

# KUINKA MODIFIOIDAAN OLEMASSA OLEVA LAITOS BIOÖLJYLLE (RFO) SOVELTUVAKSI

## Johdanto ja tarkoitus

Riippuvuus ehtyvistä, uusiutumattomista fossiilisista luonnonvaroista ja niiden käytön aiheuttama ilmastomuutos ovat merkittäviä poliittista, yhteiskunnallista ja liiketaloudellista kehitystä ohjaavia taustavoimia. EU:n tahtotila torjua ilmastomuutosta on johtanut useisiin jäsenmaiden toimintaa ohjaaviin direktiiveihin ja kannusteisiin. Näitä ovat esimerkiksi niin kutsuttu 20-20-20 -tavoite sekä siihen liittyvä Suomea velvoittava 38 prosentin RES- eli uusiutuvien energianlähteiden käytön määrän tavoite. Biojalostamoinvestoinnit ja bioöljyn (RFO, Renewable Fuel Oil) teollinen tuotanto tukevat Suomelle strategisesti tärkeää hajautettua - eli lähelle raaka-ainetta ja loppukäyttöä sijoitettavaa - energiantuotantoa ja vahvistavat energiaomavaraisuutta sekä parantavat kauppatasetta ja luovat uusia teollisia työpaikkoja.

Green Fuel Nordic Oy (GFN) on biojalostusyhtiö, joka liiketoiminta-ajatus on jo kaupallisessa käytössä olevan RTP™-teknologian hyödyntäminen toisen sukupolven bioöljyn tuotannossa. Valitun teknologian avulla uusiutuvasta metsäbiomassasta voidaan valmistaa nestemäistä, rikitöntä bioöljyä, joka sellaisenaan korvaa fossiilista polttoöljyä. Samalla RFO vastaa uuden PINO -asetuksen haasteisiin.

RFO on orgaanisesta bioperäisestä raaka-aineesta valmistettua polttoainetta. Se on tummanruskeaa, juoksevaa nestettä, joka valmistetaan kaasuttamalla biomassaa hapettomissa olosuhteissa ja tämän jälkeen lauhduttamalla kaasuntuneet komponentit nesteeksi. RFO:n tehollinen lämpöarvo on noin puolet raskaan polttoöljyn vastaavasta lämpöarvosta ja pH noin 2,6. Tarkemmat lopputuotteen ominaisuudet löytyvät taulukoituna mm. GFN:n kotisivuilta, [www.greenfuelnordic.fi](http://www.greenfuelnordic.fi).

Energiaa tuottavissa laitoksissa RFO:n kanssa kosketuksissa olevat osat tulee tarvittaessa korvata matalaa pH:ta hyvin kestävillä materiaaleilla. Näihin lukeutuvat varastosäiliö, putkisto, pumput, venttiilit ja tiivisteet, poltin pumppaus ja venttiiliyksiköineen, sekä osa instrumenteista. Läheskään aina kaikkia komponentteja ei tarvitse uusia, vaan usein olemassa olevat ratkaisut soveltuvat sellaisenaan RFO:lle. Tämän katsauksen tarkoituksena on ohjeistaa RFO-loppukäyttäjiä eli energia- ja prosessiteollisuutta oikeissa materiaali- ja laitevalinnoissa, sekä selvittää mitä tekijöitä RFO:n käytössä tulee ottaa huomioon. Ohjeistus myös opastaa lisätiedon hankinnassa.

## Olemassa olevien laitosten modifiointi RFO:lle sopiviksi

### Olemassa olevien laitteistojen testaus RFO-koeajolla

Olemassa olevien laitosten soveltuvuutta RFO:lle voidaan testata suoraan kyseiseen tarkoitukseen rakennetulla mobiililla testilaitteistolla. RFO:n mobiili syöttöjärjestelmä mahdollistaa polttoaineen vaiheistetun syötön polttimeen tarjoten aikaa tarvittavien säätöjen tekemiseen, laitteiston toiminnan optimoimiseen, vapautuvan lämpökuorman maksimoimiseen ja päästöjen minimoimiseen.

RFO:n mobiili syöttöjärjestelmä on dimensioiltaan noin 3m x 1,5m x 2,5m ja se painaa noin 1,3 tonnia. RFO:n loppukäyttäjä voi halutessaan tilata laitteiston, jolla laitoksen toimintaa testataan noin kolmen päivän ajan. RFO:n mobiili syöttöjärjestelmä tarvitsee toimintaansa sähköä, paineilmaa sekä vettä, joita tulee olla testausalueella saatavissa.

