

SÄHKÖSTAATTISET PURKAUKSET

uusien ympäristöystävällisten hydrauliikka- ja voiteluöljyjen suodatus

Käytettäessä uusia sinkkivapaita ja tuhkattomia hydrauliikka- ja voiteluöljyjä, ovat riskeinä öljyn suodatuksen yhteydessä muodostuva sähkövaraus ja sähköstaattiset purkaukset. Ne huonontavat toimintaa, voivat rikkoa laitteita ja jopa aiheuttaa räjähdysriskin. Taloudellisen ja riskittömän toiminnan varmistamiseksi on olennaista käyttää suodatusjärjestelmää, joka estää vaarallisen sähköstaattisen varauksen syntyminen öljyyn ja kykenee poistamaan vanhenemistuotteita öljystä.

VILLE LUOMALA
Hydac Oy
ville.luomala@hydac.fi



Sähköstaattisten purkauksien seurauksena on öljyn vanhenemisen nopeutuminen ja vanhenemistuotteiden muodostuminen. Sähköstaattinen purkaus voi tuhota suodatinpatruunat ja vahingoittaa venttiilejä ja antureita. Mikäli käytettävään öljyyn kertyy liian paljon öljyn vanhenemistuotteita, aiheuttaa se venttiilien luistien tärkeitä ja laakereiden jumiutumista ja lyhentää suodatinpatruunoiden vaihtoväliä.

Markkinoiden globalisaatio pakottaa öljyntuottajat ympäri maailman tarjoamaan uusia yhdenmukaisia korkealaatuisia hydrauliikka- ja voiteluöljyjä järjestelmien käyttäjille ja valmistajille, kuten kompressoriasemille, suuriin vaihteistoihin ja koneisiin. Perinteisille ryhmän I perusöljyille, joissa raakaöljyn molekyyliarakennetta ei ole muutettu, ei voida taata maailmanlaajuisesti samanlaista rakennetta ja sisältöä. Sen vuoksi yhä useammin perusöljyjen molekyyli rakenne katkaistaan vetykrakkauksella, ja sen jälkeen perusöljy käsitellään optimoidulla lisäainepaketilla. Öljyntuottajien jalostuskapasiteetti kaikkialla maailmassa on menossa tähän suuntaan. Saavuttaakseen taatut öljyn omi-

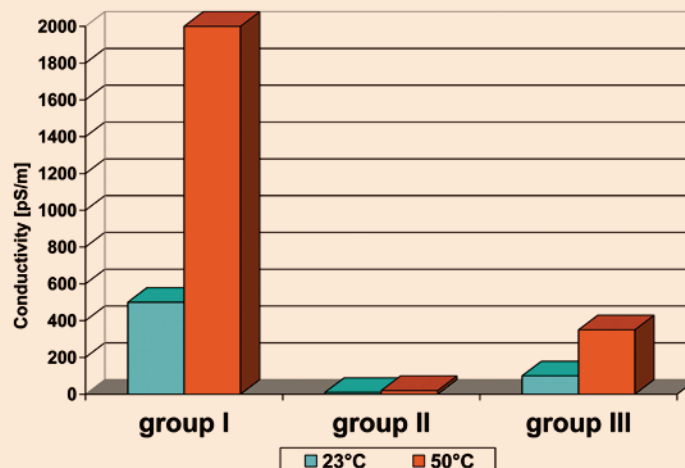
naisuudet öljyntuottajat lisäävät lisäainepaketteja perusöljyyn.

Perinteiset ryhmän I perusöljyt sisältävät myrkyllisiä aromeja. Lisäksi lisäainepaketit sisältävät sinkkiä, joka on raskasmetalli ja jonka palamistuotteena muodostuu tuhkaa. Sen vuoksi öljyt eivät enää täytä kaikkia kansainvälisiä ympäristövaatimuksia ja standardeja.

