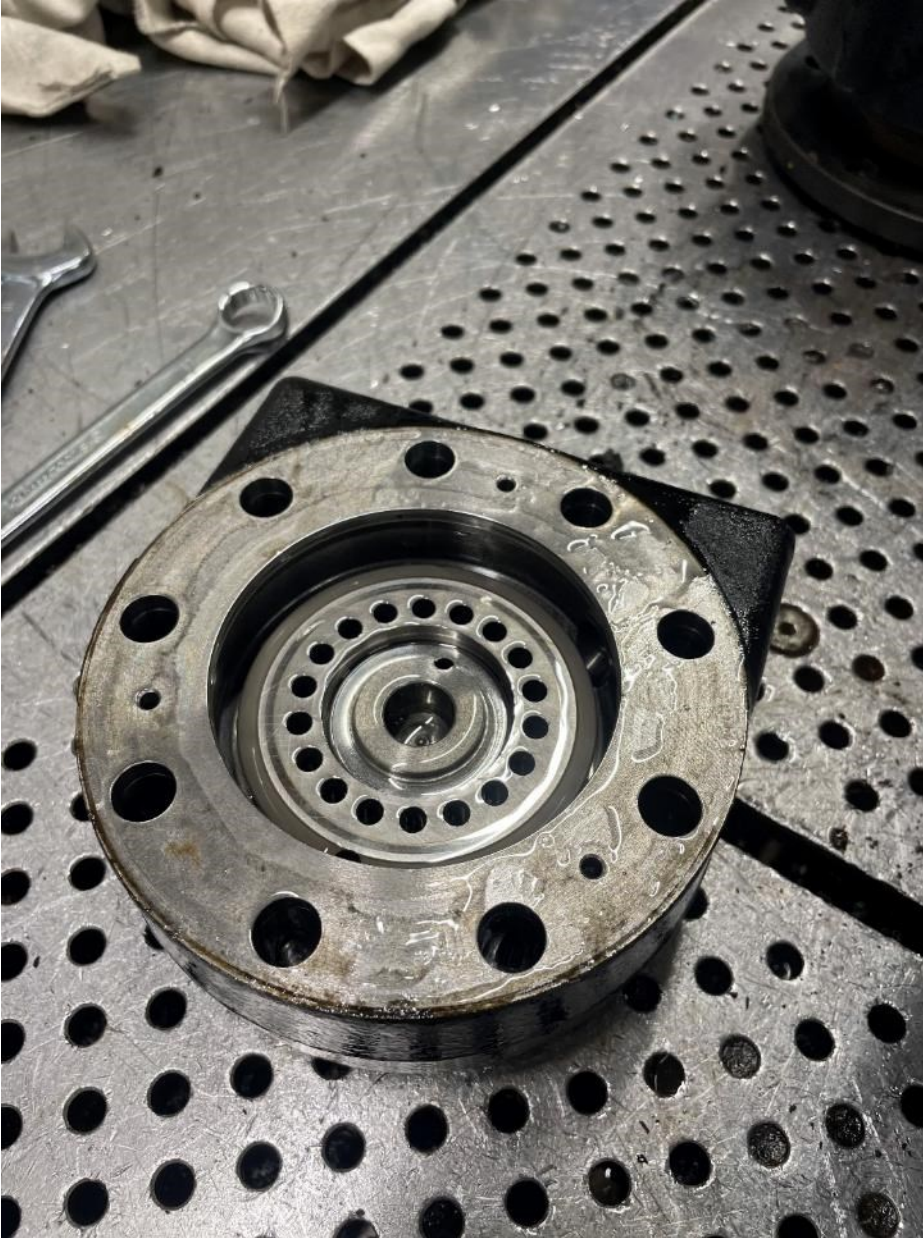
Kuva 10. Danfoss 400 korjausopas (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



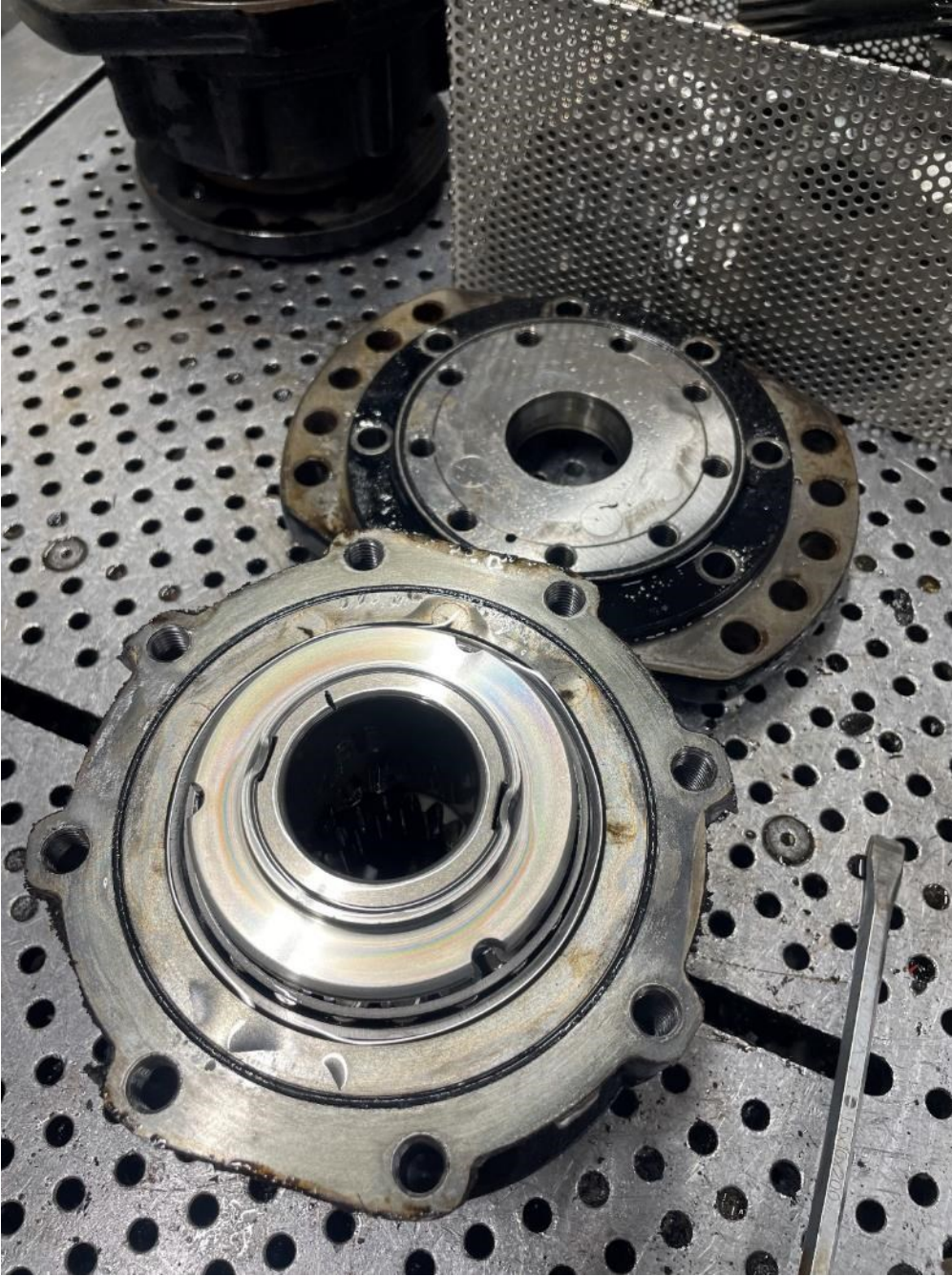
Kuva 11. Käytetyt ylä- ja alasyöttömoottorit. (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 12. Yläsyöttömoottori Danfoss (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 13. Yläsyöttömöörin takakansi ja ylin jakolevy (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 14. Yläsyöttömoottorin kiinnityslaippa ja laakerointi (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



