

# Voimalaitospaipun sisäpuolen kunto selville 360-kameralla

Tältä näyttää eräs voimalaitoksen piippu sisältä. Ylös on matkaa noin 100 metriä.

Teksti: Taneli Miettinen, TEKE Oy, taneli.miettinen@teke.fi  
Kuvat: CI-projekti

Suomessa kehitetty teknologia näyttää 360 asteen monikameravideokuvalla voimalaitospaipun pinnan aukottomasti alhaalta ylös.

Savupiippu on sähkö- ja lämpövoimalaitoksen tärkeä osa, jonka kuntoa on hyvä seurata säännöllisin väliajoin. Mutta, miten tarkastaa vaikkapa 150 metriä korkea ja 15 metriä leveä ympyrälieriöpinta aukottomasti ylhäältä alas kohtuukustannuksilla?

Asiaa kysyi eräs voimalaitosasiakas pinoituksiin erikoistuneen TEKE Oy:n toimitusjohtaja Esa Moilaselta. Aiemmin yritys oli tehnyt vastaavia tarkastusprojekteja kalliisti ja työläästi, helikopterilla piippuun lasketun hissijärjestelmän ja mieskehikon avulla.

Savupiippu on sähkö- ja lämpövoimalaitoksen tärkeä osa, jonka kuntoa on hyvä seurata säännöllisin väliajoin.

## Myös piipun ulkopuolen tarkastusta

Piipun ulkopuolisen betonirakenteen kuntotutkimuksilla voimalaitos saa kokonaisvaltaisen kuvan piipun tulevaisuuden korroosioriskistä ja kunnostustarpeesta.

– Betonisen ulkorakenteen tarkastus suoritetaan betonin poralieriönäytteistä, jotka analysoidaan eri tavoin. Analyysit ovat raudoituksen korroosioon vaikuttava karbonoitumissyvyys sekä peitekerroksen paksuus, näytteen vetolujuus, ohuthie-, sulfaatti- ja kloridipitoisuusanalyysit. Ne antavat hyvän käsityksen miljoonien arvoisen piipun tulevaisuudesta, Esa Moilanen kertoo.

Samat lainalaisuudet pätevät muihinkin betonirakenteisiin kuin voimalaitospippiihin. Näitä tekijöitä tarkastellaan lähemmin eri asiantuntijoiden toimesta Promaint -lehden seuraavassa numerossa.



Kysymyksen Moilanen siirsi ex-Nokian tietokone- ja automaatioasiantuntija Timo Olavi Jalkaselle.

Jalkanen kehitti tarkastuskuvauksen tekemään CI-RoboCam-kuvausrobotin ja tulosten katselua varten Chimney Inspector -tietokoneohjelman, jonka avulla "piipussa voi kulkea vapaasti" yksityiskohtia katsellen.

Uusi konsepti syntyi melkein pohjalaisella asenteella sekä hyvällä yhteistyöllä. Kentällä paljon liikkuva Moilanen kuvasi piipun tarkastuksen tarpeet ja ongelmat Jalkaselle yksityiskohtaisesti.

– Esan "puhekone" on aina hyvä tietolähde. Sitten tuotekehityshomma jää minulle, Jalkanen naurahtaa.

– Ennen ensimmäistä pilot-projektia teitasin tamperelaisen Juho Toivosen kanssa kuvausrobotin toimivuutta jopa kerrostalossa, hän jatkaa.

## Robotiikka avuksi

CI-RoboCam kuvausrobotti on uusi tarkastusjärjestelmä. Se kulkee piipun sisällä alhaalta ylös ja kuvaa kahdeksalla videokameralla

Kuvassa Timo-Olavi Jalkanen (oik.) ja Esa Moilanen.

## SÄHKÖLEHTO®

### VUCAM - monipuolinen liikkuvan tarkastajan videoskooppi

- Tarkasta, kuvaa, tallenna ja analysoi - kaikki yhdellä laitteella
- Nelisuuntainen kamerapään kääntö ja voimakas LED-valolähde
- Kosketusnäyttö ja kevyt alumiini-hiilikuiturakenne
- VUCAM AM Ø 4 mm työskentelypituudet 1,1, 2,2 ja 3,3 m
- VUCAM XO Ø 6 mm työskentelypituudet 2,2, 3,3 ja 6,6 m

viZaar  
Industrial Imaging AG



www.sahkolehto.fi

aukottoman 360 asteen videon sen sisäpinnasta.

Jalkanen ja Moilanen eivät paljasta yksityiskohtia kuvausrobotista.

– Laite on monen teknologian yhdistelmä, Jalkanen kuittaa yksityiskohtien kyselyt.