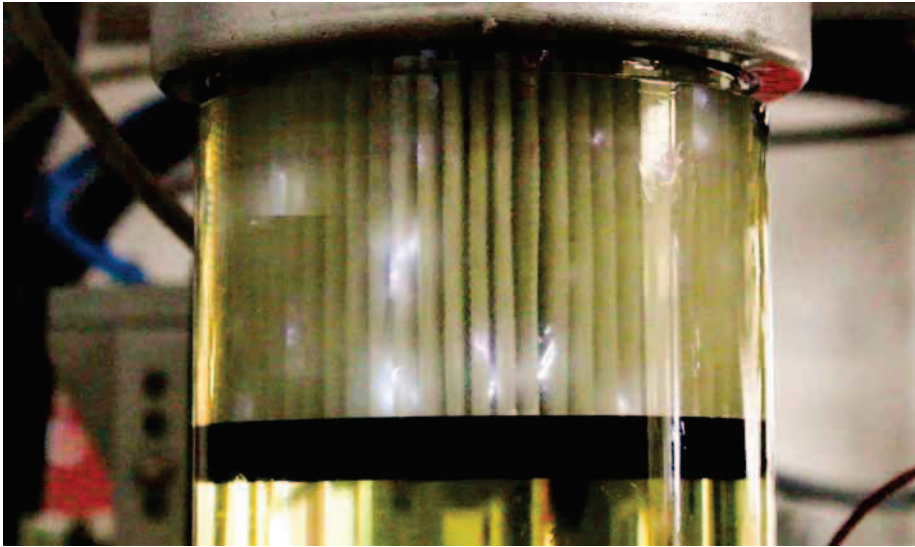
Uudet ryhmien II–IV hydrauliikka- ja voiteluöljyt valmistetaan soveltuvin lisäainepaketein, jotka eivät sisällä myrkyjä, karsinogeeniä tai raskasmetalleja, eivätkä muodosta palaessaan jätettä. Koska kyseiset öljyt eivät sisällä metalleja, niiden sähkö-

johtavuus on alhainen. Tämä nähdään **KUVA 1**. Kun hydrauliikkajärjestelmässä kyseinen öljy virtaa perinteisellä tekniikalla tehdyn suodattimen läpi, syntyy sähköstaattinen varaus. Sähköstaattinen varaus järjestelmässä (**KUVA 2**) aiheuttaa kipinöintiä, josta voi seurata jopa räjähdys säiliössä tai vahinkoja hydraulikomponenteille, kuten venttiileille ja suodattimille. Lisäksi sähköstaattinen purkaus voi vaurioittaa elektroniikkakomponentteja ja kiihdyttää öljyn vanhenemistuotteiden muodostumista.

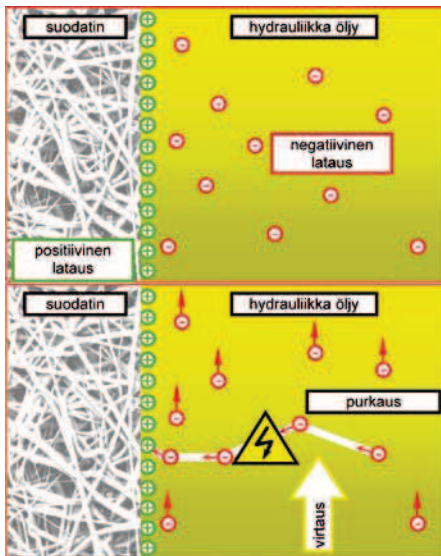
Sähköstaattisen varauksen syntymistä voidaan merkittävästi vähentää erikoismateriaaleista valmistetuilla suodatinpatruu-



KUVA 1. Esimerkki eri öljyryhmien sähköjohtavuudesta.