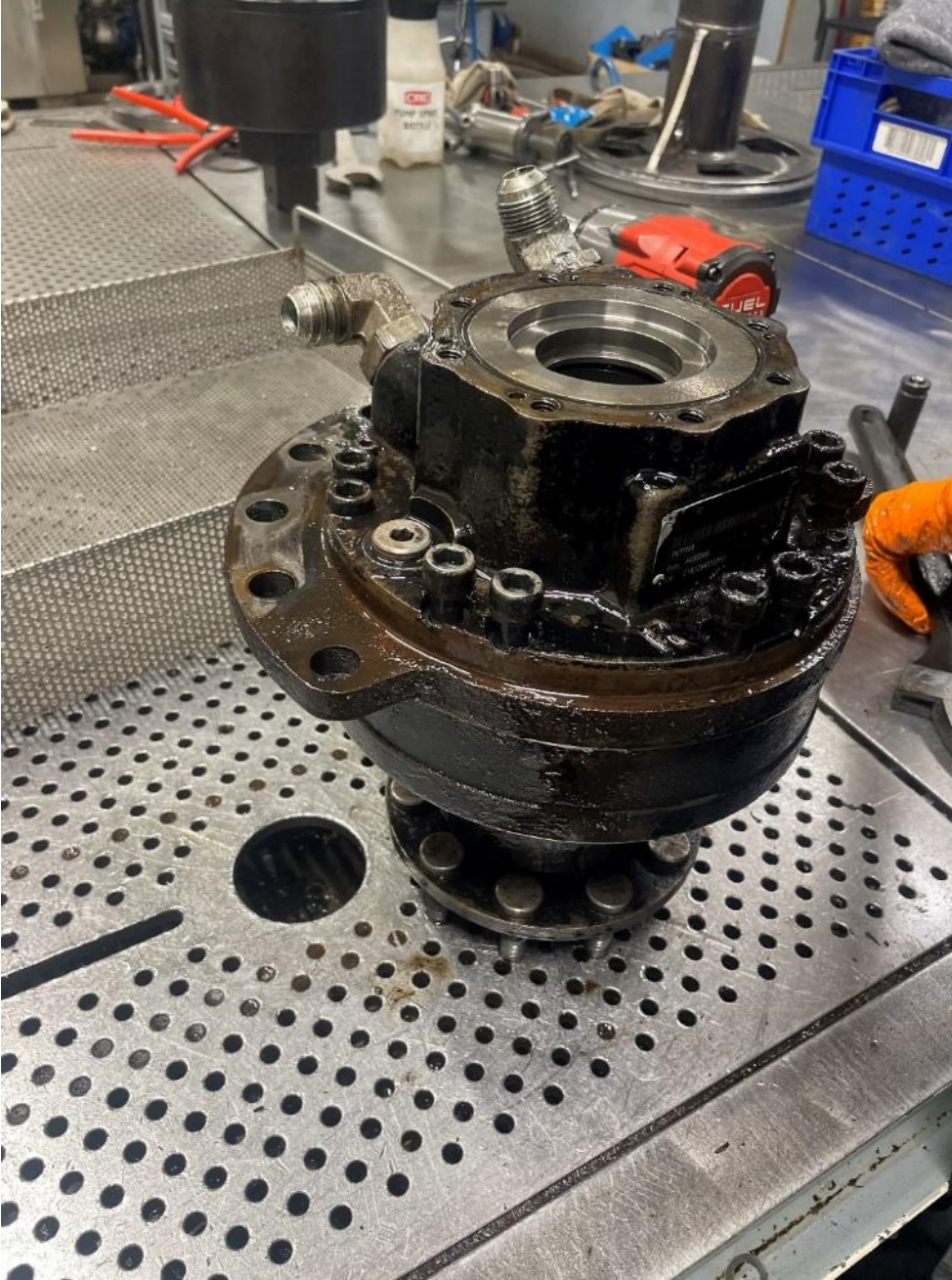
Kuva 15. Yläsyöttömöörin pyörästö ja kardaani (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

## 5.7 Alasyöttömoottorit

Tutkittavan H414-harvesteripään alasyöttömoottorit olivat normaalia paremmassa kunnossa (O. Vuorinen, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024). Tuotekooditarrasta ei selvinnyt moottoreiden vuosimallia, mutta arvioitiin, että käyttötunteja on korkeintaan 14000. Tämä perustuu Koneosapalvelun yleiseen tietoon syöttömoottoreista. Voidaan olettaa, että moottorit on kertaalleen vaihdettu (kuva 16). Hyvin mahdollisesti ne on vaihdettu samaan aikaan kuin yläsyöttömoottorit.

Yleiseen tietoon perustuvaa tietämystä olisi hyvä tukea mitatulla tiedolla.