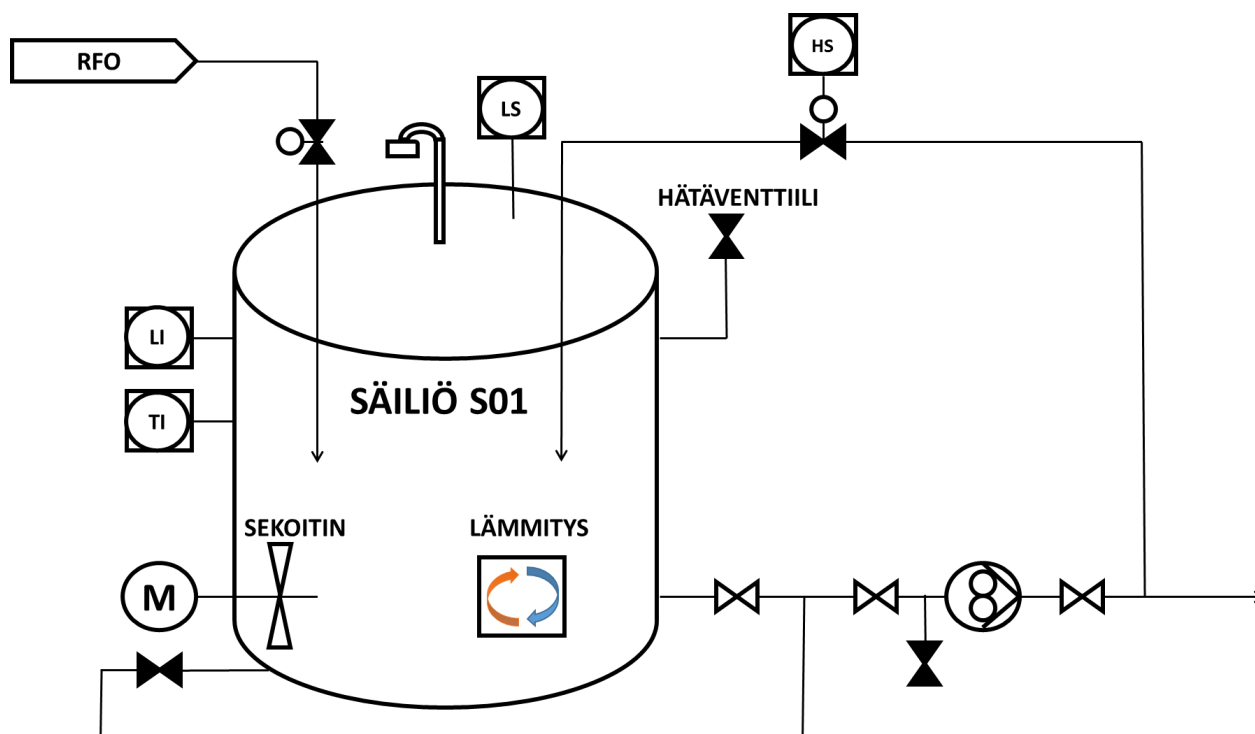
Testit voidaan muilta osin suorittaa täysin laitoksen omalla laitekannalla. Rautaputkistot, venttiilit, tiivisteet ja muut RFO:n kanssa kosketuksissa olevat osat eivät kärsi koeajon aikana, ja testin jälkeen putkistot puhdistetaan soveltuvalla liuottimella, esimerkiksi denaturoidulla alkoholilla. Lopulta koeajosta laaditaan kirjallinen raportti asiakkaalle. GFN voi tarvittaessa avustaa loppukäyttäjiä mobiililaitteiston järjestämisessä käyttöön, mikäli asiakas sillä haluaa olemassa olevaa laitteistoaan testata.

### RFO:lle soveltuvat tuotteet

#### Säiliö

Polttoaineen varastosäiliössä varastoidaan laitoksen tarvitsema määrä RFO:ta. Säiliö voi olla pystymallinen, varoaltaallinen lieriö tai kyljellään makaava kaksoisvaippainen säiliö, riippuen polttoaineen käyttö- ja varastointitarvemäärästä. Toiminnaltaan ja yhteiltään bioöljylle soveltuva varastosäiliö vastaa raskaanpolttoöljyn varastosäiliötä. Pitempiaikaisessa varastoinnissa voi kuitenkin suositella polttoaineen sekoitusmahdollisuutta, joka voidaan toteuttaa mekaanisella sekoittajalla, tai yksinkertaisella pienellä kierrätyspumpulla.