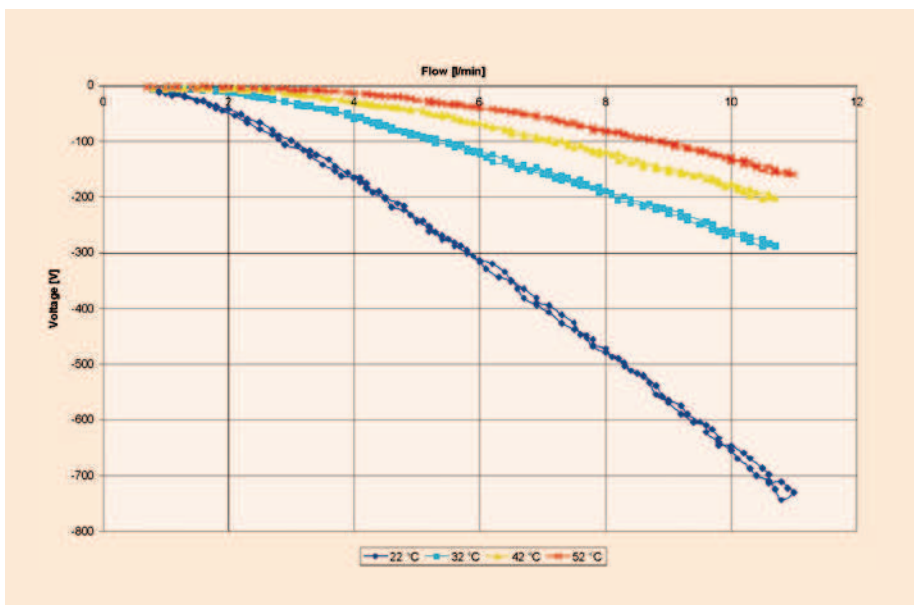
KUVA 2. Sähköstaattinen purkaus suodatinpatruunassa.



KUVA 3. Latauksen syntyminen ja elektrostaattinen purkaus.

noilla, joilla voidaan varmistaa hydraulij- ja voitelujärjestelmien turvallinen, luotettava ja taloudellinen käyttö nyt ja tulevaisuudessa.

Ikääntyessään uudet sinkkivapaat ja tuh-kattomat öljyt muodostavat erittäin pieniko-koisia ($< 1 \mu\text{m}$) kiintohiukkasia, jotka eivät liukene öljyyn. Tätä ilmiötä kutsutaan lak-kautumiseksi. Nämä pienet hiukkaset sak-kautuvat komponenttien öljyisille pinnoille haitaten komponenttien toimintaa, aiheut-taen muun muassa venttiilien jumiutumista ja venttiilikelojen ylikuumentumista, ja lyhentävät radikaalisti suodatinpatruunoi-den vaihtoväliä. Erikoissuodatusmateriaa-lilla varustetut suodatusjärjestelmät vähen-tävät öljyn vanhenemistuotteita suuren pin-ta-alansa ja hapetustuotteiden neutralisoin-tikykyänsä ansiosta.



KUVA 4. Jännite öljyssä eri lämpötiloissa.

Sähköstaattinen purkaus

VARAUKSEN SYNTYMINEN

Kun kaksi materiaalia (esim. suodatinma-teriaali ja öljy), joilla on erilainen taipumus luovuttaa ja vastaanottaa elektroneja, tuo-daan yhteen, siirtyvät elektronit materiaa-lista, jolla on taipumus luovuttaa elektrone-ja, niitä vastaanottavan materiaalin puolel-le. Nesteessä ionit toimivat varauksen kul-jettajina. Nesteen rajapintaan muodostuu varaus, joka on suodatinmateriaaliin näh-den vastakkainen. Tämä varaus heikkenee etäisyyden kasvaessa suodatinmateriaaliin.

Nesteen virratessa varaus kulkeutuu nes-teen mukana pois päin suodattimesta ja luo potentiaalieron eli jännitteen. Mitä nopeam-min neste virtaa, sitä suurempi potentiaaliero syntyy. Jännitteen saavuttaessa tietyn rajan, tapahtuu äkillinen jännitteen purkautuminen, mikä yleensä aikaansaa kipinä (KUVAT 2 ja 3). Tämä tapahtuu etenkin silloin, kun nes-teen sähköjohtavuus on matala. Koska uu-det hydraulikka- ja voiteluöljyt eivät enää sisällä metallisia lisäaineita, riski on erittäin suuri. Sähköjohtavuuden ollessa hyvä, va-raus poistuu nesteestä. [1]