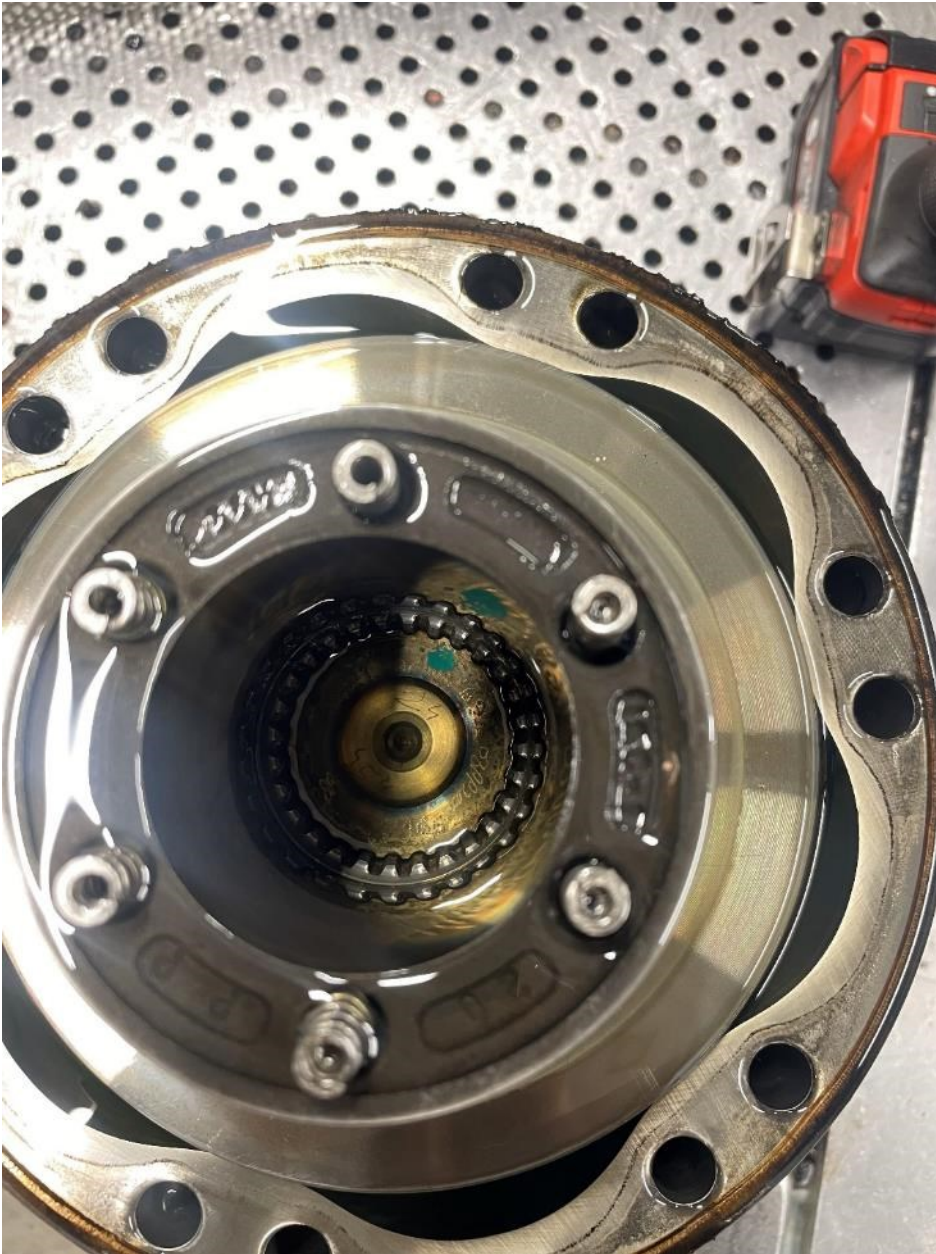
Yleiset huomiot alasyöttömoottoreista olivat kiinnikekorvakkeen murtuminen, tästä alempana kuva (kuva 23). Moottorin sylinteriryhmä oli yleisilmeeltään siisti ja toimintakuntoinen. Sylinteriryhmän purku toi ilmi, että mäntien liukujen pinnoite oli hieman kulunut. Yleiskunto oli muuten hyvä ja komponentti oli mekaanisesti toimiva. Kunnostustoimenpiteinä oli mäntäsarjan vaihto, mikä sisältää männät, sylinterit ja mäntien liu'ut. Mäntien liu'ut olivat vaurioituneet kuvassa 22. Murtuneen korvakkeen vuoksi alasyöttömoottorin kansi jouduttiin vaihtamaan uuteen (kuva 23). Samalla tehtiin tiivistesarjan vaihto.



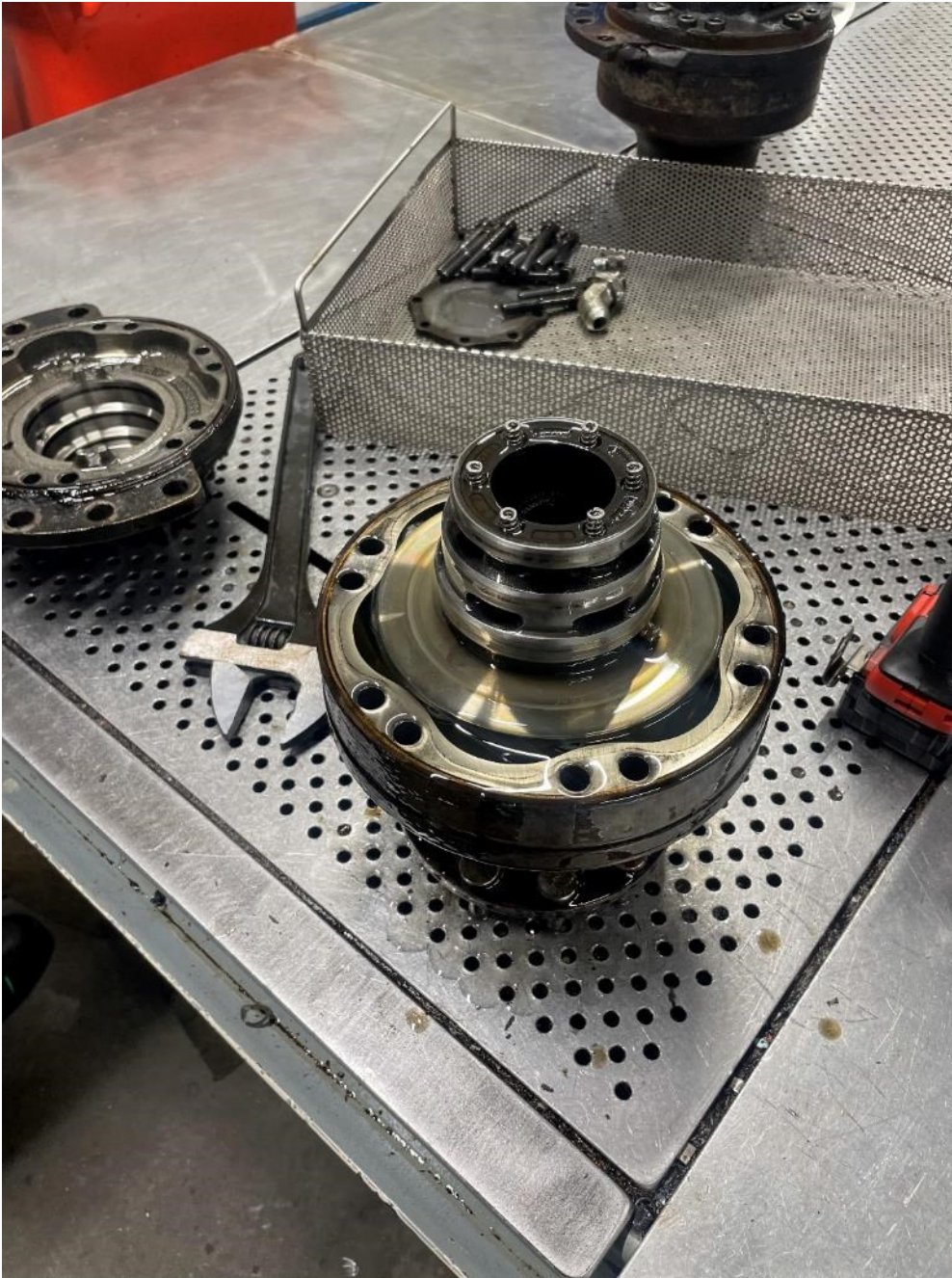
Kuva 16. Alasyöttömoottori Poclairn (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 17. Alasyöttömoottori aukaistuna, kannen irrotus (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 18. Alasyöttömoottorin jakomajja ja kammirengas (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