RFO:n suositeltu varastointilämpötila on alle 25° C. Kylmimpien käyttökuukausien varalta säiliön pohjalämmitys ja eristys on tarpeen; näin varmistetaan tuotteen hyvä pumpattavuus (RFO:n viskositeetti kevyen ja raskaan polttoöljyn välillä). Polttoaineen imupuolella voidaan käyttää myös imukuumenninta, kunhan lämpötilaa ei nosteta liian korkeaksi (> 60° C). Lämmityksessä suosittu vaihtoehto on vesi-glykoli-kierto, joka on helppo säätää vastaamaan kulloinkin tarvittavaa lämmitystehontarvetta.



**Kuva 1:** Esimerkki säiliöratkaisusta

Säiliömateriaalina suositellaan ruostumatonta tai haponkestävää terästä (304/304L tai 316/316L). Muita RFO:lle soveltuvia metalleja ovat 430 ja 20M04. Selvästi kustannustehokas vaihtoehto on kuitenkin valmistaa säiliö normaalista kaupallisesta teräksestä ja pinnoittaa se sisäpuolelta. Kyseinen menetelmä on käytössä mm. kemian teollisuudessa, jossa käsitellään ja varastoidaan suuria määriä happamia tuotteita. Matalaa pH:ta hyvin kestäviä muoveja ovat mm. PP, PE-LD ja PE-HD.

Säiliön puhdistustarve riippuu merkittävästi varastointiolosuhteista. Kun tuote varastoidaan suositusten mukaisesti, voi säiliön puhdistusväli olla useitakin vuosia. Muussa tapauksessa suositetaan jokavuotista säiliön puhdistusta, ellei säiliössä ole suodatusmahdollisuutta. Tämä voidaan toteuttaa helposti mm. kierrätyslinjaan asennettavalla mekaanisella suodattimella. Pesuaineeksi soveltuu esimerkiksi denaturoitu lämpimällä vedellä laimennettu etanoli tai lipeä.

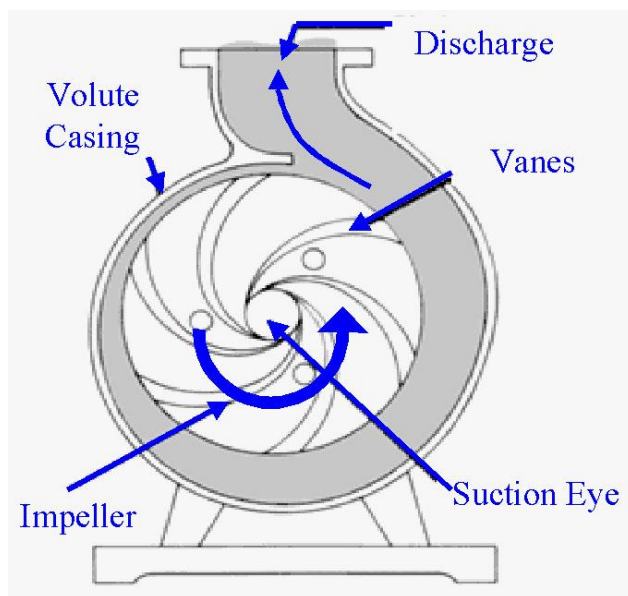
Säiliön hönhöhöryt on mahdollista halutessa johtaa piippuun. Tämä ei kuitenkaan ole välttämätöntä. RFO ei muodosta säiliössä ilman kanssa palavaa seosta ympäristön lämpötilassa (kuten esimerkiksi POK). Säiliö voidaan haluttaessa myös varustaa käyttöön soveltuvalla suodattimella, jonka kautta se voi hengittää.