Sähköstaattisen varauksen syntymiseen vaikuttavat useat eri tekijät; lämpötila, vis-kositeetti, nesteen virtausnopeus ja nesteen puhtaustaso. (KUVA 4). [2]

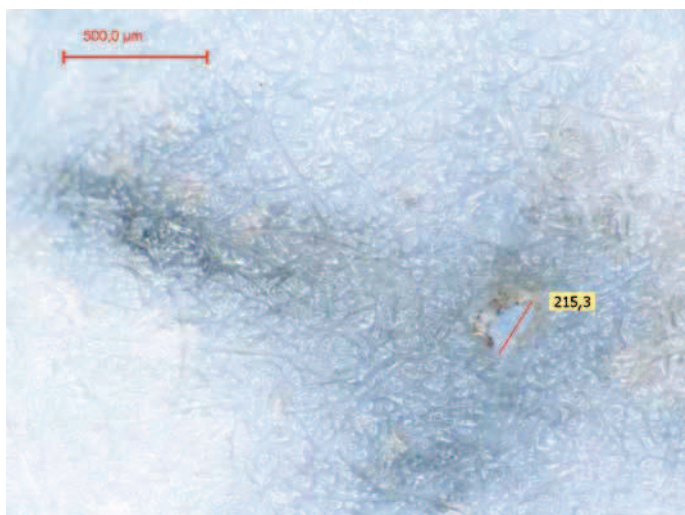
SEURAUS

Sähköstaattisen varauksen muodostumisen ja sen purkautumisen seuraukset voivat ol-la vakavat. Esimerkiksi varauksen kulkeu-tuessa eteenpäin öljyn mukana, hallitsemat-on purkaus voi tapahtua säiliössä. Säiliös-sä olevassa öljy-ilma seoksessa voi tapahtua jopa vaarallinen räjähdys. Kipinäointi polt-taa suodatinmateriaaliin reikiä. KUVASSA 5 näkyy 200 μm :n reikä 3 μm :n suodatinma-teriaalissa, jolloin tarvittavaa öljyn puhta-utta ei enää saavuteta.

Myös muut järjestelmän komponentit, kuten jäähdyttimet ja venttiilit voivat vaurioitua hallitsemattoman purkauksen seu-rauksena.

Sähköstaattinen purkaus aiheuttaa säh-kömagneettisen aallon, joka häiritsee ja voi vaurioittaa järjestelmän herkkiä antureita ja sähköisiä komponentteja. Hydraulikompo-nenttien lisäksi myös itse öljy voi vaurioitua sähköstaattisten purkauksien vaikutuksesta.

Kipinäointi katkoo öljyn molekyyli raken-teen ja saa aikaan vapaita radikaaleja. Vap-paat radikaalit polymeroituvat pitkiin ketjuihin, ja tämä johtaa lakkautumiseen. Vapaat radikaalit nopeuttavat öljyn vanhenemista. >>>



KUVA 5. Suodatinmateriaalin palaneita reikiä.



KUVA 6. Erikoistestipenkki.

RATKAISU

TÜV-sertifioidulla erikoistestipenkillä (katso KUVA 6) on analysoitu hydraulikkasuodattimien sähköstaattista käyttäytymistä kriittisillä öljyillä.