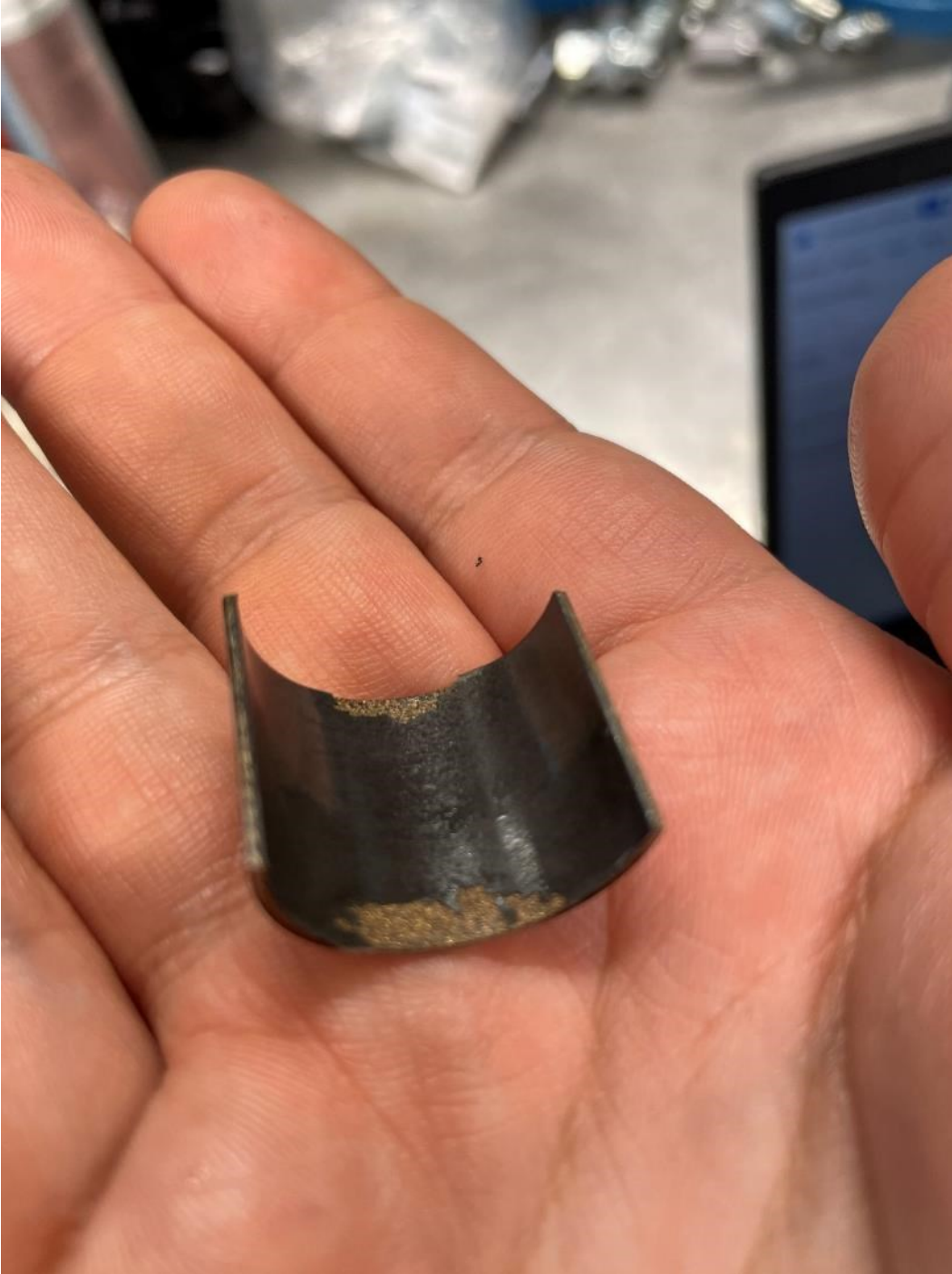
Kuva 19. Alasyöttömoottorin rungon osat (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 20. Alasyöttömoottorin sylinteriryhmä (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