### Putkisto

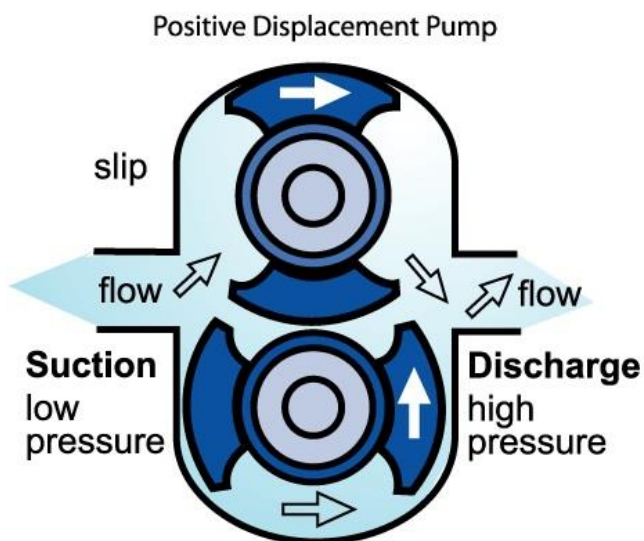
Polttoaineen siirto-putkistossa hyvin yleinen ratkaisu on haponkestävä teräs, joka on soveltuvista materiaalivaihtoehdoista hintavin, mutta toisaalta myös kestävin (koko laitoksen elinkaari). Selvästi edullisempi, mutta samalla kestävä ratkaisu on ruostumaton teräs. Pienemmille virtaamille soveltuvat mm. messinki ja muovit, kuten PP ja PE-HD. Kupari ja sen seokset soveltuvat myös korroosiotestien perusteella hyvin RFO:lle, mutta pehmeänä metallina se voi ajan saatossa kulua ja vaatia putkisto-osuuden uusimista. Pehmeitä metalleja käytettäessä putkiston kuntoa on syytä tarkkailla säännöllisesti. Suomen olosuhteissa polttoaineputkisto on hyvä saattolämmittäjä ja tarvittaessa eristäjä.

## Pumput

Pumpputyypeistä RFO:lle soveltuvat erityisesti joko keskipako- ja syrjäytyspumput (kuvat 2 ja 3), riippuen käyttötarkoituksesta. Keskipakopumput soveltuvat suuren tilavuusvirran ja matalan nostokorkeuden sovelluskohteisiin, kun taas syrjäytyspumput soveltuvat paremmin pienemmälle tilavuusvirralle ja suuremmalle nostokorkeudelle.



**Kuva 2:** Keskipakopumpun toimintaperiaate



**Kuva 3:** Syrjäytyspumput toimintaperiaate

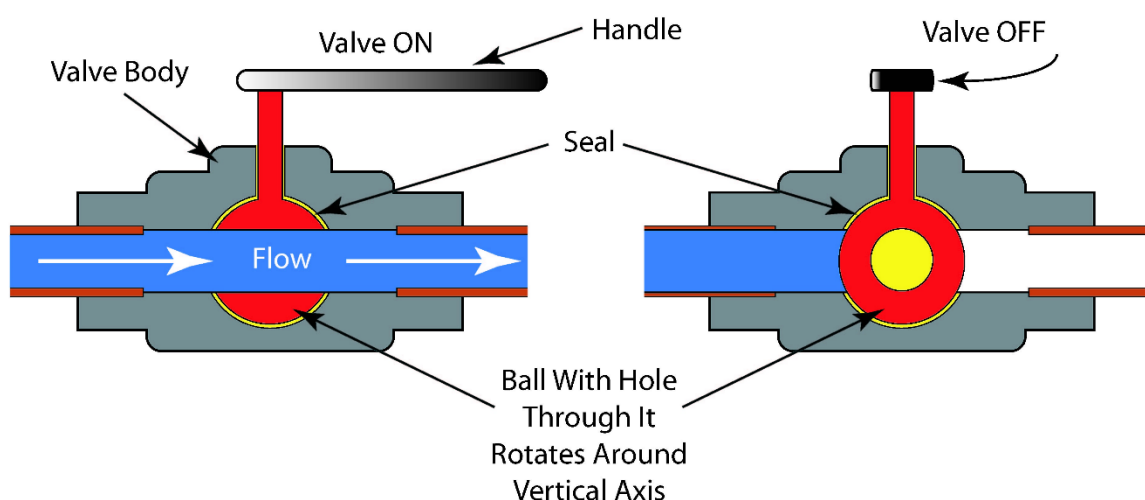
Pumpun valinnassa tulee myös ottaa huomioon RFO:n ominaisuudet, jotka edellyttävät pumpun pesän, sisäosien ja tiivisteiden osalta soveltuvia materiaalivalintoja. Pesän ja sisäosien materiaalin tulee olla alhaista

pH:ta kestävä. Lähes kaikilta suurimmilta pumppuvalmistajilta löytyy RFO:lle soveltuvia, hyvin monen eri kokoluokan vaihtoehtoja kokonaispaketteina. Referenssinä voi käyttää esimerkiksi kemianteollisuuden suosimia pumppuratkaisuja.