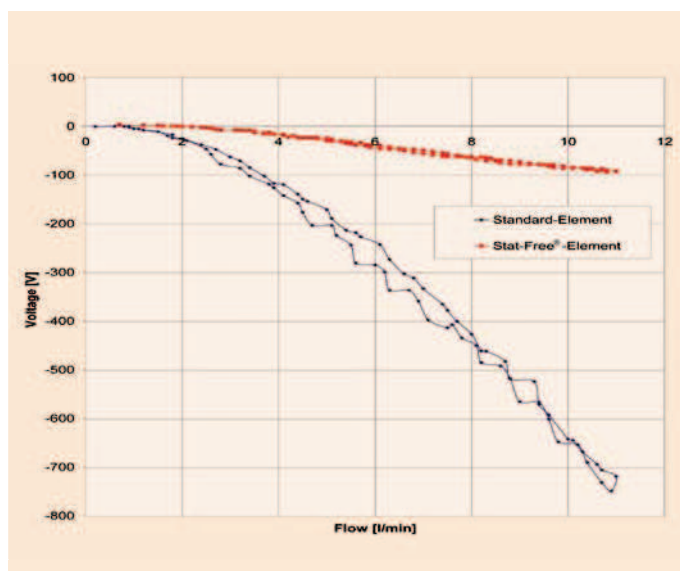
Tämä on johtanut Stat-Free-suodatinteknologian kehitykseen, jonka avulla sähköstaattisen purkauksen ongelma pystytään poistamaan. Nämä suodatinpatruunat eivät ole suunniteltu ainoastaan sähköä johtaviksi, vaan ennen kaikkea ne minimoivat varauksen muodostumisen suodatimeen ja öljyyn (KUVA 7).

Pelkkä sähköä johtava rakenne suodatinpatruunassa ilman kehittyneempää tekniikkaa vähentää kipinöintiä suodatinpatruunassa, mutta ei estä öljyn varaamista. Suodatinpatruunaan syntynyt varaus voi poistua, mutta öljyyn jää suodattimen jälkeen jopa suurempi varaus, koska suodatinpatruunassa ei tapahdu kipinöintiä, joka purkaisi öljyn varauksen. Korkeasti varautunut öljy kulkeutuu järjestelmässä eteenpäin.

Järjestelmän muissa osissa tapahtuvat hallitsemattomat purkaukset voivat johtaa vakaviin vahinkoihin (esim. räjähdykseen säiliössä). Tekniikalla eliminoidaan sähköstaattisen purkauksen seuraukset ja myös itse ongelman syy.

Suodattimen käyttäytymisen selvittämiseksi on kehitetty erityinen sensori, jolla voidaan mitata suodattimen jälkeinen jännite (KUVA 8). Sensorin avulla voidaan suorittaa kenttämittauksia sähköstaattisesta varautumisesta.

Hydrauliikkasäiliön ilmatilassa tapahtuvia räjähdyksiä on todennettu myös käytännössä mm. palaneina huohotinsuodattimina (KUVA 9). Tässä tapauksessa käytetyt toisen valmistajan suodattimet eivät olleet optimoitu sähköstaattista varautumista silmälläpitäen. Niistä mitattiin yli 17 000 V:n jännitepiikkejä ja havaittiin vaarallista purkauksen kipinöintiä säiliössä. Kun kohteessa siirryttiin käyttämään kehittyneempiä suodatinpatruunoita, purkauksia ei enää havaittu



KUVA 7. Vertailumittaus, vakiosuodatinpatruuna verrattuna kehittyneempään suodatinpatruunaan.



KUVA 8. StatStick yhdessä mittarin kanssa.

ja jännite suodattimen jälkeen oli vain 2–3 volttia (KUVA 10).

Lakkautuminen eli vanhenemistuotteiden muodostuminen

SYY

Lakkautuminen on öljyssä tapahtuvan kemiallisen reaktion tulos. Öljyn vanhenemiseksi kutsutut kemialliset reaktiot kiihtyvät merkittävästi paikallisten kuumapisteiden esiintyessä (>300 °C). Sähköstaattiset purkaukset ovat usein paikallisten korkeiden lämpötilojen syy. Muita kuumapisteiden aiheuttajia ovat dielelekti ja kuumat komponentit (KUVA 11).

