

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Paavo Sivula

KORJAAMOJÄTEPURISTIMEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Paavo Sivula

Nimeke
Korjaamojätepuristimen suunnittelu

Toimeksiantaja
North Karelian Sales & Service Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella pystymalliseen halkomakoneeseen sopiva lisäosa, jolla helpotetaan öljynsuodattimien kierrätystä ja vähennetään keräysastian tyhjentämisen tarvetta puristamalla suodattimet kokoon ennen siirtämistä astiaan. Työ toteutettiin toimeksiantona North Karelian Sales & Servicelle.

Osana opinnäytetyötä tutkittiin mahdollisuutta kierrättää öljynsuodattimet suoraan metalliromuna. Tämä edellyttää suodattimen puristamista tyhjäksi sisällä olevasta öljystä sekä kattavia tutkimuksia muista suodattimen sisältämistä haitallisista aineista. Opinnäytetyössä tutkittiin öljynsuodattimien kokoonpuristuvuutta ja tyhjentyvyyttä. Testien tulosten perusteella suodattimia ei saada tyhjenettyä öljystä kokonaan. Testausta varten rakennettiin halkomakoneeseen sopiva prototyyppi.

Työ koostuu aihetta käsittelevästä teoriaosasta, joka tuo ilmi hydrauliiikan perusteita ja esittelee halkomakoneen hydrauliiikkajärjestelmän toimintaa. Teoriaosa käsittelee myös uuden tuotteen markkinoille tuloa varten laadittavia dokumentteja. Lisäksi teoriaosassa kerrotaan yleisistä suunnitteluperiaatteista ja se vertailee systemaattista suunnittelumetodia luovaan suunnitteluprosessiin. Käytännön osa koostuu öljynsuodattimille tehdyistä testeistä ja tuotesuunnittelusta sekä lujuusanalyysien tuloksista.

Kieli
suomi

Sivuja 40

Asiasanat

systemaattinen suunnittelu, luova suunnitteluprosessi, CE-merkintä, FEM-analyysi, öljynsuodatin



THESIS
April 2014
**Degree Programme in Mechanical and
Production Engineering**
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Author
Paavo Sivula

Title
Designing of Automotive Waste Press

Commissioned by
North Karelian Sales & Service Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to design an automotive waste press to fit into vertical log splitter. The waste press helps car repair shops to recycle used oil filters by pressing them into smaller volume and collecting the waste oil inside of them. Pressed oil filters fit into smaller space and that reduces the need of emptying solid oily waste collectors. This thesis was commissioned by North Karelian Sales & Service.

As part of the thesis, one of the aims was to recycle crushed oil filters as metal waste. This requires oil filters to be completely empty of oil. After it is confirmed that oil filters do not contain oil anymore, some more research has to be made about other dangerous traces that might be found. The results show that after pressing oil filters they still contain oil. Pressing them with this method does not give reason for conducting any more studies.

This thesis contains a theoretical part which covers basics about hydraulics and introduces log splitter hydraulics. It also discusses different design methods and compares them. The empirical part focuses on tests that were performed on oil filters. It also presents the results from structural analyses and fatigue analysis. As a part of the empirical part, some documents were produced concerning CE marking and other documents necessary in the EU region.

Language

Finnish

Pages 40

Keywords

systematic design, creative design, CE marking, FEM-analysis, oil filter

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Halkomakoneen toiminta ja koneensuunnittelun dokumentit	5
2.1	Hydrauliikan peruseriaatteet	5
2.2	Halkomakoneen toiminta	7
2.3	Konedirektiivi	9
2.4	CE-merkintä	9
2.5	Hyödyllisyysmallisuoja.....	10
3	Suunnittelumetodit	11
3.1	Systemaattinen suunnittelu	11
3.1.1	Tehtävänasettelun selvittely	13
3.1.2	Luonnostelu	15
3.1.3	Kehittäminen	15
3.1.4	Viimeistely	16
3.2	Luova suunnitteluprosessi	16
3.2.1	Jännitteet	16
3.2.2	Heuristiset pisteet	17
3.2.3	Intuitiivinen ratkaisu	17
3.2.4	Rikkianalyysi	18
3.3	Suunnittelumetodien vertailu	18
4	Öljynsuodattimet ja niiden kierrätys	19
4.1	Öljynsuodattimien toiminta.....	19
4.2	Jättemääräykset	20
4.3	Paikallinen keräys	20
4.4	Öljynsuodattimien lopullinen kierrätys.....	21
5	Öljynsuodattimien tyhjentyvyys ja kokoonpuristuvuus	21
5.1	Tutkimusmenetelmät.....	21
5.2	Öljynsuodattimen kokoonpuristuvuus	22
5.3	Öljynsuodattimen tyhjentyvyys	24
5.4	Muut testausmenetelmät.....	25
6	Suunnittelun lähtökohdat ja 3D-mallit	26
6.1	Suunnittelun lähtökohdat	26
6.2	Puristinpöytä	27
6.3	Painin	28
7	Lujuusanalyysien tulokset	30
7.1	Pöydän jännitykset	31
7.2	Painimen jännitykset	32
7.3	Siirtymät rakenteissa	33
7.4	Pöydän siirtymät	33
7.5	Painimen siirtymät	34
7.6	Väsymisanalyysi	35
7.7	Yhteenvedo lujuusanalyyseistä.....	36
8	Dokumentit	36
8.1	käyttöohjeen laadinta	36
8.2	Riskiarviointi.....	37
8.3	Vaatimustenmukaisuusvakuutus ja CE-merkintä	37
8.4	Hyödyllisyysmallisuoja korjaamojätepuristimelle.....	38
9	Pohdinta.....	38
	Lähteet.....	40

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa prototyyppi testausta varten pystymalliseen halkomakoneeseen tulevasta korjaamojätepuristimesta yhdessä North Karelian Sales & Servicen Oy:n kanssa. North Karelian Sales & Service on Polvijärvelä toimiva pienyritys, jossa tällä hetkellä työskentelee yrityksen toimitusjohtaja Jaakko Rintamäki. Suunniteltavalla puristimella on tarkoitus puristaa öljynsuodattimia kasaan, jolloin sisällä oleva öljy saadaan kerättyä talteen ja suodatin vie keräysastiasta huomattavasti pienemmän tilan. Tutkimuksissa selvitetään myös mahdollisuutta kierrättää suodatin metallijätteenä, jota varten ensisijaisesti tutkitaan suodattimien tyhjentyvyyttä. Jos suodatin tyhjentyy öljystä vaivattomasti, pohditaan jatkotutkimuksia muista suodattimen sisältämistä haitallisista aineista. Öljynsuodattimet on luokiteltu vaaralliseksi jätteeksi valtioneuvoston asetuksen jätteistä 179/2012 liitteen 4 mukaisesti, ja jotta tästä luokittelusta voidaan poiketa, pitää luotettavasti osoittaa öljynsuodattimen olevan kierrätyskelpoinen (Perchtold 2015). Tietyiltä osin puristinta voidaan soveltaa myös muun autokorjaamoissa syntyvän jätteen kokoonpuristamiseen.

Tuote suunnitellaan sopivaksi jo markkinoilla olevaan AWD1050A-tyyppiseen halkomakoneeseen. Kokonaan uutta, käyttötärpeeseen soveltuvaa laitteistoa ei ole taloudellisesti järkevää toteuttaa halkomakoneiden ollessa erittäin edullisia sisältämäänsä tekniikkaan nähden. Tavoitteena on suunnitella mahdollisimman edullinen lisäosa halkomakoneeseen. Tuote on tarkoitus tuoda markkinoille mahdollisimman pian suunnitelmien ja testauksen jälkeen. Tämä edellyttää tuotteelta mm. CE-merkintää, käyttöohjeita ja vaatimuksenmukaisuusvakuutusta. Kohderyhmänä tuotteelle on autokorjaamot, joissa merkittävin osa öljynsuodatinjätteestä syntyy.

2 Halkomakoneen toiminta ja koneensuunnittelun dokumentit

2.1 Hydrauliiikan peruseräatteen

Hydrauliikkajärjestelmillä siirretään sille syötetty teho väliaineen avulla haluttuun paikkaan, jossa se muutetaan takaisin mekaaniseksi energiaksi. Mekaaninen energia sido-

taan lähes kokoon puristumattoman väliaineen avulla paineeksi ja tilavuusvirraksi. Nesteen liikettä ohjataan erilaisten venttiilien avulla. Letkujen ja putkien avulla tapahtuva tehonsiirto tuo suunnitteluun ja toteutukseen suurta vapautta, koska energian tuotto ei ole sidottuna toimilaitteeseen tai sen välittömään läheisyyteen. Esimerkiksi hydraulikkapumppu ja toimilaitte voivat sijaita etäälläkin toisistaan. Hydrauliiikan etuina onkin suunnittelun väljyys ja komponenttien hyvä teho-painosuhte. (Kaurenne, Kajaste, & Vilenius, 2013.)

Hydrauliset järjestelmät ovat monilta osin hyvin kilpailukykyisiä muihin järjestelmiin verrattuna. Kuvassa 1 on vertailtu hydraulisen, mekaanisen ja sähköisten järjestelmien välisiä eroja. Hydraulinen järjestelmä erottuu edukseen mm. hyvän teho-painosuhteen ja säädeltävyyden avulla. Suunniteltava kohde määrittelee aina käytettävän tehonsiirtotavan, eikä mitään tapaa voida yksioikoisesti pitää toista parempana. Etuna hydraulikkajärjestelmissä on myös ylikuormituksen aiheuttamien ongelmien helppo estettävyys esimerkiksi paineenrajoitusventtiilien avulla. Ongelmia hydraulikkajärjestelmissä aiheuttaa tehonsiirtoon käytettävä väliaine, joka yleensä on öljyä. Vuotoja esiintyy lähes kaikissa järjestelmissä, ja etenkin putkirikon varalta on aina otettava huomioon laitteen ympäristö. Öljy on herkästi palavaa, mikä on myös otettava huomioon. (Kaurenne, Kajaste & Vilenius, 2013.)

Kriteeri	Tehonsiirtotapa		
	Hydraulinen	Mekaaninen	Sähköinen
Teho-painosuhte	hyvä	hyvä	huono
Säädettävyys	hyvä	huono	hyvä
Hyötysuhde	kohtalainen	hyvä	kohtalainen
Turvallisuus	kaikki tehonsiirtotavat hyvin samanarvoisia		
Rakenteen muunneltavuus	hyvä	huono	erittäin hyvä
Kustannukset	riippuvat suuresti säädettävyysasteesta		

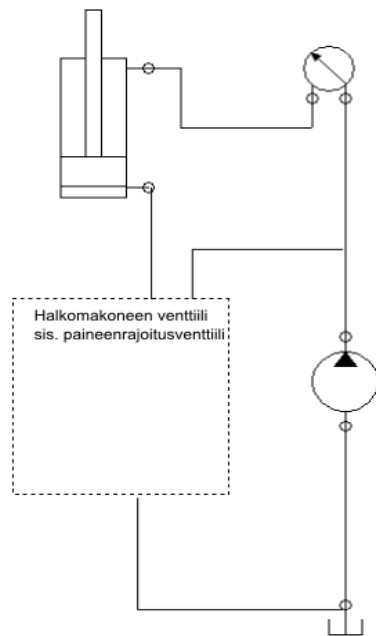
Kuva 1. Tehonsiirtotapojen vertailu (Gerhard & Wolfgang, 1992).