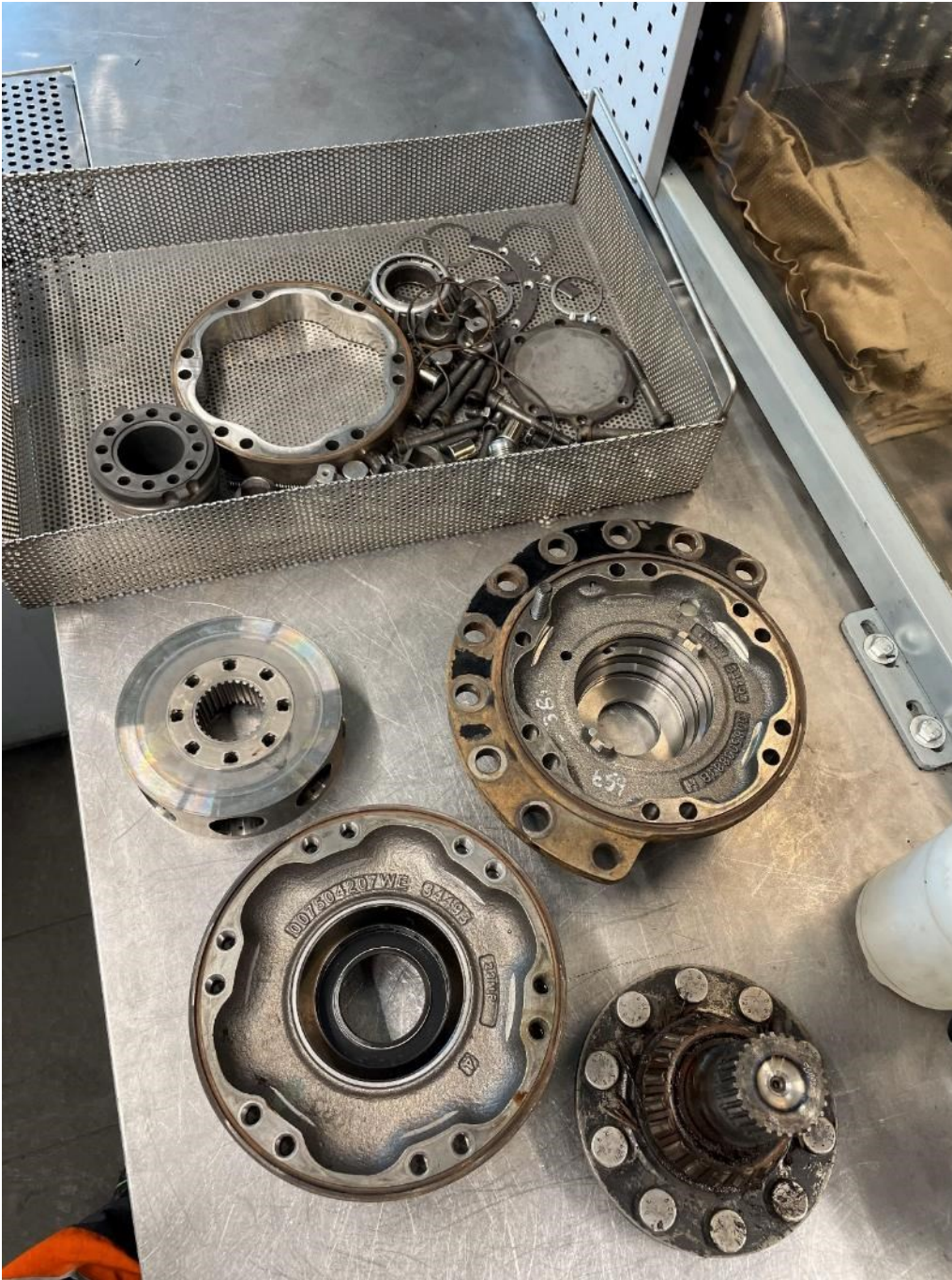
Kuva 21. Alasyöttömoottorin mäntä, rulla, rullan liuku, männän pidätin (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 22. Rullan liuku, viallinen (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 23. Murtunut korvake, alasyöttömoottori (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



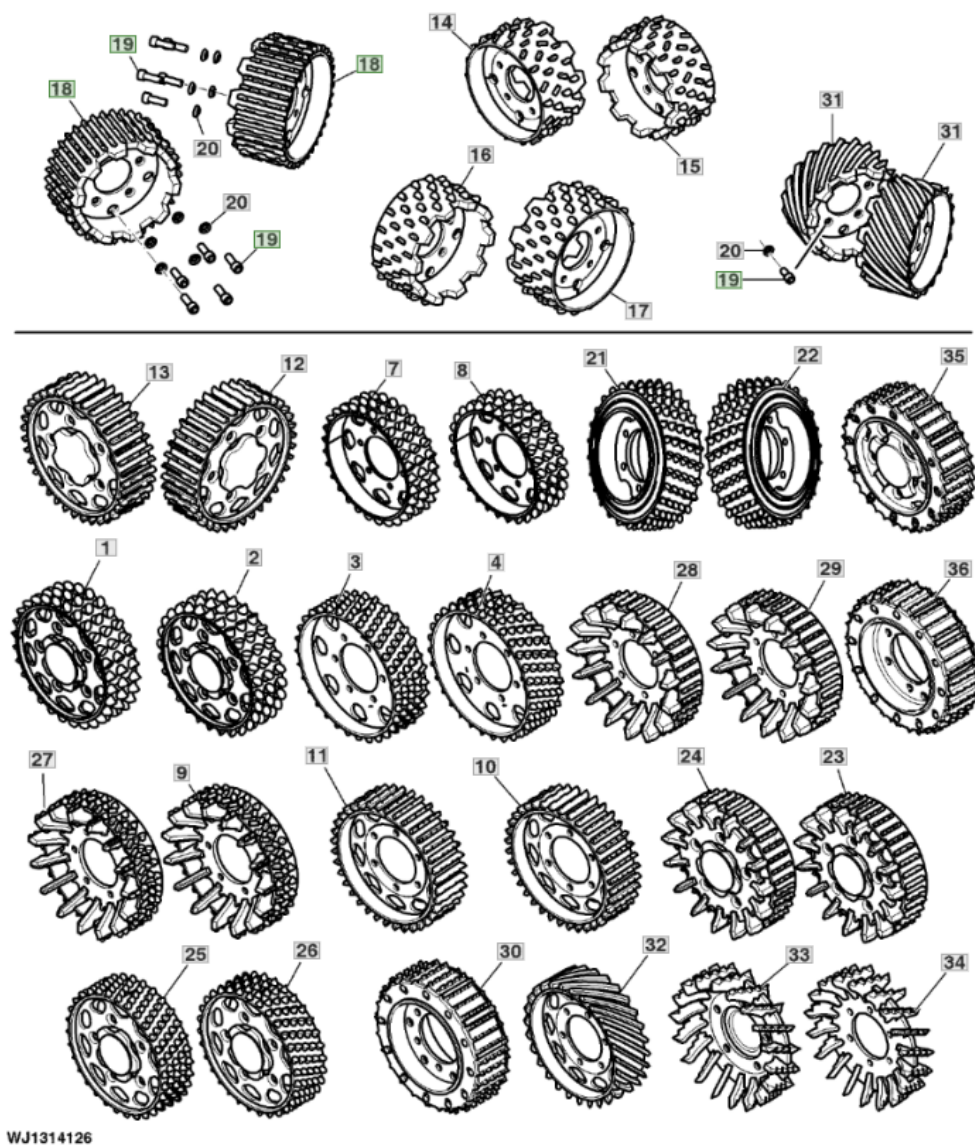
Kuva 24. Sylinteriryhmä, laakeripesä, akseli, kansi, kammirengas (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