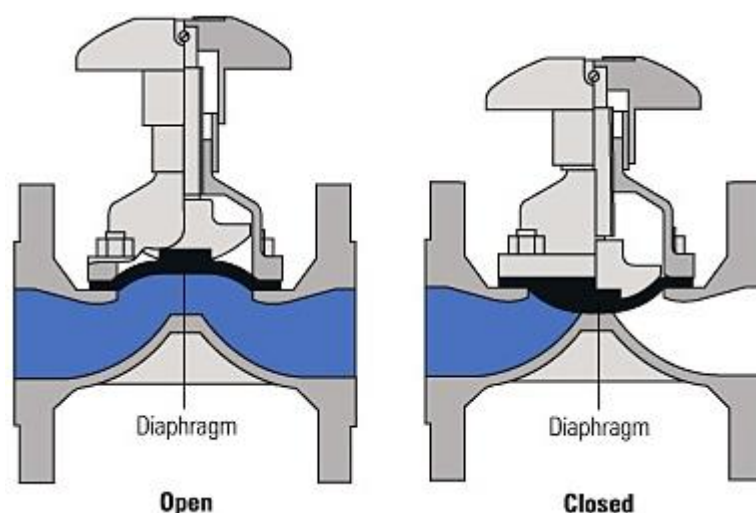
RFO:n lastauksessa ja purussa voidaan käyttää myös ruuvipumppuja, kunhan varmistetaan, että tuotteen kanssa kosketuksissa olevat osat ovat soveltuvaa materiaalia.

### Venttiilit ja tiivisteet

Useat venttiilityytit soveltuvat RFO:lle. RFO-linjastossa usein käytetty vaihtoehto on ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistetut palloventtiilit (kuva 4). Säätoventtiileiksi soveltuvat mm. kalvoventtiilit (kuva 5) ja Camflexit. Istukka- tai luistinventtiileitä ei suositella käytettäväksi. Venttiileiden toimilaitteet kannattaa tarvittaessa hieman ylimitittää. Tärkeintä venttiileissä on, että venttiilin sisäosat on valmistettu soveltuvasta materiaalista.



Kuva 4: Palloventtiilin toimintaperiaate



Kuva 5: Patotyyppisestä kalvoventtiilin toimintaperiaate

Tiivistemateriaaleista erityisesti Teflonia suositellaan, joskin myös useat muut materiaalit ovat soveltuvia, kuten EP-DM ja silikonikumi (RTI/Can). Pehmeämmät tiivisteet voivat vaatia ajoittaista vaihtamista kunnossapitoseisokkien yhteydessä. Hyvin kestävä tiivistevaihtoehto on mm. kemianteollisuuden suosima Kalrez<sup>®</sup>, jota usein suositetaan O-renkaissa.

### **Instrumentit**

RFO:lle soveltuvat suurimmaksi osaksi samat instrumentit kuin raskaalle polttoöljylle, joten instrumenttien uusimistarve on vähäinen. Esimerkiksi pinnanmittaukset voidaan toteuttaa normaalina paine-eromittauksena ottaen vain aineominaisuudet huomioon. Samoin lämpötilan, paineen ja virtauksen mittaukset toteutetaan pitkälti samalla tavalla kuin fossiilisilla polttoaineilla. Esimerkiksi minkä tahansa valmistajan termopari tai lämpömittari suojaputkissa soveltuu RFO:lle. Tosin tilavuusvirran mittaukseen suositellaan magneettista virtausmittaria ja massavirralle hienoliikkeistä Coriolis-mittaria.

Useat kemiallisen metsäteollisuuden suosimat instrumentointiratkaisut ovat toimivia RFO:lle. Instrumenttivalmistajat osaavat tapauskohtaisesti varmentaa jokaisen instrumentin soveltuvuuden happamiin olosuhteisiin ja suositella kuhunkin toimintaan parhaiten soveltuvaa ratkaisua.

### **Poltin**

RFO:ta voidaan polttaa useilla teollisuudesta tutuilla poltintyypeillä. Vaihtoehtoina ovat paineistettu hajotus joko höyryllä tai paineilmalla, pyöriväkuppinen poltin ja suora injektio tulipesään. Itse poltto tapahtuu vastaavasti kuin raskaalla polttoöljyllä, mutta esilämmityksen tarve on pienempi. Tarvittava esilämmityksen määrä on viskositeetin funktio, jonka määrittää poltintoimittaja. Poltintyyppistä riippumatta esilämmityksen käyttölämpötilaan tulisi tapahtua vasta polttimessa.