Hydrauliset järjestelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään, avoimiin ja suljettuihin järjestelmiin. Suljettuja järjestelmiä käytetään pääosin liikkuvassa kalustossa ja avoimia järjestelmiä mm. teollisuudessa. Avoimissa järjestelmissä hydraulikkaneeste pumpataan säiliöstä venttiilien kautta toimilaitteille josta se palaa takaisin säiliöön. Suljetuissa järjestelmissä hydraulikkaneestettä ei varastoida avoimen järjestelmän tavoin suureen

säiliöön, vaan toimilaitteilta neste palaa suoraan pumpun imupuolelle. Käytännössä mm. kotelovuotojen takia suljetuissakin järjestelmissä on pieni säiliö hydraulikkaneesteelle. (Kaurenne, Kajaste & Vilenius, 2013.)

2.2 Halkomakoneen toiminta

Prototyypinä käytetty halkomakoneen AWD1050A hydraulikkajärjestelmä on tyypiltään avoin. Tämä selviää helposti tarkastelemalla koneen rakennetta, jossa pumppu pumppaa öljyä nestesäiliöstä venttiilin kautta sylinterille, josta öljy palaa jälleen venttiilin kautta säiliöön. Rakenteeltaan halkomakoneen hydraulikka on melko yksinkertainen. Teho järjestelmään tuotetaan 2.2 kW:n sähkömoottorilla, joka pyörittää hydraulikkapumppua. Pumppu siirtää öljyn venttiilille, joka ohjaa sylinterin toimintaa. Vauriointilanteiden välttämiseksi venttiiliin on liitetty painenrajoitusventtiili. Venttiili siis ohjaa laitteeseen asennettua sylinteriä, joka huolehtii tehtävästä työstä eli halkojen halkomisesta. Venttiiliä ohjataan kahdesta laitteen etupuolella olevasta vivusta, joita molempia pitää käyttää työliikkeen aikaansaamiseksi. Näin on melko tehokkaasti estetty raajojen puristuksiin joutuminen. Kun vipuja on käytetty ja työliike on tehty, paineohjattu venttiili ohjaa sylinterin takaisin yläasentoon ja järjestelmä kytkeytyy vapaakerrolle. Laitteen käynnistyessä venttiili ohjaa paineen avulla sylinterin yläasentoon kytkeytyen jälleen vapaakerrolle. Kuvassa 2 on esitelty periaatteellinen hydraulikkakaavio. Kaaviossa näkyy myös työletkuun lisätty painemittari. Halkomakoneen venttiilin tarkempi kaavio olisi voitu selvittää purkamalla venttiili, mutta toimintavarmuuden varmistamiseksi venttiiliä ei purettu.



Kuva 2. Halkomakoneen hydraulikkakaavio.

Kuvassa 3 on halkomakoneen venttiili. Venttiiliä käytetään sen yläosaan kiinnittyvällä vivulla. Kuvassa pumpun jälkeisestä t-haarasta lähtevä putki menee sylinterille. Huomionarvoista laitteen toiminnassa on se, että varsinainen työliike tapahtuu sylinterin heikommalla puolella eli sylinterin pienemmän pinta-alan puolella. Ratkaisuun on todennäköisesti päädytty, koska sylinterin on näin paljon helpompi asentaa halkomakoneeseen. Kuvassa 3 näkyy myös osa laitteen öljysäiliöstä, joka on verrattain pieni. Pieni säiliö riittää laitteen toimintaan, koska käytetyt sylinterin nopeudet ja siten tilavuusvirrat ovat pieniä ja käyttö ei ole jatkuvaa. Öljy ei pääse täten kuumentumaan liikaa.



Kuva 3. Halkomakoneen venttiili.

2.3 Konedirektiivi

Konedirektiivi luotiin yhtenäistämään Euroopan talousalueen koneturvallisuuteen liittyvät vaatimukset ja vaatimustenmukaisuuden osoittamismenettelyt. Konedirektiivi sitoo kaikkia koneen valmistajia ja takaa näin Euroopan alueella myytävien koneiden turvallisuuden. Konedirektiivi laadittiin vuonna 2006 ja se astui voimaan 29.12.2009 alkaen. (Työsuojeluhallinto, 2008.)

Konedirektiivi ohjeistaa koneen valmistajaa tai maahantuojaa varmistamaan koneen tai koneista koostuvan ketjun turvallisuuden. Turvallisuus varmistetaan mm. arvioimalla riskit, selvittämällä konetta koskevat turvallisuusmääräykset, laatimalla käyttöohjeet, laatimalla vaatimustenmukaisuusvakuutus, laatimalla tekninen tiedosto ja lopuksi kiinnittämällä koneeseen CE-merkintä. CE-merkinnän kiinnittämällä valmistaja vakuuttaa koneen olevan turvallinen. (Työsuojeluhallinto, 2008.)

Turvallisuusvaatimuksia selvitetessä apuna käytetään usein standardeja. Standardien käyttö ei ole pakollista, mutta käyttämällä yhdenmukaisia standardeja kone saadaan kenties helpoiten turvalliseksi ja konedirektiivin mukaiseksi. Koneturvallisuuteen liittyvät standardit on jaettu A-, B- ja C- sarjoihin. A-sarja sisältää yleisiä standardeja koneturvallisuuteen liittyen, B-sarja sisältää standardeja liittyen yksittäisiin turvallisuusnäkökohtiin ja C-sarja sisältää standardeja konetyypeittäin. (Työsuojeluhallinto, 2008.)

2.4 CE-merkintä

CE-merkintä vaaditaan Euroopan unionissa usealta tuotteelta. CE-merkintä on vakuutus tuotteen vaatimustenmukaisuudesta (SFS, 2010). Tuotteen valmistaja siis varmistaa CE-merkinnällä, että esimerkiksi valmistettu halkomakone on konedirektiivin 2006/42/EY mukainen ja se on käynyt läpi asianmukaiset arviointimenettelyt. Merkintää käytetään helpottamaan tuotteiden vapaata liikkumista Euroopan unionin alueella. Yhdessä valtiossa valmistettu ja CE-merkinnällä varustettu kone täyttää kaikkien Euroopan talousalueella olevien maiden turvallisuusasetukset. Halkomakone on itsessään jo varustettu CE-merkinnällä, mutta laitteen käyttötarkoituksen muuttuessa täytyy varmistua laitteen ja kaikkien siihen tulevien lisälaitteiden turvallisuudesta ja vaatimustenmukaisuudesta.

Valmistaja voi itse kiinnittää CE-merkinnän direktiivien mukaiseen tuotteeseen, tai voidaan käyttää ilmoitettua laitosta, joka antaa puolueettoman lausunnon CE-merkinnän käytöstä.

CE-merkintä on kiinnettävä tuotteeseen näkyvälle paikalle ja se on myös kiinnitettävä pysyvästi tuotteeseen. CE-merkintä voidaan lisätä myös tuotteen asiakirjoihin ja pakkaukseen. (SFS, 2010.) Halkomakoneessa merkintä on ohjekirjassa ja koneen takaosassa. Tuleviin lisäosiin CE-merkintä lisätään ainakin laadittavaan käyttöohjekirjaan ja jos on mahdollista ilman kohtuutonta haittaa, myös itse lisäosiin näkyvälle paikalle.

Kiinnittämällä tuotteeseen CE-merkinnän valmistaja ottaa täyden vastuun laitteen toiminnasta ja turvallisuudesta (työ- ja elinkeinoministeriö, 2011). CE-merkintärikkomuksesta on säädetty laki (187/2008), jonka perusteella virheellisestä CE-merkinnästä voidaan tuomita sakkoihin, tai mahdollisesti muihin, ankarampiin rangaistuksiin. Rangaistukset määräytyvät tapauskohtaisesti, mutta sakkoakin suurempi vahinko yritykselle on varmasti rikkeestä aiheutuva negatiivinen julkisuuskuva.

2.5 Hyödyllisyysmallisuoja

Hyödyllisyysmallisuoja on patentointia nopeampi ja halvempi ratkaisu suojata keksintö. Hyödyllisyysmallisuojan saaminen ei myöskään edellytä niin suurta keksinnöllisyyttä kuin patenttihakemus. Patenttia haettaessa Patentti- ja rekisterihallitus tutkii, onko keksintö uusi vai pelkästään ilmeinen sovellutus olemassa olevasta ratkaisusta. Hyödyllisyysmallisuoja haettaessa tätä selvitystä ei tehdä kuin erikseen pyydettyä, joten hakijan on itse varmistettava keksinnön uutuusarvo. Koska erillistä selvitystä ei tehdä, hyödyllisyysmallisuoja voidaan hakea mitätöintiä jos hyödyllisyysmallisuoja loukkaa esimerkiksi toisen yrityksen patenttia tai hyödyllisyysmallisuoja. (Patentti- ja rekisterihallitus, 2012.)

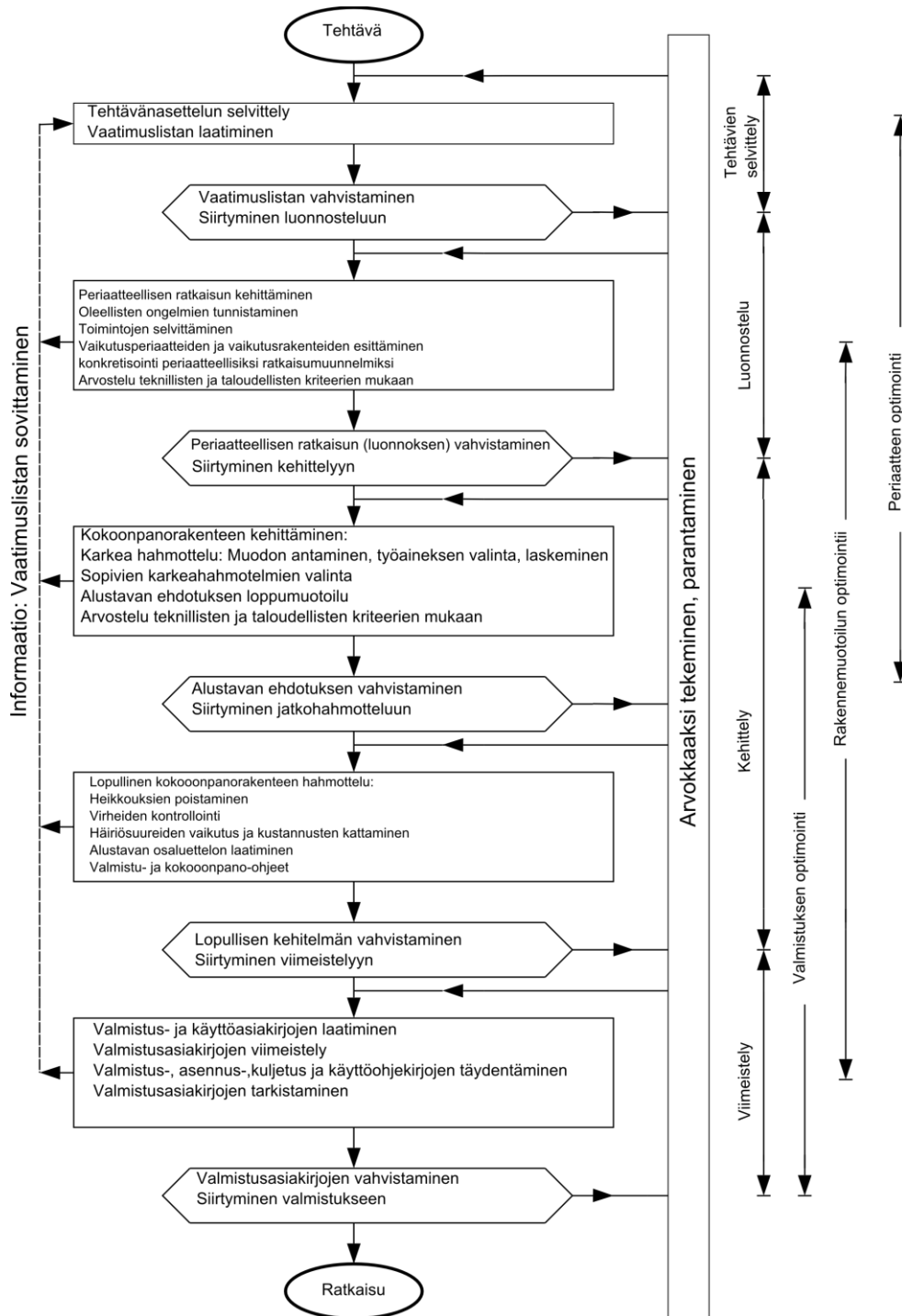
Hyödyllisyysmallisuoja myönnetään Suomessa neljäksi vuodeksi, mutta lisäaikaa voidaan hakea toiselle neljälle vuodelle ja näiden jälkeen vielä kahdeksi vuodeksi. Hyödyllisyysmalli voidaan myös sellaisenaan myydä toisen yrityksen käyttöön tai myöntää lisenssejä keksinnön käyttöön. Hyödyllisyysmallisuoja ei voida suojata menettelmiä eikä esimerkiksi farmaseuttista koostumusta. Hyödyllisyysmallisuojan hakijan pitääkin tarkastella, kannattaako keksinnölle hakea patentti vai hyödyllisyysmallisuoja. (Patentti- ja rekisterihallitus, 2012.) Halkomakoneeseen