## 5.8 Syöttörullat

Syöttörullia on harvesteripäässä riippuen mallisarjasta 2 tai 4 kappaletta (A. Ketvell, henkilökohtainen tiedonanto, 25.9.2024). Sivulla olevat syöttörullat ovat nimeltään

alasyöttörullat ja runkorakenteen sisään integroidut rullat ovat nimeltään yläsyöttörullat. Syöttörullien tehtävä on liikuttaa puunrunko kohti sahalaippaa, jossa itse rungon katkaisu tapahtuu.

Kuvassa 25 on listaus erilaisista syöttörullamalleista. Viivan yläpuolella on vaihtoehdot yläsyöttörullille ja viivan alapuolella on vaihtoehdot alasyöttörullille (kuva 25).



Kuva 25. Listaus syöttörullamalleista (John Deere Parts Catalog, i.a.-b).

Syöttörullat ovat potentiaalisia komponentteja uudelleenvalmistuksen kannalta, sillä ne ovat spesifioituja. Saatavilla on erilaisia malleja ja rakenneratkaisuja on useita. Optioita on

lukuisia erilaisia syöttörullille. Asiakas valitsee käyttötarkoituksensa mukaan harvesteripään soveltuvat syöttörullat. Puun koko, raaka-aineen käyttötarkoitus ja puulaji ratkaisevat syöttörullan valinnan harvesteripäähän.

Syöttörullien materiaalina käytetään pääosin terästä. Hampaiden muotoja ja kokoja on useita erilaisia (kuva 25). Hampaiden kulma vaikuttaa puun kuorimiseen, liukuvuuteen ja pitoon.

Tällä hetkellä tiedettävästi ainoa kunnostustoimenpide, joita yläsyöttörullille tehdään, on yksittäisten piikkien uudelleen hitsaus yksitellen (J. Turunen, henkilökohtainen tiedonanto, 24.6.2024). Tämä tapahtuu usein maasto-olosuhteissa koneen käyttäjän toimesta. Alasyöttörullamalleille ei ole tällä hetkellä olemassa minkäänlaisia kunnostusohjeita tai korjauskomponentteja.

### **5.8.1 Yläsyöttörullat**

Yläsyöttörullia tutkittavassa mallissa on 2 kappaletta. Ne sijaitsevat vierekkäin runkorakenteen sisällä harvesteripään yläosassa (kuva 27). Rullien rakenne koostuu rungosta ja yksittäisistä piikeistä. Itse piikit olivat hyvässä kunnossa ja terässä. Muutama piikkihammas oli vaihdettu ja hitsattu jälkeensä elinkaaren aikana. Kyseessä on kuitenkin alkuperäiset syöttörullat. Syöttörullien kiinnityspinnat, pultinreiät ja runko olivat ehjiä ja mekaanisesti hyvässä kunnossa. Rullien korjaus onnistuu helposti hitsaamalla, mikäli sille on tarvetta, sillä rungon ja piikkien materiaali on teräs.



Kuva 26. Yläsyöttörulla (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 27. Yläsyöttörullat ja niiden moottorit (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

### 5.8.2 Alasyöttörullat

Myös alasyöttörullia on 2 kappaletta. Ne sijaitsevat harvesteripään sivulla syöttökotelon sisällä, kummallakin puolella yksi rullakotelon sisällä (kuva 30). Alasyöttörullat ovat huomattavasti painavampia kuin yläsyöttörullat. Alasyöttörullien yleiskunto oli kohtalainen, sillä hammasrivistö oli tylsistynyt, saanut iskuja ja vääntyillyt (kuva 29). Alasyöttörullat on

vaihdettu kertaalleen. Rullien runko ja kiinnityspinnat olivat kuitenkin kunnossa (Kuva 28). Myös alasyöttörullien materiaalina on teräs, joten rungon korjaaminen olisi helppoa hitsaamalla. Alasyöttörullia ei lähtökohtaisesti pystytä kunnostamaan. Tämä riippuu kuitenkin syöttörullamallista. Tiettävästi ainakin Mense tekee yleisesti alasyöttörullien kunnostuksia, mutta pääosin yritys on syöttörullien jälleenmyyjä. Mensellä on patentit heidän kehittämiinsä syöttörullamalleihin, joten tarkat kunnostustoimenpiteet eivät ole yleisesti saatavilla.



Kuva 28. Alasyöttörulla (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 29. Alasyöttörullan hammasrivistö (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).



Kuva 30. Alasyöttörulla paikallaan harvesteripäässä (Tuominen, 2024, CC BY-NC-ND).

## 5.9 Kunnon arviointi

Malliksi otettiin käytetystä H414-harvesteripäästä ylä- ja ala syöttömootorit sekä niiden päässä olevat syöttörullat. Käyttötunteja tutkitulla yksilöllä oli noin 17000 tuntia.

Purimme yhdessä työparini Joonna Viitalan kanssa H414-harvesteripään Koneosapalvelun tiloissa Vilppulassa. Koska tämän opinnäytetyön ohella on syntynyt uusi tutkimusprojekti harvesteripään uudelleenvalmistusprosessista hieman konkreettisemmasta näkökulmasta, keskitytään tässä vain syöttömootorien ja syöttörullien tarkasteluun tämän työn osalta.

Yhteenvedona voidaan todeta, että harvesteripää oli täysin toimintakuntoinen syöttömootorien ja syöttörullien osalta. Syöttömootorit oli kertaalleen vaihdettu, eikä niille ollut kertynyt käyttötunteja suositeltua maksimimäärää. Tämän tyyppisille syöttömootoreille suosituskäyttötunnit ovat enimmillään 10000–14000 tuntia. Kuvat 26–30 kertovat tarkemmin vielä tarkasteltujen syöttörullien toimintakunnon ja yleisilmeen.