Esimerkiksi Oilon Oy:llä on RFO:lle oma tuoteperheensä, joka soveltuu bioöljyn lisäksi kevyelle ja raskaalle polttoöljylle, ja samalla mahdollistaa laajemman polttoainevaihtoehtovalikoiman. Tuoteperheen poltinten tehoalue on 1 – 60 MW, säätö tapahtuu moduloivasti ja hajotus joko paineilmalla tai höyryllä. Toimituskokonaisuudet sisältävät polttimen lisäksi erillisen pumppausyksikön esilämmityksellä, suodatuksen ja paineenkorotuksen, erillisen automatiikan, haponkestävät putkistot ja toimilaitteet sekä LPG/NG-toimisen sytytyspolttimen.



**Kuva 6:** Oilonin paineilmahajotteinen bioöljypoltin

Edellä kuvatun Oilonin polttimen pääkomponentit on listattu alla. Poltintoimitukseen sisältyy näiden lisäksi pumppaus- ja venttiiliyksikkö sekä automaatio:

1. Pneumaattinen toimilaite
2. Polttimen runko
3. Polttoaineen ja hajotusilman syöttö
4. Liekintarkkailulasi
5. Liekkivahti
6. Sytytyspoltin

### Liekinvahdit ja pilotti

Liekinvahtina voidaan käyttää mm. UV- tai IR-tyyppistä ratkaisua, joskaan itse liekinvahdin tyyppi ei ole niin merkityksellinen kuin vahdin soveltuvuus RFO:n liekille, joka eroaa nestemäisten fossiilisten polttoaineiden liekistä (tajuus ja amplitudi). Nämä ominaisuudet vaihtelevat polttoaine- ja poltinkohtaisesti. Markkinoilta löytyy useita kenttäsäädettäviä ja ohjelmoitavia liekinvahteja. Usein poltintoimittaja osaa suositella juuri heidän polttimelleen soveltuvan liekinvahdin.

Liekin sytytys tapahtuu pilottiliekkin avulla ja on vastaava kuin fossiililla nestemäisillä polttoaineilla. Pilotin polttoaineena käytetään usein kaasua, mutta myös kevyt polttoöljy on vaihtoehto. Toimivaksi todettu vaihtoehto on mm. kaasu-sähkötoiminen pilotti.

## Muutoskohteiden tunnistus ja vaihtoehdot

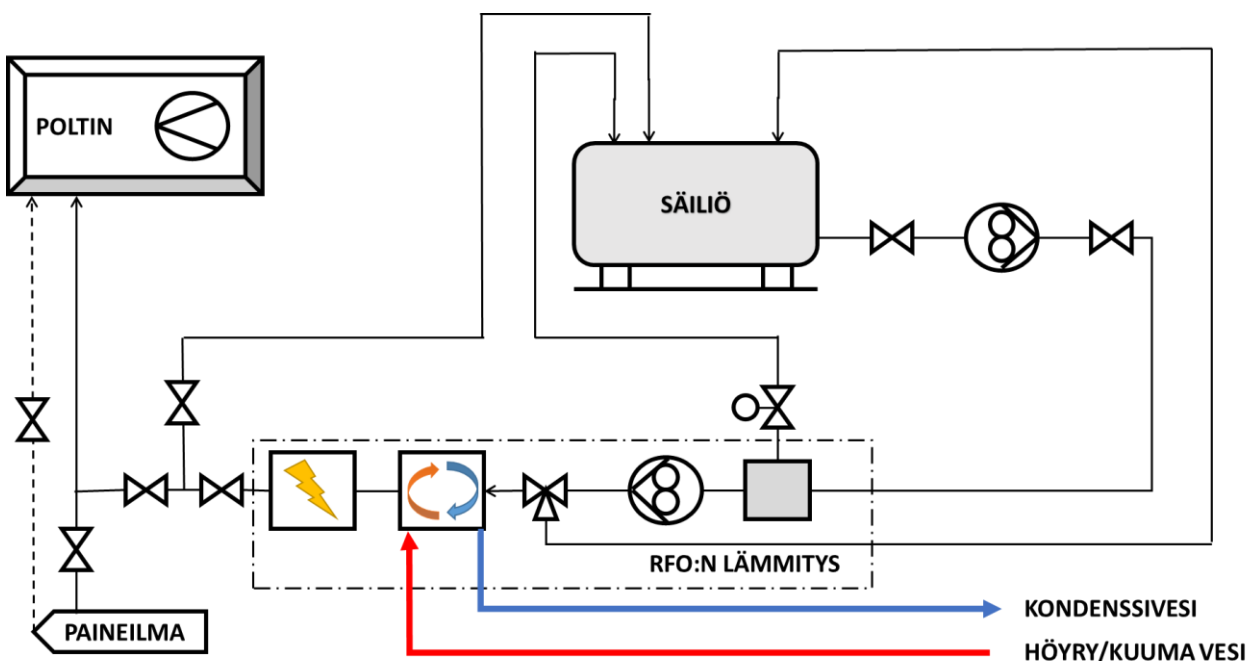
### Mitkä olemassa olevat ratkaisut soveltuvat RFO:lle?