suunniteltavan lisäosan uutuutta tutkitaan osana opinnäytetyötä ja jos lisäosasta saadaan toimiva ja se täyttää uutuusehdon, sille mahdollisesti haetaan hyödyllisyysmallisuoja.

3 Suunnittelumetodit

3.1 Systemaattinen suunnittelu

VDI 2222 on saksalaisten kehittämä metodi systemaattiseen suunnitteluun. Nimensä mukaisesti metodi käy kaikki suunnittelun vaiheet läpi systemaattisesti. Metodi kehitettiin, koska suunnittelun katsottiin olevan liikaa satunnaiselta tuntuvalta intuition varassa. Metodin tarkoitus ole kuitenkin tappaa luovuutta suunnittelijoilta, vaan antaa heidän käyttöönsä työkalu, joka mahdollistaa tehokkaan suunnittelun. Systemaattisen suunnittelun polku jakaantuu neljään pääosioon, tehtävänasettelun selvittelyyn, luonnosteluun, kehittelyyn ja viimeistelyyn. Koko suunnittelun kulku on esitelty kuviossa 1. Systemaattisessa suunnittelussa voidaan aina palata edelliseen vaiheeseen jos välitulokseen ei olla tyytyväisiä. Näitä paluupolkuja kuvaavat nuolet kuviossa 1. (Gerhard & Wolfgang, 1992.)



Kuvio 1. Systemaattisen suunnittelun kulkukaavio (Gerhard & Wolfgang, 1992).

3.1.1 Tehtävänasettelun selvittely

Suunnittelu alkaa tehtävänasettelun suunnittelusta ja tehtävään perehtymisestä. Tämä tarkoittaa informaation hankintaa ja yleisien reunaehtojen määrittelyä. Tehtävienasettelun selvittelyssä laaditaan vaatimuslista (kuvio 2). Vaatimuslistassa on kahdenlaisia vaatimuksia, kiinteitä ja vähimmäisvaatimuksia. Kiinteät vaatimukset on täytettävä kaikissa olosuhteissa ja vähimmäisvaatimukset on täytettävä vähimmäisarvoonsa saakka. Vähimmäisvaatimuksen ylittäminen tuo lisäarvoa tuotteelle, mutta ei ole pakollista. Toivomukset otetaan mahdollisuuksien mukaan huomioon ja ne tuovat lisäarvoa asiakkaalle. (Tuomaala, 1995.)

Muutos pvm	KV VV T	VAATIMUS	Tärkeys
		1. GEOMETRIA	
	KV	Nosturin on mitoiltaan sovelluttava autotallikäyttöön (auton sivuilla on tilaa yhteensä n. 1,5 m).	
	KV	Nosturin on ulottuvuuksiltaan sovelluttava kuvan 6.4 mukaisten autokokojen käsittelyyn.	
	KV	Nosturin on oltava helposti varastoitavissa ilman suurta tilan tarvetta.	
		2. KINEMATIikka	
	VV	Jokin kuvan 6.2 nostotavoista on oltava toteutettavissa.	
		3. VOIMAT	
	VV	Nosturin on kyettävä nostamaan 1300 kg painava auto.	
	T	Nostamiseen tarvittava käsivoima ≤ 150 N.	
		4. ENERGIA	
	KV	Käyttöenergiana lihasenergia.	
		5. AINE	
	KV	Raaka-aineena teräs	
		6. TURVALLISUUS	
	KV	Kohotetun auton alla työskentelyn on oltava turvallista:	
		- ylhäälläpysyminen varmistettu	
		- kiinnitys autoon pitävä	
		- tuenta maahan riittävän laaja	
		- kohotettuna olevaan autoon sisäänkäsky mahdollinen (tulivartiointi hitsattaessa)	
		7. VALMISTUS	
	KV	Ei hiontaa vaativia osia	
	T	Puristimia voidaan käyttää	
	KV	Käytettävän levyn vahvuus ≤ 8 mm.	
	T	Yksinkertainen rakenne.	
		8. TARKASTUS	
	KV	Nosturi testattava 2000 kg painavaa autoa nostaen.	
		9. KULJETUS	
	T	Nosturin kuljettaminen henkilöauton sisätiloissa mahdollista.	
		10. KÄYTTÖ	
	VV	Nosturin paino ≤ 50 kg.	
	VV	Yksittäisten osien paino ≤ 20 kg.	
	VV	Valmisteluihin ja nostoon kuluva aika ≤ 5 min.	
		11. KUNNOSSAPITO	
	KV	Huoltoa ei tarvita.	
		12. KUSTANNUKSET	
	VV	Valmistuskustannukset $< \dot{a}$ 250 mk (oletettu valmistusmäärä 2000 kpl/vuosi)	
	T	Ei työstökone- eikä rakennusinvestointeja.	
		13. TOIMITUSAIKA	
	KV	Konstruktio valmis mennessä.	
		KV = Kiinteä vaatimus VV = vähimmäisvaatimus T = toivomus	

Kuvio 2. Vaatimuslista. (Tuomaala, 1995).

Kun vaatimuslista on vahvistettu, voidaan siirtyä luonnosteluvaiheeseen. Vaatimuslista on kuitenkin pidettävä ajan tasalla. Hyvin laadittu vaatimuslista luo pohjan onnistuneelle suunnittelutyölle. (Gerhard & Wolfgang, 1992.)

3.1.2 Luonnostelu

Tehtävien määrittelyn jälkeen määritetään luonnosteluvaiheessa periaatteelliset ratkaisut. Ratkaisuihin päästään toimintorakenteita laatimalla ja abstrahoimalla oleellisia ongelmia. Oleellista luonnosteluvaiheessa on selvittää esimerkiksi suunniteltavan kohteen periaatteellinen toiminta ja perehtyä sen toimintoihin. Luonnosteluvaiheessa rakenne jaetaan osatoimintoihin ja kaikille osatoiminnoille etsitään parhaat ratkaisuvaihtoehdot. Luonnostelun lopussa hyväksytään ratkaisut, joita lähdetään kehittämään pidemmälle ja sopimattomat luonnokset karsiutuvat pois. (Gerhard & Wolfgang, 1992.)

Koska nykyisin suunnittelutyö tapahtuu tietokoneella, on luonnosteluvaiheessa helppo tehdä yksinkertaisia 3D-malleja havainnollistamaan jo alkuvaiheessa laitteen tai koneen toimintaa. 3D-mallista on helppo saada käsitys tarkempaa suunnittelua vaativista yksityiskohdista.

3.1.3 Kehittely

Koneen tai laitteen varsinainen kehitys kohti tuotantoa tapahtuu kehittelyvaiheessa. Kehittelyvaiheen alussa mukana saattaa olla vielä useita päällekkäisiä vaihtoehtoja, jotka vaativat lähempää tarkastelua. Kehittelyn jälkeen suunnitelma käy läpi teknillisen taloudellisen arvioinnin ja usein tässä vaiheessa parhaalta tuntuva ratkaisu voi vielä muuttua tai jotakin osatoimintoja voidaan muuttaa. Suunnittelusta siis poistetaan heikkouksia. Kehittelyvaiheessa laaditaan myös alustavat osaluettelot sekä valmistus- ja kokoonpano ohjeet. Kehittelyvaiheen läpikäynyt konstruktio on siis jo hyvin pitkälle valmis. (Gerhard & Wolfgang, 1992.)

3.1.4 Viimeistely

Viimeistelyssä tehdään enää hyvin pieniä muutoksia. Viimeistelyssä muutoksia ja lisäyksiä saatetaan tehdä mm. pinnankarheuteen ja lopulliseen muotoon. Viimeistely sisältää lopullisten työpiirrosten laatimisen ja valmistamisen lopullisten kustannusten laskeamisen sekä myös muiden asiakirjojen laatimisen. (Gerhard & Wolfgang, 1992.)

Systemaattinen suunnittelukaan ei aina etene tarkarkalleen kuvion 1 mukaan, vaan raja eri vaiheiden välillä on monesti häilyvä. Suunnittelu etenee kuitenkin yleensä näiden pääpiirteiden mukaan, mutta on hyvin tapauskohtaista. Jokin yksityiskohta voi jo luonnosteluvaiheessa olla viimeistely ja toisaalta viimeistelyssäkin voidaan vielä tehdä muutoksia rakenteeseen ja toimintaan. (Gerhard & Wolfgang, 1992.)

3.2 Luova suunnitteluprosessi

Välillä väkinäiseltäkin tuntuva systematiikan sijaan suunnittelija voi turvautua intuitiiviseen suunnittelumetodiin. Koko luova prosessi perustuu alitajunnassa tapahtuviin oivalluksiin, Heureka-ilmioihin. Ihmisen alitajuntaan mahtuu todella suuri määrä tietoa, siihen on vain hankala päästä käsiksi. Jorma Tuomaala esittää kirjassaan Luova Koneensuunnittelu ihmisen alitajunnan koostuvan tietoalkioista, jotka voivat olla ketjuuntuneita tai vain yksittäisiä tiedonmurusia. Luovassa suunnitteluprosessissa pyritään aktiivisesti luomaan jännitteitä, jotka saavat tietoalkiot alitajunnassa ketjuuntumaan ja muodostamaan oivalluksen. (Tuomaala, 1995.)

3.2.1 Jännitteet

Jännitteet ovat siis tietoisesti aikaansaatuja alitajunnan työstämismenetelmiä. Jännite muodostetaan esimerkiksi määrittelemällä tavoite ja kehittämällä tahto sen saavuttamiseksi. Hyvä määrittely auttaa voimakkaamman jännitteen luomisessa. Jännite vetää tietoalkioita puoleensa ja aktiivisesti yhdistelee jo olemassa olevia tietoalkioketjuja. Vähi-tellen muodostuu riittävän suuri tietoverkko ja ratkaisu oivalletaan. Tämän yhteyden syntyminen vaatii usein riittävästi aikaa ja aktiivista työskentelyä. Ratkaisu itsessään voi

kuitenkin syntyä hyvinkin odottamattomassa tilanteessa. Tietoverkon laajentaminen tarvittavaksi ratkaisuksi vaatii ainakin nuorelta, kokemattomalta henkilöltä lisätiedon hankkimista ja oivaltamista alitajuntaan saakka. Taustatyö onkin koneensuunnittelussa hyvin tärkeää. Luovassa suunnittelussa taustatyö korostuu prosessin alkupäässä, mutta jatkuu läpi koko suunnittelun. (Tuomaala, 1995.)