Näissä tapauksissa öljyn vanhenemisen mekanismi on aina sama. Korkean paikallisen lämpötilan vaikutuksesta perusöljyn

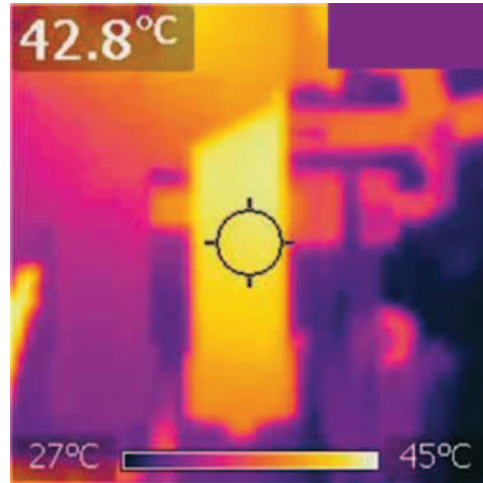
sisältämät vetyketjut katkeavat kokonaan tai osittain. Radikaalirakenne muodostuu nopeasti ja reagoi edelleen. Radikaali hiilivetyketjun osa reagoi muiden hiilivetyjen, lisäaineiden tai hapen kanssa. Reaktion päätteeksi syntyy pitkiä ketjuja, joita kutsutaan lakkautumiseksi ja jonka seurauksena hydraulikka- ja voitelujärjestelmissä öljyyn syntyy lakkamaisia epäpuhtauksia.

Uusien ryhmien II–IV öljyt sisältävät useita lisäaineita, jotka parantavat perusöljyn ominaisuuksia, kuten viskositeetti-indeksiä, korroosionsuojaa, vaahdotumistaipumusta, tartuntaominaisuuksia ja öljyn vanhenemisen kestävyttä (antioksidantit).

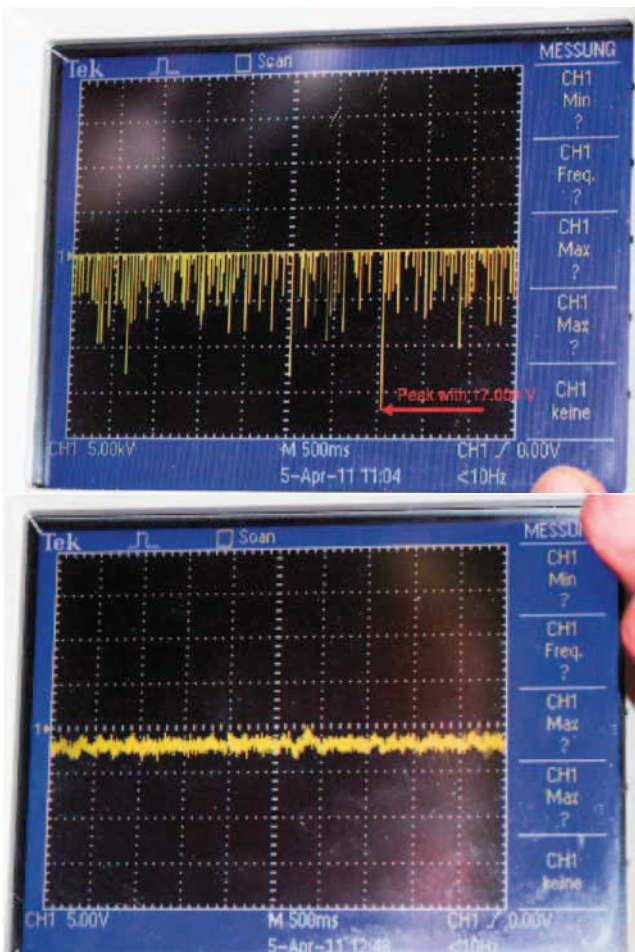
Öljyn vanhenemisen estäminen tapahtuu pääasiallisesti li-



KUVA 9. Palanut huohotinsuodatin.



KUVA 11. Lämpökamerakuva paikallisesta ylikuumentumisesta hydraulijärjestelmässä.



KUVA 10. Jännitteen mittausta käyttäen StatStick:iä. Yllä vakiosuodatinpatruuna, jännitepiikit jopa 17 kV (skaalaus 5 kV); alla uudempi suodatinpatruuna, jännitepiikit 2–3 V (skaalaus 5 V).

säainepaketissa olevien fenolien ja amiinien vaikutuksesta. Nämä kaksi ainetta toimivat ikään kuin radikaalien syöjinä ja keskeyttävät kemiallisen reaktion, jonka tuloksena on lakkautuminen.