Muutoskohteena olevassa laitoksessa on useita komponentteja, joita ei tarvitse suoraan uusia, vaan joista voidaan pienillä muutoksilla saada yhteensopivia RFO:lle. Lämmittimellä varustettu varastosäiliö, jossa on varastoitu kevyttä tai raskasta polttoöljyä, voidaan pinnoittaa sisäpuolelta, jolloin vanhaa säiliötä ei tarvitse uusia. Usein raskasta tai kevyttä polttoöljyä käyttävän laitoksen olemassa oleva putkisto on ruostumatonta terästä, joka sellaisenaan soveltuu RFO:lle ja kestää hyvin sen matalaa pH:ta. Myös useimmat olemassa olevat ruostumattomasta teräksestä valmistetut venttiilit soveltuvat sellaisenaan RFO:lle.

RFO:n palamis-ilman tarve on noin puolet fossiilisen nestemäisen polttoaineen ilmantarpeesta johtuen polttoaineen sisältämästä hapesta. Tämän takia olemassa oleva paloilmän puhallin soveltuu RFO:lle, vaikka itse polttoainetta syötetään enemmän tulipesään. Kattilaan itseensä ei tarvitse tehdä muutoksia, kunhan RFO:n liekki ei osu kattilan seiniin. RFO:n liekki on dimensioiltaan noin 5 – 10 prosenttia suurempi kuin vastaavan tehon fossiilisen nestemäisen polttoaineen liekki.

### Mitkä komponentit tai laitteet vaativat uusimista?

Suurin yksittäinen muutosinvestointi kohdistuu polttimeen sekä sen apujärjestelmiin. Toisaalta uusi poltin mahdollistaa RFO:n käytön lisäksi myös muiden nestemäisten polttoaineiden käytön ja tarjoaa laajan polttoainekirjon käyttämättömyyden. Usein poltintoimitus sisältää itse polttimen lisäksi pumppaus- ja venttiiliyksikön sekä polttimen automaation. Jotkin olemassa olevat teollisuuspolttimet pystyvät suoraan hyödyntämään RFO:ta, joskin polttimen säätöjä joutuu korjaamaan uudelle polttoaineelle soveltuvaksi. Polttimen toimittaja osaa aina tapauskohtaisesti kertoa muutostarpeen vaatimukset.



Kuva 7: Yksinkertaistettu esimerkki RFO:n polttoainelinjasta

Olemassa olevan laitoksen RFO:n putkiston, venttiileiden ja pumppujen tiivisteet pitää useimmiten korvata matalampaa pH:ta kestävillä vaihtoehdoilla. Tiivisteet itsessään ovat pieni kustannuserä. Polttoaineen



syöttöpumppu voi tarvita vaihtoa, mikäli se ei ennestään ole osa poltinpaketin toimitusta. Pumpun kapasiteetin tulee olla vähintään kaksinkertainen verrattuna entiseen pumppuun ja sen kosteiden osien soveltua RFO:lle. Myös osa instrumenteista voi vaatia uusimista riippuen tapauskohtaisesti instrumentin tyypistä, mutta normaalisti suurin osa niistä soveltuu suoraan käytettäväksi.

## Kokonaismodifioinnin hintavaikutus

Olemassa olevien laitosten modifiointitarpeet ja siten myös kustannukset ovat yksilöllisiä. Alla olevassa taulukossa on esimerkkilaskelma noin kymmenen vuoden ikäisen raskasta polttoöljyä käyttävän lämpölaitoksen modifiointikustannuksista.

Muutosinvestointikohde	Kustannus [€]
<b>Poltin (5 MW), sis. venttiili- ja pumppausyksikön, putkiston ja automaation</b>	89 000
<b>Varastosäiliön pinnoitus</b>	5 000
<b>Ulkopuolisen putkiston uusinta</b>	8 000
<b>Putkistojen ja toimilaitteiden tiivisteet</b>	1000
<b>Ulkopuoliset henkilötyökustannukset</b>	10 000
<b>SUMMA</b>	<b>113 000</b>

Edellä esitetyssä esimerkissä poltinkokonaisuus on selvästi merkittävin uusintakustannus, mutta samalla se sisältää suuren osan muista tarvittavista uusintoista (haponkestävä putkisto, pumppaus- ja venttiiliyksikkö, polttoaineen esilämmitys, jne.). Varastosäiliön on oletettu olevan kaupallisesta teräksestä valmistettu, kaksivaipainen 100-kuutioinen lieriö, joka on puhdistettu ja ruiskupinnoitettu, sekä etäisyyden polttimelle olevan noin 15 metriä. Asennustyö on oletettu ulkoistettavaksi. Mikäli varastosäiliö olisi ollut elinkaarensa päässä, ja haluttu sisäpuolelta haponkestävästä teräksestä valmistettuna, olisi kustannus noussut 50 000 – 100 000 euroa.