3.2.2 Heuristiset pisteet

Heuristinen piste on tietokeskittymä ja tiedonvälitysväylä tietoisuuden ja alitajunnan välillä. Heuristinen piste voidaan ajatella vaikkapa jonain suunnitteluun liittyvänä yksityiskohtana, joka on luotu tutkimalla asiaa. Tuntemattoman asian ympärillä työskennellessä pisteitä ei välttämättä ole valmiina ainuttakaan ja ne pitää itse luoda asiaan perehtymällä. Tutun asian ympärillä kaikki oivallukseen tarvittavat pisteet voivat puolestaan olla valmiina ja ratkaisu voi löytyä helpostikin. Tämä kuitenkin johtaa tilanteeseen, jossa uusia oivalluksia eikä oppimista tapahdu eikä valmiista ratkaisusta ei tule parasta mahdollista. (Tuomaala, 1995.)

3.2.3 Intuitiivinen ratkaisu

Ratkaisu ongelmaan luovassa suunnitteluprosessi löytyy siis alitajunnan kautta. Ratkaisua ei voida väkisin kaivaa alitajunnasta esiin, vaan se täytyy löytää heurististen pisteiden kautta. Itsestään, työhön paneutumatta, ratkaisu ei kuitenkaan löydy. Heurististen pisteiden luominen vaatii paljon työtä ja omistautumista työlle. Ahkera työskentely on siis tärkeää, mutta yhtä tärkeää on myös antaa alitajunnan sisäisille kytköksille aikaa muodostua. Hautuminen onkin yksin tärkeimpiä vaiheita luovassa suunnitteluprosessissa. Se, milloin ja missä yhteydessä oivallus tapahtuu, on hyvin yksilöllistä. Hyvä suunnittelija tuntee itsensä ja sen miten saa alitajunnastaan parhaan ratkaisun esiin. (Tuomaala, 1995.)

3.2.4 Rikkianalyysi

Hyvä tapa hankkia tietoa vertailukohteista on rikkianalyysi. Siinä jokin ehyeltä vaikuttava kokonaisuus jaetaan hyvinkin pieniin alkutekijöihin. Paneutumalla perusteellisesti näihin alkutekijöihin saavutetaan laaja ymmärrys vertailukohteesta ja ymmärretään miksi alkuperäinen suunnittelija on päätenyt kyseisiin ratkaisuihin. Näin opittua tietoa käytetään omassa suunnittelutyössä parannellen sitä tarvittavilta osin tai vaikkapa pääty-mällä lopulta kokonaan erilaiseen ratkaisuun. Vertailukohteeseen pintapuolisesti tutus-tumalla päädytään yleensä vain kopiointiin huonolla menestyksellä. (Tuomaala, 1995.) Rikkianalyysia on hyödyllistä käyttää myös oman tuloksen analysointiin. Tämä voi tosin olla haastavaakin, jos suunnittelija on liian ylpeä omasta oivalluksestaan. Valmistuneen työn analysointi vaatii paljon nöyryyttä ja lujaa tahtoa. Usein kuitenkin voidaan päätyä vieläkin parempaan ratkaisuun tai ainakin voidaan todeta alkuperäisen suunnitelman olevan hyvä sellaisenaan. (Tuomaala, 1995.)

3.3 Suunnittelumetodien vertailu

Systemaattinen suunnittelu sopii hyvin johdettujen ja laajojen suunnitteluprojektien pohjaksi. Luova suunnittelu puolestaan sopii parhaiten yksilötasolla tapahtuvaan suun-nitteluun. Systemaattista suunnittelua tukee hyvin arvioitavissa oleva aikataulu ja työ-resurssit, mutta lopputulos ei välttämättä ole paras tai kaunein vaihtoehto. Mielestäni yksioikoisesti ei voida kuitenkaan kummankaan pohjalta edetä saavuttaen parasta lop-putulosta. Luova suunnittelu vaatii ainakin jossain määrin systemaattisuutta ja syste-maattisessa suunnittelussa vastaan tulevien ongelmien ratkaisussa tarvitaan luovuutta. Paras ratkaisu löytynee näiden kahden metodin väliltä ja on jokaiselle suunnittelijalle yksilöllistä. Toimittaessa osana ryhmää omia toimintamalleja pitää muokata vastaamaan ryhmän ja yhteisen päämäärän tarpeita. Hyvä suunnittelija tunnistaa vahvuutensa ja osaa käyttää molempien menetelmien parhaita puolia ja työkaluja.

4 Öljynsuodattimet ja niiden kierrätys

4.1 Öljynsuodattimien toiminta

Öljynsuodattimen tärkein tehtävä on poistaa suodatettavasta järjestelmästä epäpuhtauksia. Metallisen öljynsuodattimen sisällä on paperista valmistettu suodatinpanos, johon epäpuhtaudet jäävät, mutta öljy pääsee virtaamaan suodatinpaperin läpi. Suurimman vaurion esimerkiksi auton moottorissa voi aiheuttaa välysten suuruiset likapartikkelit. Suodattimen tulisi puhdistaa vähintään tämän suuruiset epäpuhtaudet öljystä. Liian hieno suodatinpaperi vaikeuttaa öljyn virtausta suodattimen läpi.

Öljy virtaa öljynsuodattimen sisään sen ulkokehältä. Paineistettu öljynkierto pakottaa likaisen öljyn suodatinpaperin läpi ja öljynsuodattimen keskeltä poistuu puhdistettu öljy takaisin öljynkiertoon. Kuvassa 4 on öljynsuodatin halkaistuna. Peltinen suodatin kiinnitetään kuvassa neljä näkyvillä kierteillä voiturijärjestelmään. Öljynsuodattimissa on lisäksi ohitusventtiili siltä varalta, että suodatin tukkeutuu. Paineen kasvaessa tarpeeksi suureksi, venttiili avautuu ja öljy pääsee virtaamaan suodattamattomana takaisin järjestelmään. Ilman ohivirtausventtiiliä liian suureksi nouseva paine voi rikkoa suodattimen ja päästää voiteluun tarkoitetun öljyn pois järjestelmästä.



Kuva 4. Halkaistu öljynsuodatin.

4.2 Jättemääräykset

Valtioneuvosta on antanut asetuksen jätteistä (179/2012) jossa liitteessä 4 on luettelo yleisimmistä vaarallisista jätteistä. Öljynsuodattimet ovat myös tässä listauksessa mukana. Jätelain mukaan jäteluettelon mukaisesta sitovasta luokittelusta vaaralliseksi jätteeksi voidaan poiketa vain yksittäistapauksessa (Jätelaki 646/2011, 7§). Ely-keskuksilla on joko jätteen haltijan hakemuksesta tai omasta aloitteestaan toimivalta poikkeuspäätöksen tekoon jätteen vaarallisuutta koskien. Tässä tapauksessa tulee osoittaa luotettavasti, että jäte ei ole vaarallista jätettä, eikä kyseisellä jätteellä ole yhtään vaaraominaisuutta. Jäteluettelon luokittelusta poikkeamista ei tehdä kevein perustein, koska poikkeamat ovat ilmoitettava EU-komissiolle. Tämän vuoksi, vaikka puristimella saataisiin öljynsuodattimet täysin tyhjäksi öljystä, suodattimien kierrätys suoraan metallijätteenä vaatisi paljon lisätutkimuksia. Lisätutkimuksia ei tehtyjen testien perusteella ole järkevää toteuttaa puristettaessa öljynsuodattimien testien mukaisella laitteistolla.

4.3 Paikallinen keräys

Öljynsuodattimien kierrätys alkaa autokorjaamoiden tapauksessa heti suodattimien irrotuksen jälkeen. Autosta poistamisen jälkeen suodatin valutetaan niin tyhjäksi, kuin pelkästään painovoiman avulla on mahdollista. Valutuksen jälkeen suodatin siirretään erilliseen kiinteän öljyisen jätteen keräysastiaan. Valutettu öljy kerätään talteen suurempaan säiliöön, joka tyhjennetään määräajoin.

Kiinteän öljyisen keräysastian tyhjennyksestä huolehtii taho, jonka kanssa siitä on tehty tyhjennyssopimus. Esimerkiksi Joensuun seudulla toimiva Puhas Oy tarjoaa palvelua, jossa se tyhjentää autokorjaamoiden keräysastiat. Puhas Oy toimittaa kaikki keräämänsä öljynsuodattimet Ekokemille, joka huolehtii kansallisesti kaikista kierrätettävistä öljynsuodattimista.

4.4 Öljynsuodattimien lopullinen kierrätys

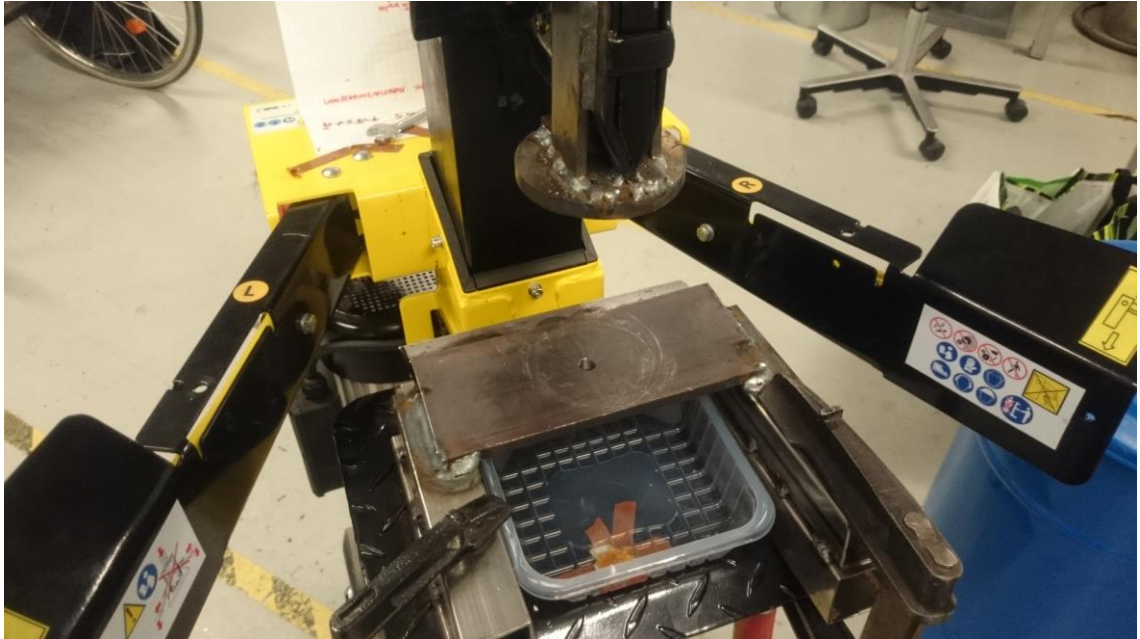
Ekokem huolehtii kaikista suodattimien lopullisesta kierrätyksestä. Kierrätysprosessissa kiinteä öljyinen jäte menee sellaisenaan polttouuniin. Öljystä vapautuva energia käytetään prosessissa hyödyksi energian tuotossa. Polttouunissa metallisen öljynsuodattimen metallikuori sulaa. Uuniin kertynyt kuona ja tuhka käytetään hyödyksi Ekokemin mukaan jollain tavalla, mutta metallisen suodattimien metallia ei suoraan sellaisenaan käytetä esimerkiksi uusiometallin tuottoon. (Ekokem 2015.)