Toimiessaan radikaalien syöjinä nämä lisäaineet kuluvat loppuun. Kun lisäaineet ovat loppuun, öljy vanhenee no-

peasti. Öljyssä olevien amiinien ja fenolien määrä kertoo öljyn ”kemiallisen iän”, jota ei voida perinteisillä mittausten menetelmillä havaita. Uudet mittausmenetelmät ovat tehokkaita menetelmiä kemiallisen iän määrittämisessä.

SEURAUUS

Myös lakkautumisen aiheuttavan öljyn nopean vanhenemisen

seuraukset vaihtelevat. Lakka kiinnittyy hydraulijärjestelmän komponentteihin, esimerkiksi säiliöön tai hydrauliventtiileihin. Venttiilien jumiutuessa järjestelmän toiminta voi häiriintyä nopeasti. Lisäksi lakka on liukenematon pehmeä aines, mikä tukkii suodatinpatruunan nopeasti. Antioksidanttitaso ollessa alle 60–80 %, koko öljymäärä tulee vaihtaa.

RATKAISU

Mikäli akuutti lakkautumisongelma havaitaan hydraulijärjestelmässä, esimerkiksi suodattimet tukkeutuvat tai venttiilit jumiutuvat; ratkaisuna on käyttää erikoissuodattimia. Niiden toimintaperiaatteena on kemiallinen prosessi mekaanisen suodatuksen asemesta. Öljyn virratessa erikoishartsin läpi öljyn vanhenemistuotteet imeytyvät hartsiin ja poistuvat öljystä.

Tämä ei kuitenkaan poista ongelman syytä eli öljyn vanhenemistuotteiden muodostumista. Kehittyneempiä suodatinpatruunoita voidaan käyttää estämään öljyn nopeaa vanhenemistä. Sähköstaattisesti optimoidut suodatinpatruunat estävät varauksen muodostumisen öljyyn ja siten purkaukset öljyissä ja öljyn vanhenemistuotteiden muodostumisen. Järjestelmästä riippuen öljyn lämpötilan pitäminen alhaisena voi myös merkittävästi hidastaa öljyn vanhenemisprosessia.

Säännöllinen öljyn kunnonvalvonta tarjoaa mahdollisuu-

den saada tarkkaa tietoa öljyn tilasta. Saatavilla on luotettavia menetelmiä määrittää öljyn vanheneminen. Testissä verrataan uuden öljyn ja käytetyn öljyn antioksidanttitasoja ja määritetään öljyn jäljellä oleva käyttöikä.

Yhteenveto

Käytettäessä moderneja sinkki-vapaita ja tuhkatonta hydraulija voiteluöljyjä, joilla on matala sähköjohtavuus, järjestelmässä voi tapahtua sähköstaattinen ilmiö. Tämä ilmiö kiihdyttää öljyn vanhenemistuotteiden muodostumista sekä muita vakavia seurauksia, kuten sähköpurkauksien aiheuttamia räjähdyksiä säiliössä, lakan muodostusta öljyyn ja komponenttivaurioita.

Kehittyneempiä suodatinpatruunoita käytettäessä estetään sähköstaattiset purkaukset sekä öljyn lataantuminen ja varmistetaan järjestelmän turvallinen käyttö. Kun öljyn vanhenemistuotteiden muodostuminen etenee, kallis öljynvaihto voidaan välttää käyttämällä kemiallisia suodatusjärjestelmiä. Säännöllinen öljynäytteiden analysointia suositellaan tärkeisiin kohteisiin. ■

»LÄHTEET

- > [1] Lüttgens, Günter / Boschung, Pierre: Electrostatic Charging – Causes and Elimination, Grafenau 1980, Pages 17–76.
- > [2] Lüttgens, Günter: Static Electricity. Renningen 2000, Pages 59–65.