## 6 TULOKSET

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli selvittää John Deere H425-harvesteripään kiertotalousvalmiutta komponenteittain ja samalla tuoda esiin uudelleenvalmistuksen mahdollisuuksia. Tuloksien analysointia edesautettiin valittujen esimerkkikomponenttien avulla. Valitut esimerkkikomponentit auttoivat havainnollistamaan komponenttien kuntoa elinkaaren loppupäässä. Samalla arvioitiin ja selvitettiin harvesteripään elinkaarta ja keskityttiin elinkaaren pidentämiseen vaikuttaviin komponentteihin, osa-alueisiin ja materiaalivalintoihin.

Tämän opinnäytetyön tuloksena on syntynyt useampi tulos harvesteripään kierrätettävyyteen liittyen.

Konkreettisten tuloksien saavuttamiseksi suoritettiin komponenttien visuaalinen tarkastelu. Esimerkiksi ylä- ja alasyöttömootorit purettiin ja niiden kuntoa tarkasteltiin visuaalisesti. Tästä johtopäätöksenä vaihdettiin vain kulutusosat, kuten tiivisteet, laakerit ja mäntäsarjat. Huomiona yhdestä alasyöttömoottorista oli kiinnityskorvake murtunut, jolloin koko syöttömoottorin kansi jouduttiin vaihtamaan uuteen kanteen.

Yhtenä merkittävimpana tuloksena on uuden projektin käynnistyminen Koneosapalveluiden tiloissa. Siellä puretaan ja analysoidaan käytetyn harvesteripään kuntoa kokonaisuutena mutta myös komponenttitasolla. Varsinainen toimitusketju on löytynyt harvesteripään uudelleenvalmistamiseen. Harvesteripäätä pystytään uudelleenvalmistamaan ja kiertotalousratkaisut ovat mahdollisia materiaalien ja komponenttien suhteen, koska harvesteripäät ovat peruseriaatteiltaan samankaltaisia. Tästä työstä saatuja tuloksia voidaan peilata suoraan muihin John Deeren harvesteripäihin. Ongelmakohtana ovat harvesteripäiden eri käyttötarkoitukset. Jokainen harvesteripää on yksilöllinen käyttöhistoriansa vuoksi.

Työn edetessä kaikkien työhön osallistuvien henkilöiden ja tahojen tietotaito kiertotalouden parissa on lisääntynyt merkittävästi.

Taulukko 1. Komponenttien kuntoarvio, tehdyt toimenpiteet sekä arvio kiertotalouden potentiaalin kannalta

Komponentti	Kuntoarvio	Toimenpide	Potentiaali kiertotalouden kannalta
Runko	Käyttötunteihin nähden hyvä, muutama revennyt hitsausseama, sahakotelo saanut iskuja, kierteitä mennyt	Kunnostus: Pesu, hiekkapuhallus, korjaushitsaukset, pintakäsittely, uudet kierteet	Runko oli suhteellisen ehjä, kunnostettavissa ja säästää paljon resursseja
Syöttömoottorit ylä	Hyvät, ei ollut väljiä, täysin toimivat	Purku, pesu, kunnostus, kasaus, maalaus, tiivisteet ja laakerit vaihdettiin	Elinkaaren pidentäminen suhteellisen pienellä huoltotoimenpiteellä. Ei tarvitse uusia koko moottoria.
Syöttörullat ylä	Täysin ehjät, piikit tallella, hyvässä kunnossa	Pesu ja maalaus	Jos yksittäisiä piikkejä olisi irronnut, ne voitaisiin uudelleen hitsata, erittäin hyvä potentiaali
Syöttörullat ala	Huonommassa kunnossa kuin yläsyöttörullat, piikkirivistöt tylsistyneet	Pesu ja maalaus	Syöttörullan rakenne ei mahdollista piikkirivistöjen kunnostusta, ei uudelleenvalmistettavissa
Syöttömoottorit ala	Heikossa kunnossa, pientä väljyyttä, toisesta korvake murtunut	Purku, pesu, kunnostus, kasaus, maalaus, tiivisteet, laakerit ja moottorin kansi vaihdettiin toiseen moottoreista	Elinkaaren pidentäminen suhteellisen pienellä huoltotoimenpiteellä. Ei tarvitse uusia koko moottoria saatavilla olevan vaihto-osan ansiosta

Esimerkituloksena syöttömoottorien massa oli yhteensä noin 154 kg, jolloin terästä säästyy noin 154 kg. Ei tarvitse valmistaa uusia syöttömoottoreita, jolloin hiilidioksidia säästyy yli 250 kgCo<sub>2</sub>-eq. Rungon osalta säästyy yli 1400 kgCo<sub>2</sub>-eq, mutta tässä ei ole huomioituna puhdistus- ja kunnostusprosessien vaatimaa energiaa tai resursseja, joilla on oma negatiivinen vaikutuksensa (A. Surakka, 2024).

Huomiona Co<sub>2</sub>-eq tarkoittaa hiilidioksidiekvivalenttia. Hiilidioksidiekvivalentti kuvaa eri kasvihuonekaasupäästöjen yhteenlaskettua ilmastoa lämmittävää vaikutusta (OpenCO<sub>2</sub>net, i.a.)

## 7 POHDINTA

Työn edetessä tuli ilmi, että rungon kierrätettävyys on mahdollista sen teräsrakenteen vuoksi. Teräksen hankintaan voidaan keskittyä siten, että hankitaan kierrätettyä terästä tai fossiilivapaata terästä. Tämä toimintamalli vähentää oleellisesti ympäristön kuormitusta. Myös muilla materiaalivalinnoilla ja niiden alkuperällä on iso merkitys harvesteripään kiertotalouspotentiaalin kannalta.

Rungon kokemat muodonmuutokset tekevät uudelleenvalmistuksesta ja uudelleenkäytöstä haastavaa valmistustekniikan näkökulmasta. Taloudellinen investointi saattaisi olla liian suuri. Sen sijaan harvesteripään erilaiset komponentit ja osakokonaisuudet ovat vaihdettavissa ja ne voidaan korvata uudelleenvalmistetuilla komponenteilla. Tämä on ympäristön kannalta huomattavasti parempi vaihtoehto, mikäli ajatellaan elinkaaren pidentämistä ja resurssien kulutusta. Käytettyjen harvesteripäiden ongelmana on niiden kunto, joka riippuu niiden elinkaaren aikaisesta käyttökohteesta ja käyttötarkoituksesta. Myös käsitellyn puula-  
jin määrä ja koko vaikuttavat harvesteripään kuntoon ja elinkaaren pituuteen. Nämä puolestaan vaikuttavat olennaisesti harvesteripään vaihdettavien komponenttien määrään ja kunnostustarpeisiin. Tästä johtopäätöksenä voidaan todeta, että jokainen harvesteripää on uniikki, mikä on suuri haaste niiden kunnostuksen kannalta. Yleisesti ottaen harvesteripäiden kunto ei ole ennalta arvattavissa.