Jos puristimen avulla saataisiin suodattimet tyhjennettyä öljystä ja varmistettua ettei suodatin sisällä muita vaarallisia aineita, olisi jo ympäristönkin kannalta hyödyllistä kierrättää tyhjät suodattimet uusiometallin tuottoon. Metallia saataisiin uusiokäyttöön myös esimerkiksi murskaamalla suodatin ja erottelemalla joukosta kierrätyskelpoinen metalli. Murskaimen hankinta yksittäiselle autokorjaamolle ei tosin olisi taloudellisesti kannattavaa.

5 Öljynsuodattimien tyhjentyvyys ja kokoonpuristuvuus

5.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus suodattimien kokoonpuristuvuudesta ja tyhjentyvyydestä aloitettiin rakentamalla AWD 1050A halkomakoneeseen tarvittavat lisälaitteet. Suodatinta painava osa rakennettiin halkomakoneeseen lisävarusteena hankittavaa ristihalkaisuveistä apuna käyttäen. Ristihalkaisuveitseen hitsattiin pyöreä, 10 mm paksu ja 110 mm halkaisijaltaan oleva metallinen paininpää ja se tuettiin hitsaamalla lattaraudat ristihalkaisuveitsen runkoon. Ristihalkaisuveitsi kiinnittyy halkomakoneeseen pultilla. Halkomakoneen pöydän päälle rakennettiin alusta, jota vasten suodatin painautuu. Alusta on 10 mm paksua terästä ja sitä on korotettu halkaisukoneen pöydästä 100 mm neliöputkien avulla, jotta suodattimista tyhjentyvä öljy saatiin kerättyä astian avulla talteen (kuva 5).



Kuva 5. Testilaitteisto.

5.2 Öljynsuodattimen kokoonpuristuvuus

Öljynsuodattimien kokoonpuristuvuutta tutkittiin puristamalla kolme suodatinta viidellä eri paineella kokoon. Jokaisen puristuksen jälkeen suodattimen korkeus mitattiin työntömitalla. Halkomakoneeseen liitettiin paineen mittausta varten painemittari työpuolen hydraulikkaletkuun (kuva 6). Erisuuruiset paineet saatiin säätämällä laitteen paineenrajoitusventtiiliä.

Suodattimien puristaminen aloitettiin 16 MPa:n paineella. Puristusvoima voidaan laskea kaavasta 1.

$$F = p * A = 16 \frac{N}{mm^2} * 2900 mm^2 = 46,4 kN \quad (1)$$

missä

F = puristusvoima

p = käytettävä paine

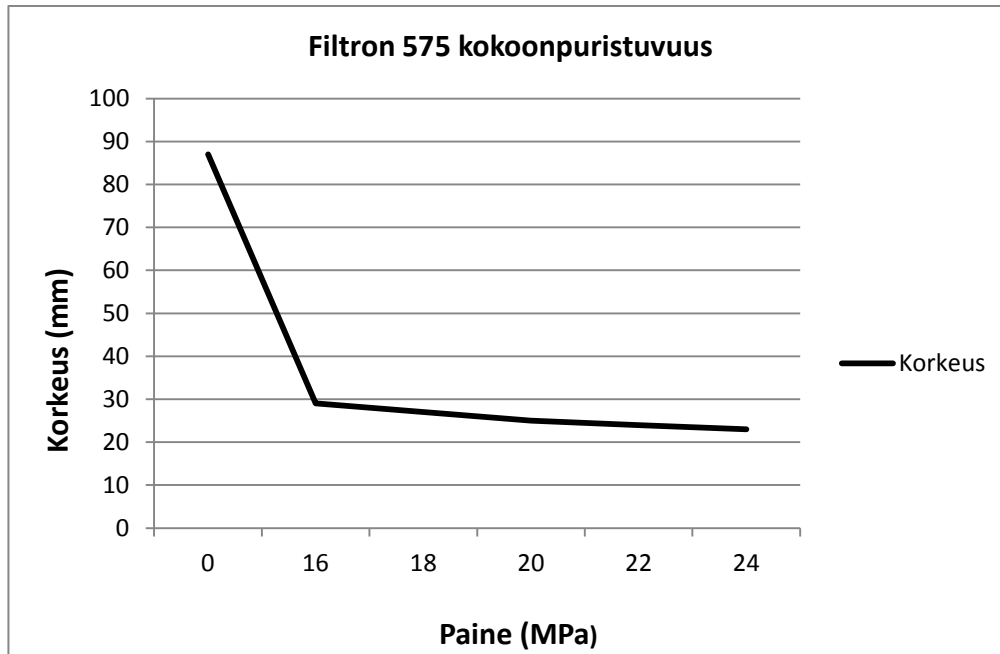
A = hydraulissylinterin pinta-ala

Muut käytetyt paineet olivat 18 MPa, 20 MPa, 22 Mpa ja 24 Mpa. Näitä paineita vastaavat voimat olivat 52,2 kN, 58 kN, 63,8 kN ja 69,6 kN. Paineita säätämällä suuremmaksi saataisiin vieläkin lisää voimaa, mutta halkomakoneen valmistajan ilmoittamaa maksimipainetta (24MPa) ei ole turvallisuussyistä syytä ylittää.



Kuva 6. Painemittari.

Kuten oli odotettuakin, suurin kokoonpuristuvuus saavutettiin suurimmalla paineella (24 MPa). Testin kaikki kolme suodatinta puristuivat kokoon n. 74 %. Luonnollisesti ensimmäisellä puristuksella (16 MPa paineella) korkeuden muutos oli suurin. Seuraavilla paineilla kokoonpuristuvuus pieneni tasaisesti ja toiseksi suurimman ja suurimman paineen välillä kokoonpuristuvuus oli enää hyvin pieni (kuvio 3). Laatimalla korkeuden muutoksesta ja käytetystä paineesta Excelin avulla kuvio, voidaan havainnollistaa käytetyn paineen vaikutusta kokoonpuristuvuuteen. Esimerkkinä käytettiin Filtron 575 öljynsuodattimen kokoonpuristuvuudesta laadittua kuviota 3.

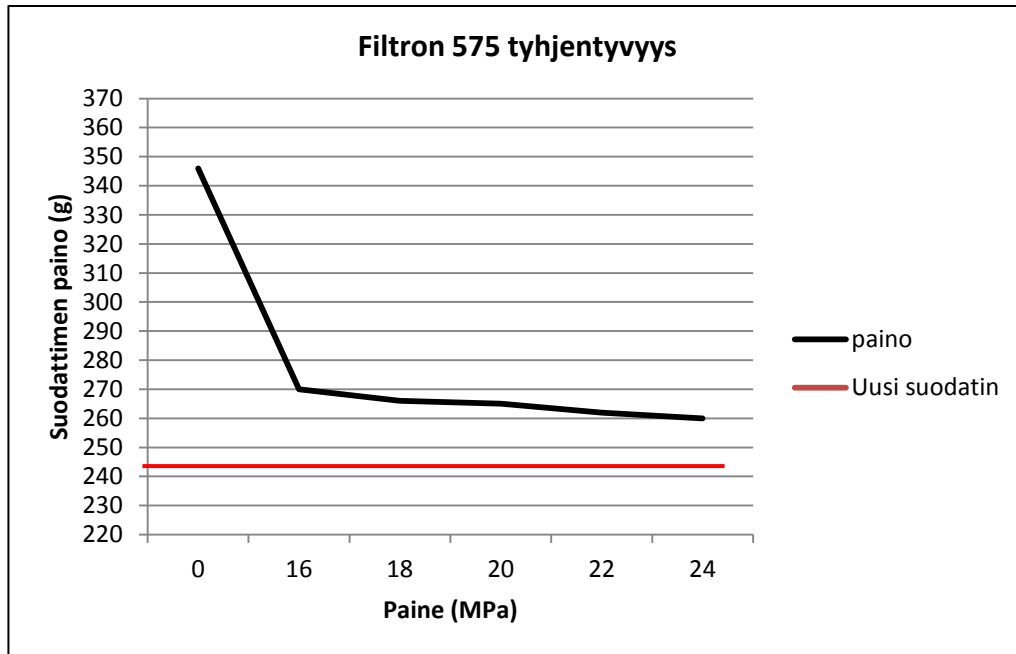


Kuvio 3. Filtron 575 kokoonpuristuvuus.

5.3 Öljynsuodattimen tyhjentyvyys

Kun testejä kokoonpuristuvuudesta tehtiin, suodattimet myös punnittiin eri paineilla ta-
pahtuvien testien jälkeen. Näin voitiin todeta, paljonko öljyä kokoonpuristuvasta suo-
dattimesta tulee ulos. Vertaamalla puristetun suodattimen painoa uuteen, vastaavaan
suodattimeen saadaan selville, paljonko suodattimeen lopulta jää öljyä puristuksen jäl-
keen.

Jälleen suurin tyhjentyvyys saavutettiin suurimmalla käytetyllä paineella. Tyhjentyvyys
eri suodattimilla ei ollut niin yhteneväinen kuin vertailtaessa kokoonpuristuvuutta. Suo-
dattimen halkaisija näytti testien perusteella vaikuttavan paljon tyhjentyvyyteen. Esi-
merkkinä käytetty Filtron 575 suodatin oli halkaisijaltaan 70 mm ja puristuksen jälkeen
suodattimeen jäi öljyä 7,4 prosenttia painosta. Toinen testissä käytetty suodatin, Filtron
628, oli halkaisijaltaan 93 mm ja puristuksen jälkeen siihen jäi öljyä 14,4 % painosta.
Kuviossa 4 on esitetty Filtron 575 suodattimen tyhjentyvyys käytettäessä erisuuruisia
paineita.



Kuvio 4. Filtron 575 tyhjentyvyys.

Jotta Suodatin saataisiin kokonaan tyhjäksi, pitäisi käyttää huomattavasti suurempaa painetta. Testit olisikin ollut mielenkiintoista suorittaa laitteistolla, joka kykenee puristamaan suodattimen tyhjäksi asti. Tällaista laitteistoa ei kuitenkaan ollut käytettävissä ja tarvittava voima voidaan ekstrapoloida käyttämällä testeissä laadittuja taulukkoja. Jos kuvion 4 vaaka-akselia jatketaan ja oletetaan että voiman lisääntyessä tyhjentyminen jatkuu kuten kuvion alkuosassakin, voidaan tarvittavaksi paineeksi arvioida n. 34 MPa, joka vastaa 98,6 kN suuruista voimaa. Näin yksioikoisesti ei kuitenkaan voida varmistua suodattimen tyhjentyvyydestä. Painettaessa suodatin puristuu kokoon ja mitä enemmän suodatin puristuu kokoon, sitä enemmän tarvitaan voimaa puristuksen jatkumiseen. Tarvittava voima ja tyhjentyvyys eivät siis todennäköisesti ole suoraan verrannollisia toisiinsa lähestyttäessä täydellistä tyhjentyvyyttä. Lisäksi tämä ekstrapolointi tehtiin käyttämällä verrattain pientä suodatinta, jonka tyhjentyvyys on alun perinkin parempi kuin suurempien suodattimien.

5.4 Muut testausmenetelmät

Koska rakennettu testilaitteisto ei tyhjentänyt suodattimia toivotulla tavalla, testattiin myös vaihtoehtoisia menetelmiä. Testeissä suodatin oli aina pystyasennossa, joten suodattimen tyhjentyvyyttä testattiin myös kääntämällä se vaaka-asentoon. Vaaka-

asennossa puristamalla yritettiin saavuttaa korkeampi kokoonpuristuvuus ja sitä kautta suurempi tyhjäntyyvyys. Suodatin ei kuitenkaan tyhjäntynyt riittävästi ja vaakatasossa puristettuun Filtron OP 595 tyyppiseen suodattimeen jäi puristuksen jälkeen vielä 10,8 % öljyä.