## Uusien laitosten rakentaminen RFO:lle soveltuviksi

RFO:lle soveltuvan laitoksen rakentaminen vastaa nestemäistä fossiilista polttoainetta käyttävän laitoksen rakentamista. Ainoa käytännön ero löytyy laite- ja materiaalivalinnoista, joihin on otettu kantaa edeltävissä kappaleissa. Myös kattilan tulipesän voi tarvittaessa mitoittaa hieman vastaavaa suuremmaksi, jolloin mahdollistetaan maksimaalinen poltinteho. Lupapuolella voidaan osittain päästä helpommalla, sillä RFO luokitellaan palavaksi nesteeksi, ei syttyväksi, kuten kevyt polttoöljy.

Laitoksen kustannusrakenne on samanlainen kuin vastaavalla perinteisellä laitoksella. RFO:lle soveltuva poltin on noin kolmasosan kalliimpi kuin vastaava raskaan polttoöljyn saman tehoinen poltin. Putkiston materiaaliratkaisut voivat joko nostaa tai laskea hintaa materiaalivalinnan ja teräksen markkinahinnan mukaan. Investoitaessa haponkestäviin pumppuihin ja venttiileihin panostetaan koko laitoksen elinkaaren

kestäviin laitevalintoihin, joka tosin korottaa hieman kyseisten komponenttien osalta hintaa. Kuitenkin tämä käytännössä koskee esimerkiksi lämpölaitoksilla vain 1 - 3 pumppua ja joitakin venttiileitä. Kun lasketaan kaikki kustannukset yhteen, nähdään, että RFO-laitoksen kokonaisinvestointi on noin 5 – 20 % korkeampi kuin vastaavantehoisella nestemäistä fossiilista polttoainetta käyttävällä laitoksella.

## Johtopäätökset

Olemassa olevien kevyttä tai raskasta polttoöljyä käyttävien laitosten modifiointi RFO:lle soveltuvaksi on hyvin suoraviivainen prosessi, kun tunnetaan uuden polttoaineen ominaisuudet ja sen vaikutukset materiaalivalintoihin ja laitteisiin. Kohdelaitoksesta riippuen laitekohtainen uusintatarve vaihtelee pelkäästä poltinkyksiköstä koko syöttölinjastoon. On kuitenkin syytä huomata, että mitä uudempi laitos, sitä pienemmällä uusinoilla selvittää, sillä useat nykyiset laiteratkaisut soveltuvat jo valmiiksi RFO:lle. Useimmissa laitoksissa selvittää hyvin maltillisella kokonaisinvestoinnilla ja samalla pidennetään laitoksen elinkaarta.

Kiitos Suomen vahvan kemian- ja kemiallisen metsäteollisuuden kaikki tarvittavat laite-, komponentti- ja materiaaliratkaisut ovat jo olemassa ja helposti saatavilla. Lähes kaikilla tarvittavilla laiteratkaisuilla on useita eri valmistajia. Valmistajat ja laitemyyjät myös osaavat ohjeistaa loppukäyttäjiä tuotteidensa soveltuvuudesta eri polttoaineille ja suositella heille parhaiten soveltuvia ratkaisuja aina tapauskohtaisesti.

Investoitaessa uuteen RFO:lle soveltuvaan laitokseen investoidaan samalla myös tulevaisuuteen, sillä laitoksella voidaan käyttää polttoaineena RFO:n lisäksi kevyttä ja raskasta polttoöljyä. Näin mahdollistetaan laaja polttoainevalikoima ja turvataan polttoaineen saatavuus. Samalla myös varaudutaan uusiin tiukkoihin päästörajoihin ja PINO-asetuksen haasteisiin. Kokonaisinvestointina RFO:lle soveltuva laitos on noin 5 – 20 % kalliimpi kuin vastaava nestemäisen fossiilisen polttoaineen laitos riippuen laitoksen kapasiteetista ja valituista ratkaisuista.