Tässä työssä tarkasteltiin elinkaaren lopussa olevaa jo tuotannosta poistunutta harvesteripäätä, joka oli reilu 10 vuotta vanha malli. Harvesteripään runko oli todella vaurioitunut ja sitä oli korjattu hitsaamalla useasta kohdasta maasto-olosuhteissa. Vaurioituneiden rungon osille voisi mahdollisesti suunnitella niin sanottuja korjauspaloja. Mikäli näin ei haluta tehdä, pitää runko suunnitella uudelleen erilaisella rakenteella ja ottaa huomioon materiaalien eri vaihtoehdot sekä ominaisuudet. Rungon rakenteiden väsymistä tulisi tarkastella, minkä perusteella voisi tehdä suunnittelun kannalta järkeviä muutoksia.

Komponenttien kannalta harvesteripää on uudelleenvalmistettavissa, sillä komponentit on helppo korvata uusilla Reman-komponenteilla tai muuten täysin uusilla komponenteilla. Ottaen siis huomioon, että Reman-komponentit sisältävät viimeisimmät päivitykset, tuoteparrukset ja ominaisuudet. Mielestäni tämän toimintamallin toteutuminen on vähintäänkin

hyvä kokonaisuuden kannalta, kun pohditaan kiertotaloutta ja resurssien käytön vähentämistä.

Vaihdettavia komponentteja, jotka ovat täysin tai osittain tällä hetkellä uudelleentalmistettuja komponentteja, ovat esimerkiksi, syöttömootorit, syöttörullat, sylinterit, sahanmootorit, karsimaterät, mittapyörän laakerointi, tiivisteet ja sylinterit.

Tällä hetkellä on vasta katsottu kiertotalousmenetelmiä ja kiertotalousratkaisuja harvesteripään käytön suhteen. Samalla on tutkittu myös uudelleentalmistusprosessia harvesteripään elinkaaren loppupäässä. Tämä työ on siis käytännön tason työ, jota on tarkoitus laajentaa myöhemmin tulevaisuudessa myös muihin John Deeren tuotteisiin ja laitteisiin.

Seuraavat toimenpiteet harvesteripään osalta ovat tutkinnan laajentaminen muille osa-alueille. Tämän jälkeen tulee selvittää, mistä harvesteripään raaka-aineet ovat peräisin. Lisäksi tulee selvittää nesteiden kierrätettävyyttä, kuten hydraulikkaöljyn käsittely kiertotalousajattelun kannalta. Täytyy myös selvittää sahalaitteen voiteluöljyn ekologisuus. Pitää siis tutkia, mikä vaihtoehto on ekologisempi ja ympäristöä vähemmän kuormittavampi voiteluaine sahalaitteen kannalta.

Edellä mainittujen jatkotoimenpiteiden jälkeen saadaan selville juuri tämän tutkittavan H414-harvesteripään ympäristövaikutukset kunnostustöiden ja komponenttien suhteen.

## LÄHTEET

- Euroopan parlamentti (EP). (30.6.2023). *Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä?* <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20151201STO05603/mitakiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>
- European environment agency (EEA). (4.12.2019). *The European environment state and outlook 2020*. <https://www.eea.europa.eu/publications/soer-2020>
- International Organization for Standardization (ISO). (2018). *Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification* (ISO 14067:2018).
- International Organization for Standardization (ISO). (2024). *Circular economy – Vocabulary, principles and guidance for implementation* (ISO 59004:2024).
- John Deere. (2023). *2023 business impact report*. <https://www.deere.com/assets/pdfs/common/our-company/sustainability/business-impact-report-2023.pdf#page=7>
- John Deere Parts Catalog. (i.a.-a). *H425 Harvester Head Introduction*. <https://partscatalog.deere.com/jdrc/navigation/equipment/19516>
- John Deere Parts Catalog. (i.a.-b). *H425 Harvester Head Feed Rolls*. <https://partscatalog.deere.com/jdrc/sidebyside/equipment/19516/referrer/navigation/pgld/6433217>
- John Deere Parts Catalog. (i.a.-c). *Forestry Powertrain ReLife Plus*. <https://www.deere.ca/en/forestry-and-logging/infographics/forestry-relife-infographic/>
- John Deere US. (i.a.-a). *Powertrain ReLife Plus Process Map*. <https://www.deere.com/en/construction/infographics/construction-relife-infographic/>
- John Deere US. (i.a.-b). *Remanufactured Parts & Components*. <https://www.deere.com/en/parts-and-service/parts/remanufactured/>
- Koppom Maskin. (i.a.) *En om oss*. <https://koppommaskin.com/en/om-oss/>
- Kottaridou, A. , & Bofylatos, S. (2019). *Design out waste methology for circular economy*. [https://www.researchgate.net/publication/336775475\\_Design\\_out\\_waste\\_methodology\\_for\\_circular\\_economy#pf3](https://www.researchgate.net/publication/336775475_Design_out_waste_methodology_for_circular_economy#pf3)
- Life Cycle Iniative. (i.a.). *What is life cycle thinking?* <https://www.lifecycleinitiative.org/activities/what-is-life-cycle-thinking/>

OpenCO2net. (i.a.). *Co2-termit tutuiksi*. <https://www.openco2.net/fi/co2-tietoa>

Plastics Europe. (i.a.). *Collection and sorting of plastics waste*.  
<https://plasticseurope.org/sustainability/circularity/waste-management-prevention/collection-sorting/>

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2006). *Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi Periaatteet ja pääpiirteet* (SFS14040:2006 + A1:2020).

Surakka, A. (2022). *John Deere harvester 1270G Life Cycle Assessment*. Comatec.

Surakka, A. (2024). *Harvester Head H415/425 Life Cycle Assessment*. Comatec.

Valtioneuvosto. (2021). *Uusi suunta: Ehdotus kiertotalouden strategiseksi ohjelmaksi* (Valtioneuvoston julkaisuja 2021:1). <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-658-7>

WWF Suomi (i.a.). *Greenhouse gas -protokolla auttaa organisaatioita merkittävimpien päästölähteiden tunnistamisessa - WWF green officen työkaluilla lasket ja seuraat päästöjä*. <https://wwf.fi/greenoffice/tarina/greenhouse-gas-protokolla-auttaa-organisaatioita-merkittavimpien-paastolahteiden-tunnistamisessa-wwf-green-officen-tyokaluilla-lasket-ja-seuraat-paastoja%E2%80%AF/>