Testilaitteistoa tämän jälkeen muutettiin hitsaamalla painin päähän kolmionmuotoiset terät, joiden toivottiin lisäävän tyhjäntyyvyttä. kuvassa 7 on esitelty paininpäähän hitsatut terät.



Kuva 7. Paininpään terät.

Puristuksen jälkeen todettiin kuitenkin terien toimivan juuri päinvastoin kuin oli toivotua. Filtron OP 575 (halkaisija 70 mm) tyyppiseen suodattimeen jäi öljyä 12.4 %. Aiemmin vastaavanlainen suodatin oli puristettu alkuperäisellä testilaitteistolla ja puristuksen jälkeen siihen jäi öljyä 7,4 %. Vaihtoehtoinen paininpää siis vaikutti hyvin negatiivisesti suodattimen tyhjäntyyvyteen.

6 Suunnittelun lähtökohdat ja 3D-mallit

6.1 Suunnittelun lähtökohdat

Tavoitteena oli suunnitella mahdollisimman helposti valmistettava ja edullinen ratkaisu, turvallisuusnäkökohdat huomioiden. Rakenteiden suunnittelussa käytettiin apuna alusta saakka tietokoneella tehtäviä lujuusanalyysyjä, jotta voitiin varmistua rakenteiden kes-

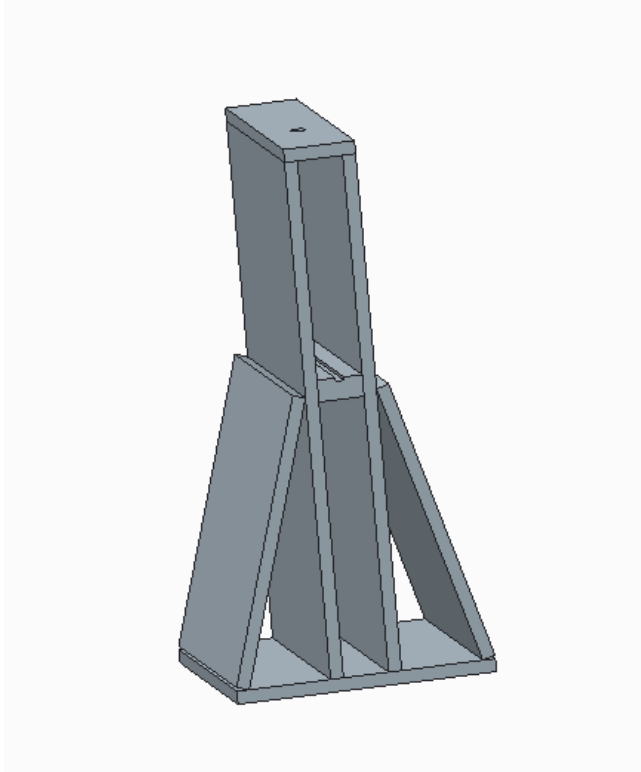
tävydestä. Lujuusanalyysejä apuna käyttäen rakenne saatiin myös optimoitua mahdollisimman kevyeksi ja ainepaksuudet mahdollisimman ohuiksi. Kaikki rakenteet mitoitettiin väsymistä vastaan.

6.2 Puristinpöytä

Aiemmin tehdyt testit ja niistä saatu kokemus auttoivat suunnittelussa. Testeissä havaittiin mm. että alustan, jota vasten suodatinta painetaan, pitää olla joko kalteva tai ympäröity reunukselle, jotta öljy ei pääse poistumaan kuin keskireiän kautta. Lopulta päädyttiin ympäröimään alusta putkesta tehtävällä reunuksella. Suurin osa suunnittelutyöstä tapahtui intuition avulla, koska varsinaista mallia ehti pohtia ja haudutella alitajunnassa testien aikana.

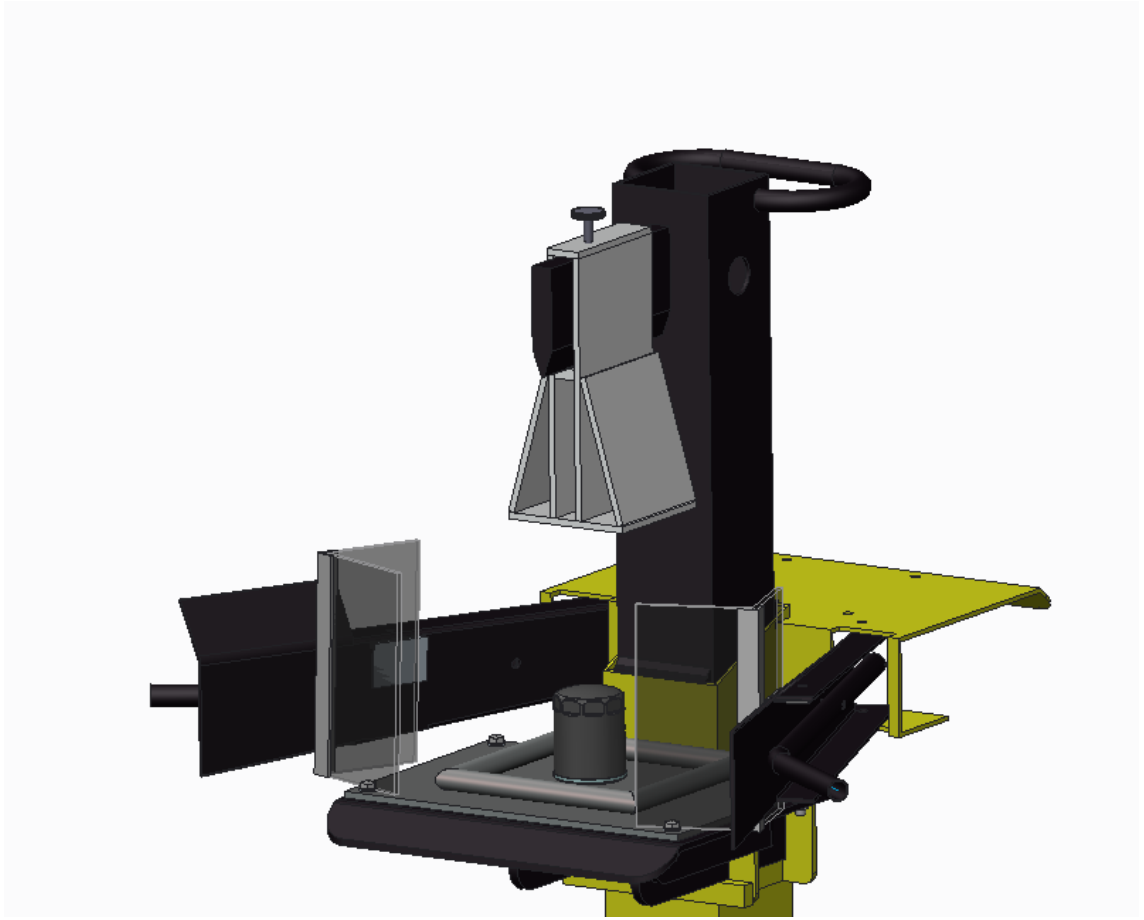
3D-mallia työstettiin yhdessä toimeksiantajan kanssa. Ensimmäisissä suunnitelmissa suunniteltiin halkomakoneeseen sopiva, kokonaan uusi taso, jota vasten suodattimia puristettaisiin. Tasosta tehtiin muutama erilainen 3d-malli, mutta lopulta päätettiin kustannusta syistä käyttämään halkomakoneen mukana tulevaa alkuperäistä pöytää. Alkuperäisessä pöydässä oli muutama ongelmakohta, joiden takia sitä ei olisi haluttu käyttää puristimessa. Lopulta oli kuitenkin kustannustehokkaampaa ratkaista nämä ongelmat, kuin suunnitella ja valmistaa kokonaan uusi pöytä. Ongelmana oli mm. alkuperäisen pöydän kohokuviointi, joka ei sellaisenaan sovellu suodattimien puristamiseen. Ongelma ratkaistiin suunnittelemalla pöydän päälle teräslevy, jonka alle asennetaan aluslevyt. Kohokuviointi alkuperäisessä pöydässä on n. 1.7 mm korkea ja levyn alle asennettavan aluslevyn korkeus on samaa luokkaa. Näin ollen teräslevy asettuu sekä aluslevyjen että kohokuvioinnin päälle ja kiinnitettäessä levy nurkista pulteilla pöytään, se pysyy hyvin paikallaan ja soveltuu tasaisen pintansa ansiosta suodattimien puristamiseen.

rälle. Ura estää painimen liikkeen sivuttaissuunnassa. Ruuvikiinnitys kiristää halkaisukiilan terän uraa vasten.



Kuva 9. Painimen 3D-malli.

Lisäksi puristimeen suunniteltiin suoja mahdollisilta öljynroiskeilta käyttäjää kohti. Suoja koostuu kahdesta läpinäkyvästä polykarbonaattilevystä, jotka on liimattu ruostumattomasta teräksestä valmistettuun kulmarautaan. Ruostumaton teräs valittiin kulmaraudan materiaaliksi sen näyttävyyden vuoksi. Suoja kiinnitetään halkomakoneen käyttökahvoihin kulmaraudalla. Kahdesta suojasta kummassakin kahvassa muodostuu näin suoja öljynroiskeita vastaan. Kahvat aukeavat sivuttaissuunnassa ja avaavat tilan, josta puristettu öljynsuodatin on helppo poistaa ja uusi suodatin asettaa laitteeseen. Kuvassa 10 on lopullinen 3D-malli. Halkomakone on mallinnettu visualisoimaan rakennetta, eikä sitä ole mitoitettu tarkasti.



Kuva 10. Korjaamojätepuristimen 3D-malli.

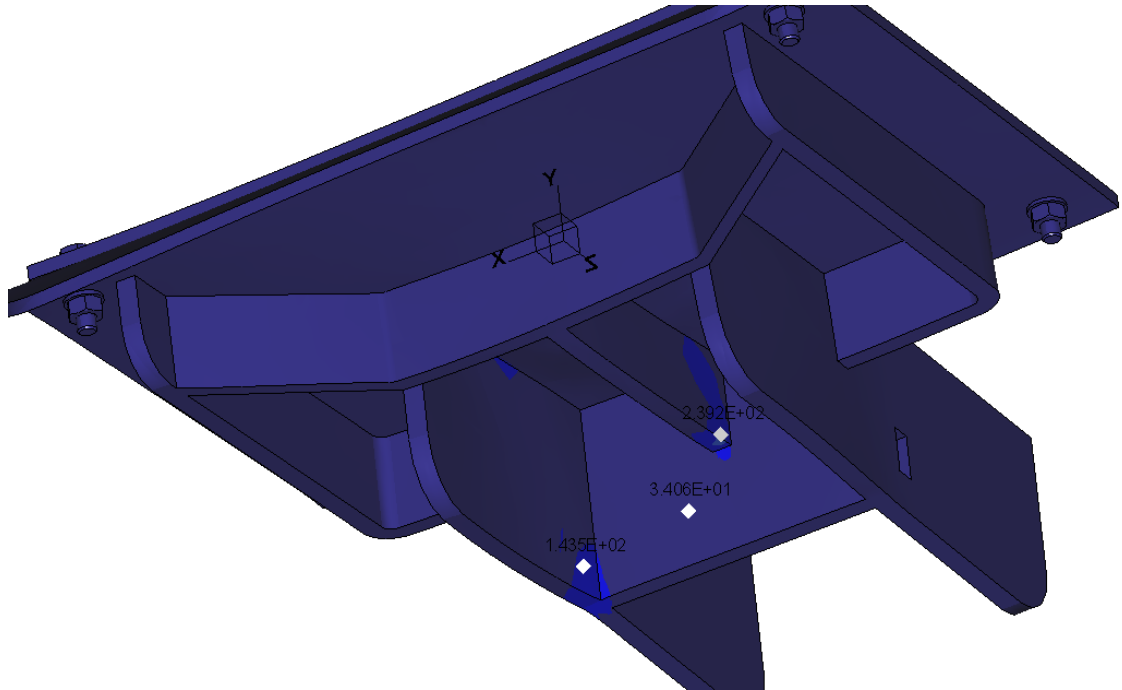
7 Lujuusanalyysien tulokset

Suunnittelun alkuvaiheista asti rakenteiden kestävyttä tarkasteltiin Creo-mallinnusohjelman lujuuslaskentaosion avulla. Rakenteista haluttiin suunnitella mahdollisimman kevyet ja edulliset valmistaa, joten rakenteen kestävyteen kiinnitettiin erityistä huomiota. Kuormana lujuusanalyseissä käytettiin koneen maksimipaineella tuotettavaa 7 tonnin (n. 69000 N). Kuorma kohdistettiin öljynpoistoreiän ympärille halkaisijaltaan 80 mm suuruiselle pyöreälle alueelle. Tämä vastaa keskiverto öljynsuodattimen halkaisijaa.

7.1 Pöydän jännitykset

Kun lopulta päädyttiin käyttämään koneen mukana tulevaa alkuperäistä pöytää, päätettiin sen kestävyys myös tarkistaa lujuusanalyysien avulla. Tarkastelutilannetta varten pöytä mallinnettiin mahdollisimman tarkasti alkuperäistä pöytää apuna käyttäen. Lujuusanalyysia varten pöydän materiaaliksi määriteltiin S235 rakenneteräs. Todellisia materiaaliominaisuuksia on pelkän ulkonäön perusteella liki mahdoton määrittää, mutta melko turvallisesti voidaan pöydän olettaa olevan vähintään S235 terästä. Lujuusanalyysissä pöytä tuettiin vastaavasti kuin se halkomakoneessakin on. Lisäksi analyysissä oli mukana pöydän päälle tuleva levy sekä kiinnityspultit ja aluslevyt. Pulteille ei kohdistu missään vaiheessa kovin suuria kuormituksia, joten M8 pulttien kestävyyttä ei erikseen tarkasteltu. Lopullinen lujuusanalyysi toteutettiin käyttämällä ohjelmassa tiheämpää verkotusta sekä multipass-analyysia. Näin tuloksista saatiin luotettavammat ja tarkemmat.

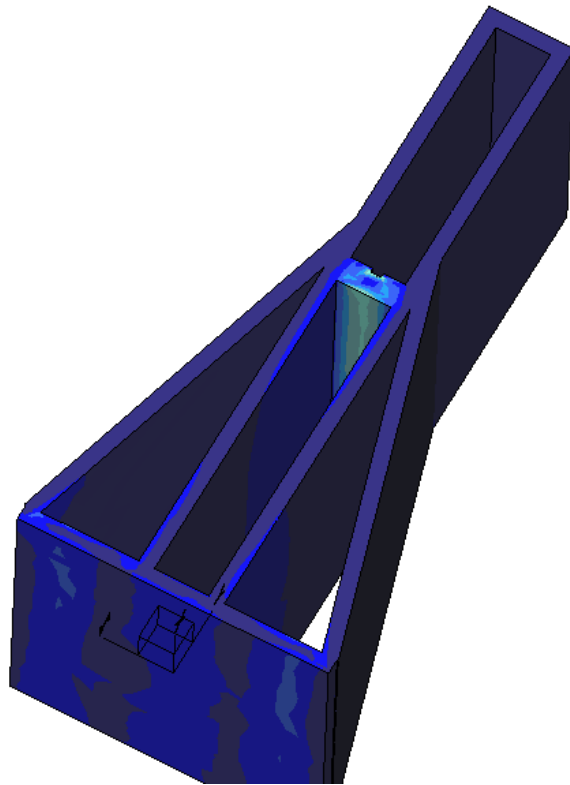
Suurimmat jännitykset rakenteessa esiintyvät pöydän pituussuuntaisessa jäykisteessä (kuva 11). Alueella on pieni jännityskeskittymä, jossa suurin jännitys on n. 240 MPa. Vaikka paikallisesti rakenteen oletettu myötöraja ylittyykin, muualla jännitystaso on maltillisempi ja varmuuskerroin myötörajaan on n. 1.5 pienimmillään. Jännitysten valossa tarkasteltuna rakenteen voi olettaa kestävän.



Kuva 11. pöydän jännitykset.

7.2 Painimen jännitykset

Painimen lujuusanalyysia varten se tuettiin keskellä olevan levyn urasta korkeussuunnassa, kuten se todellisessa tilanteessakin tukeutuu. Kuorma analyysissä oli samansuuruisen kuin pöydän lujuusanalyysissäkin. Painin on suunniteltu valmistettavaksi S355 teräksestä. Jännitysten osalta kriittisin kohta on keskellä oleva 10 mm paksu levy. Suurin jännitys sen pohjassa on n. 200 MPa:n suuruinen (kuva 12). Painimen pohjassa, johon kuorma kohdistuu, jännitykset ovat maksimissaan n. 80 MPa:n luokkaa. Jännitysten osalta painin näyttää kestävän siihen kohdistuvat rasitukset hyvin, eikä myötöraja ylity missään, yksittäisiä terävissä nurkissa esiintyviä jännityspiikkejä lukuun ottamatta.



Kuva 12. painimen jännitykset.

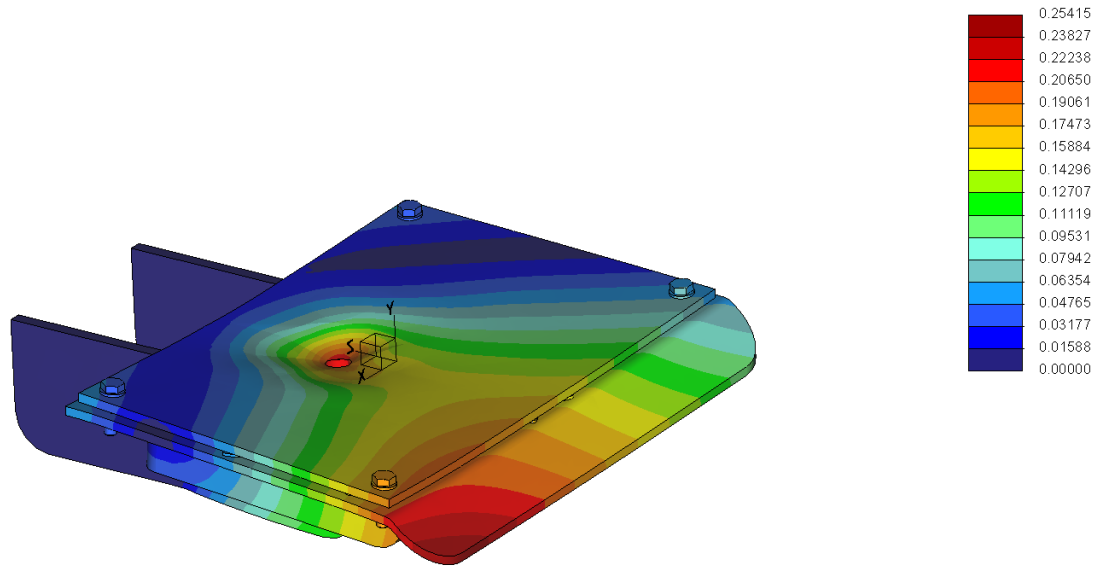
7.3 Siirtymät rakenteissa

Jännitysten lisäksi rakenteiden siirtymiä tarkasteltiin kuormitustilanteessa. Kuormitustilanne siirtymien tarkastelussa oli samanlainen kuin jännityksiäkin tarkasteltaessa. Jännitysten ollessa myötörajan alapuolella, siirtymät eivät juuri vaikuta rakenteen kestävyyteen, mutta suuret siirtymät kuormitustilanteessa saattavat aiheuttaa häiriötä laitteen toiminnassa. Suuri rakenteiden muodonmuutos kuormituksen aikana saattaa myös herättää laitteen käyttäjässä epämukavan vaaran ja rakenteiden rikkoutumisen tunteen.

7.4 Pöydän siirtymät

Kuormitustilanne siirtymiä tarkasteltaessa oli samanlainen kuin jännityksiäkin tarkasteltaessa. Pöydän ja levyn materiaalina oli edelleen S235 teräs, jonka kimmomoduuli on 210 GPa. Suurimmat siirtymät pöydän ja sen päälle asettavan levyn kokoonpanossa oli-

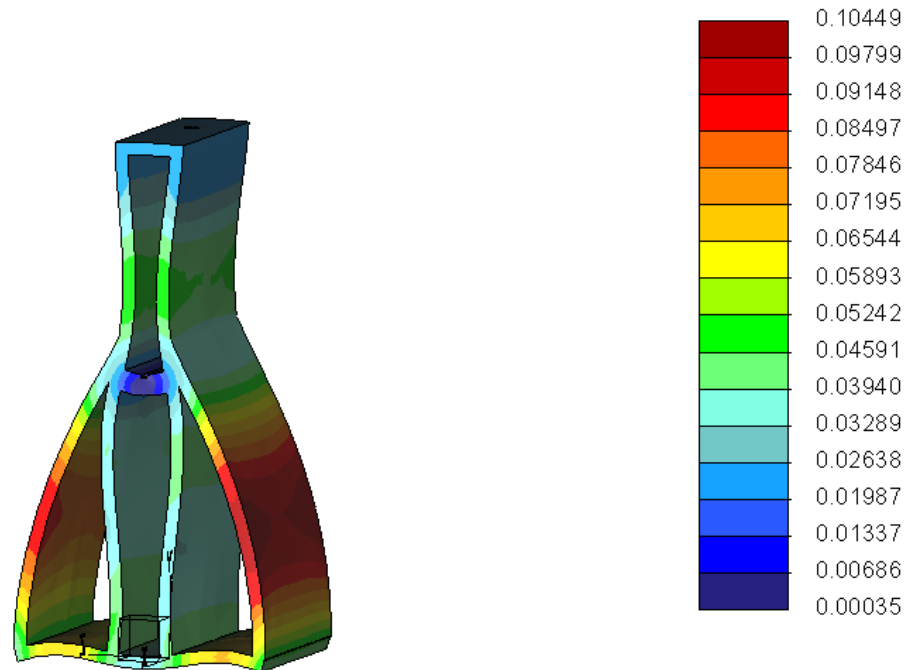
vat pöydän aivan etureunassa. Hieman keskilinjasta poikkeava kuormituksen paikka vaikuttaa siirtymiin siten, että pöydän vasen etureuna taipuu hieman oikeaa enemmän alaspäin. Siirtymät ovat kuitenkin melko maltilliset, suurimmillaan n. 0,25 mm pöydän vasemmassa etureunassa (kuva 13). Oikea etureuna taipuu tarkastelussa n. 0,1 mm alaspäin.



Kuva 13. pöydän siirtymät.

7.5 Painimen siirtymät

Painimeen kuormituksesta aiheutuvat siirtymät tarkasteltiin samalla menetelmällä kuin pöydän ja levyn. Materiaalina painimessa on S355 teräs, mutta kimmomoduuli materiaalilla on sama 210 GPa kuin muillakin teräksillä. Kuormituksesta aiheutuva muodonmuutos on suurin vinoissa sivulevyissä, jossa sen suuruus on n. 0,1 mm sivuille päin (kuva 14). Yleisesti siirtymät painimessa ovat hyvin maltillisia ja voidaan olettaa, ettei siirtymistä aiheudu haittaa laitteen toiminnalle. Muodon muutokset eivät myöskään ole pysyviä, koska jännitykset eivät ylitä myötörajaa.



Kuva 14. painimen siirtymät.

7.6 Väsymisanalyysi

Sekä pöydälle että painimelle tehtiin vielä lujuusanalyysien jälkeen väsymisanalyysit, koska haluttiin varmistua rakenteen kestävydestä suurehkojen jännitysten takia. Väsymisanalyysissä tavoiteltiin kestäväää rakennetta miljoonalle kuormitusykyllille. Noin kolmenkymmenen sekunnin jaksonajalla tämä tarkoittaa 8 tunnin jatkuvalla päivittäisellä käytöllä n. 1042 päivän kestoikää. Tässä ei kuitenkaan ole huomioitu viikonloppuja tai muita aikoja jolloin puristin on käyttämättömänä. Todellisuudessa miljoona kuormitusykyä täyttynee n. 3-5 vuoden käytön jälkeen. Väsymisanalyysiä varten materiaali-tietoja tuli täydentää mm. murtorajan osalta. 3-100 mm paksun sfs-en 10027-1 mukaisen S235 teräksen murtolujuus on vähintään 360 MPa, jota käytettiin raja-arvona myös väsymisanalyysissä (Valtanen, 2010). S355 teräksen vastaava murtolujuus on vähintään 470 MPa (Valtanen, 2010). Materiaalien pinnanlaatu vaikuttaa merkittävästi väsymismurtumien syntyyn. Pinnalaaduksi väsymisanalyysiin valittiin Creo Simulaten valmiista valikosta kuumavalssattu teräs. Painin on tarkoitus hiekkapuhaltaa ja maalata, mutta kuumavalssattu teräs vastanee parhaiten pinnanlaatua väsymisanalyysin kannalta.

Sekä painin että pöytä kestivät miljoonan kuormitusyöksen aiheuttaman väsytytkuormituksen erittäin hyvin. Joidenkin yksittäisten, terävissä nurkissa esiintyvien jännityskeskittymien ympäristössä kestoikä ei analyysin osalta täyttynyt, mutta nämä eivät vaikuttane todelliseen kestoikään ja johtuvat suurimmalta osin puuttuvista pyörityksistä 3D-mallissa.

7.7 Yhteenveto lujuusanalyyseistä

Rakenteesta suunniteltiin mahdollisimman kevyt ja yksinkertainen, joka johti rakenteissa melko suuriin jännityksiin. Suurin osa isoista jännityksistä selittyy yksittäisillä jännityskeskittymillä ja niissäkin myötöraja ylittyy vain yksittäisissä pisteissä. Lujuusanalyysien perusteella rakenteet vaikuttavat kuitenkin kestäville. On kuitenkin syytä testata ensimmäiset valmistettavat lisäosat huolellisesti ennen asiakkaalle luovuttamista. Tarvittaessa testien jälkeen rakennetta voi vielä muuttaa ja vahvistaa ennen puristimen myynnin aloittamista.

8 Dokumentit

8.1 käyttöohjeen laadinta

Halkomakoneeseen tulevat lisäosat muuttavat koneen alkuperäistä käyttötarkoitusta siinä määrin, että uuden käyttöohjeen laadinta oli perusteltua. Alkuperäinen käyttöohje on hyvin kattava ja seikkaperäinen ja se tulee ehdottomasti toimittaa korjaamojätepuristimen mukana. Lisäosien käyttöohje ohjeistaakin käyttäjää noudattamaan halkomakoneen käyttöohjetta kaikissa tilanteissa. Laadittu käyttöohje sisältää ohjeet öljynsuodattimien puristamiseen lisäosien avulla.

Käyttöohjeen sisältö keskittyy suurelta osin turvallisuusnäkökohtiin, jotka ovat ensiarvoisen tärkeitä. Ohjeessa neuvotaan käyttäjää turvallisesti asettamaan ja poistamaan käsiteltävä suodatin. Käyttöohje laadittiin suomen kielellä ja tullaan myöhemmin kääntämään myös ruotsin kielelle, kuten konedirektiivi edellyttää.

8.2 Riskiarviointi

Koneen valmistajan tehtävänä on arvioida valmistettavan laitteen riskit. Riskit tässä tapauksessa ovat hyvin samanlaiset kuin alkuperäisessä halkomakoneessakin, mutta ne päätettiin käydä kuitenkin läpi käyttötarkoituksen muuttuessa. Riskien arvioinnissa määriteltiin ensin koneen raja-arvot. Seuraavaksi pohdittiin mahdolliset vaarat ja vaaran aiheuttavat tilanteet. Riskit listattiin Excel-taulukkoon ja ne pisteytettiin niiden suuruuden ja merkityksen mukaisesti.

Puristimen tapauksessa suurin yksittäinen vaara käyttäjälle aiheutuu väärän käytön seurauksena. Jos koneen käyttötapaa muutetaan, voi esimerkiksi käyttäjän käsi joutua puristuksiin painimen ja pöydän väliin. Alkuperäinen kaksikäsi käyttö kuitenkin estää tämän. Lisäksi käyttökahvoihin asennettavat suojat estävät suljettuina käden joutumisen puristuksiin. Käyttäjän käden tai muun raajan joutuminen on näin ollen hyvin epätodennäköistä jos ohjeita noudatetaan. Käyttäjän tulee kuitenkin huolehtia että käyttää konetta yksin ja ettei kukaan ulkopuolinen tule työskentely alueelle puristinta käytettäessä.

8.3 Vaatimustenmukaisuusvakuutus ja CE-merkintä

Jotta halkomakoneen lisäosiin voidaan kiinnittää CE-merkintä, täytyy varmistua että kone täyttää olennaiset turvallisuusvaatimukset. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksella koneen valmistaja vakuuttaa koneen täyttävät turvallisuusvaatimukset. Laaditussa vaatimuksenmukaisuusvaatimuksessa on viitattu yleiseen koneturvallisuus standardiin (SFS-EN ISO 12100) sekä hydraulisten puristimien turvallisuuteen liittyvään standardiin (EN 693:2001+A2). Lisäosat on suunniteltu huomioiden näissä standardeissa esiintyvät turvallisuusnäkökohdat. Lopullinen dokumenttien viimeistely tapahtuu, kun laitteesta saadaan ensimmäinen versio testausta varten. Raporttia laadittaessa lisäosat ovat vasta siirtymässä valmistukseen ja testauksessa saattaa ilmetä vielä joitakin seikkoja, jotka vaikuttavat laadittavien dokumenttien sisältöön.

8.4 Hyödyllisyysmallisuoja korjaamojätepuristimelle

Patentti- ja rekisterihallituksen sivulta käy ilmi, että 21.2015 on hyväksytty hyödyllisyysmallisuoja kotitalousjätepuristimelle (hakemusnumero U20140108). Hakemuksen jätepuristin toimii niin ikään lisäosana halkomakoneen avulla, mutta öljynsuodatinpuristin ei pitäisi tässä muodossaan loukata kyseistä hyödyllisyysmallisuojaa. Kun testiversio korjaamojätepuristimesta saadaan valmistettua ja muut tarvittavat dokumentit viimeisteltä, harkitaan hyödyllisyysmallisuoja hakemista puristimelle. Ennen hakemusta täytyy kuitenkin tarkastella aiemmin myönnettyä hyödyllisyysmallisuojaa tarkoin ja varoa loukkaamasta sitä. Uutuusarvon pitäisi kuitenkin öljynsuodatinpuristimen osalta täytyä.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella lisäosa, jonka avulla halkomakoneella voidaan puristaa öljynsuodattimia kasaan. Suodattimien tyhjentyvyyttä ja kokoonpuristuvuutta tutkittiin useiden testien avulla. Alun perin mietittiin myös mahdollisuutta kierättää puristetut suodattimet suoraan metallijätteenä. Tämä olisi kuitenkin ensinnäkin edellyttänyt täydellistä tyhjentyvyyttä, jota ei käytössä olleella testikoneella voitu mitenkään saavuttaa. Jos suodattimet olisi saatu tyhjennettyä sisälle jääneestä öljystä, olisi tarvittu vielä lisätestejä muista suodatinpaperin sisältämistä haitallisista aineista. Nämä tutkimukset todennäköisesti olisi pitänyt teettää kolmannella osapuolella. Erityisen mielenkiintoista olisi ollut tehdä tyhjentyvyydestä laitteella, jossa olisi käytössä huomattavasti enemmän voimaa kuin halkomakoneessa. Tähän ei kuitenkaan valitettavasti ollut taloudellisesti eikä ajallisesti mahdollisuutta.

Pelkän kokoonpuristuvuuden avullakin koneen hankkiva autokorjaamo pystyy pidentämään kiinteän öljyisen jätteen tyhjennysaikaa ja näin ollen säästää rahaa. Tarkka takaisinmaksuajan laskeminen olisi tuonut opinnäytetyölle lisäarvoa. Työn aikana usealta kymmeneltä autokorjaamolta yritettiin tiedustella keräyssäiliön tyhjennysväliä ja siitä seuraavaa kustannusta, mutta kyselytutkimukseen saatiin kaiken kaikkiaan vain kaksi vastausta ja kukaan ei kyselyssä kertonut tyhjennyksen hintaa. Lopulta tämä osio päätettiin jättää opinnäytetyöstä kokonaan pois sen epäluotettavien tulosten takia.

Halkomakoneeseen tulevien lisäosien suunnittelu ei teknisessä mielessä ollut kovin haasteellista, mutta vaati silti tarkkuutta mm. mitoituksen suhteen. Lisäksi rakenteen kestävyys kiinnitettiin erityistä huomioita jo suunnitteluvaiheessa. Rakenteesta saatiinkin hyvin toimiva sekä kevyt. Kaiken kaikkiaan suunnittelun tuloksiin voi olla tyytyväinen, laite on tosin opinnäytetyöraportin laatimishetkellä vasta etenemässä valmistukseen ja testaukseen, joten vasta tulevaisuus näyttää toimiiko laite niin hyvin kuin on suunniteltu.

Lähteet

Ekokem 2015. Asiakasneuvonta. Öljynsuodattimien kierrätys. Puhelinhaastattelu 10.3.2015.

Gerhard, P. & Wolfgang, B. 1992. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Suomen Metalli-, Kone- ja Sähköteknisten Teollisuuden Keskusliitto.

Jätelaki 646/2011

Kaurenne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2013. Hydraulitekniikka. Helsinki: Sanoma Pro OY.

Patentti- ja rekisterihallitus. 2012. Hyödyllisyysmalliopus. Helsinki.

Perchtold H. 2015. Öljynsuodattimien kierrätys. paavo.sivula.edu.karelia.fi. 4.2.2015.

SFS, S. s. 2010. SFS-käsikirja 133. Helsinki: SFS.

Tuomaala, J. 1995. Luova Koneensuunnittelu. Jyväskylä: Tammertekniikka Ky.

Työ- ja elinkeinoministeriö. 11. Toukokuu 2011. CE-Merkintä.

Työsuojeluhallinto. 2008. Koneturvallisuus. Tampere.

Valtanen, E. 2010. Tekniikan taulukkokirja . Mikkeli: Genesis-Kirjat Oy.

Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012