Videot prosessoidaan erikoisohjelmalla, jolloin saadaan nostettua erottelukykyä. Jotkin piipuista ovat noen vuoksi hyvin tummia. Tällöin yksityiskohtien erottaminen vaatii prosessoinnin.

Asiakkaalle tarkastusprojekti toimitetaan sekä paperiraporttina, että sähköisenä erillisen ohjelmiston kera. Sen avulla näytöllä ”kuljetaan piipun läpi”, pysähdytään ja tarkastellaan lähikuvissa yksityiskohtia. Senhetkinen korkeus näkyy. Korkeuteen voidaan siirtyä kirjoittamalla korkeus tai klikkaamalla piipunkuvaa hiirellä.

Piipun kunnan arviointi voidaan tehdä kierrättämällä tarkastusprojektin muistitikkua kuntoarvioijilla (tai kopioimalla kansio tikulta heidän koneisiinsa). He tutkivat piipun läpikotaisin CI-ohjelmalla ja kirjaavat havaintonsa.

Koko projekti on yhdessä ainoassa kansiossa, jossa ChimneyL.exe on ainoa ohjelmistodosto. Ohjelma toimii itsenäisesti Windows-koneissa ilman asennusta muistitikulta käynnistettynä. PC-tukihenkilöä ei tarvita ohjelman käyttämiseksi.

Ohjelma ei tee mitään asetuksia tai muutoksia tietokoneen tiedostoihin eikä rekistereihin. Se häviää koneesta irrottamalla tikun tai poistamalla kansion levyltä.

### Miksi voimalaitospiippuja tarkastetaan?

Voimalaitokset tarkastavat piippujaan seisokeissa.

– Asiakkaat haluavat tietää piipun kunnan tulevaisuuden ratkaisujen pohjaksi tai vaikka takuuajan lopun lähestyessä. Ennen huolto-toimenpiteitä tehdyt CI-kuvaukset paljastavat useimmat ”yllätykset” jotka viime hetkellä havaittuna tulisivat kalliiksi ja ongelmallisiksi, Moilanen kuvailee syitä.

Jalkanen huomauttaa, että myös tuotekehitys hyötyy tarkastuksesta.

– Näkemäni projektit paljastavat muun muassa virtaukset, kertymät ja syöpymisalueet. CI-tarkastusta tullaan jatkossa varmasti hyödyntämään enemmän myös kehityspuolella. Uudet piiput kannattaa mielestäni CI-kuvauksella dokumentoida tulevaisuutta varten, Jalkanen pohtii.

CI-kuvausrobotti on kulkenut tähän mennessä 11 piipun läpi osoittaen toimivuutensa.

– Toki järjestelmän kehitys jatkuu. Pidämme Esan kanssa vielä paljon vauhdikkaita kehityspalavereita eri yhteyksissä, Jalkanen naurahtaa.

## Tarkastus-case: Jyväskylän Energia

**JYVÄSKYLÄN ENERGIA** halusi tietää Jyväskylän kaupungin omistaman Rauhalahden voimalaitoksen piipun sisäpuolen kunnan vuonna 2012. Siitä tuli ensimmäinen kehitys- ja pilottikohde Chimney Inspector konseptille.

– Menetelmä oli kustannuksiltaan järkevä ja dokumentoitu vaikkapa helikopteri- tai kattilakelkkatarkastukseen verrattuna. CI-piippudokumentoinnin pohjalta oli helppo alkaa suunnittelemaan jatkotoimenpiteitä useiden ihmisten pystyessä arvioimaan tilannetta CI-kuvauksen pohjalta, kunnossapitomestari **Aleksi Vuoremaa** perustelee menetelmää.

Rauhalahden voimalaitokselle tehtiin merkittävä muutosinvestointi IED päästödirektiivin mukaisesti. Laitoksen uusittiin kattilan peräpäätä, sähkösuodatin ja savupiippu sekä lisättiin savukaasupesuri. Savukaasupesuri laskee savukaasujen lämpötilan piipussa alle sataan asteeseen. Päästöt rikin ja hiukkasten osalta putoavat murto-osaan entisistä. Vanha piippu jätettiin apuhöyrykattilan käyttöön lyhentämällä sitä kolmanneksella.

Myöhemmin haluttiin tarkastaa myös Keljonlahden voimalaitoksen piippu.

– Keljonlahden piipun ongelma oli, että pinnoite joka oli piipussa jo uutena, ei kestänyt. Piippuun syntyi pistekorrosiota ja syöpymiä jotka CI-kuvauksessa näkyivät. Jyväskylän Voima Oy päätyi testaamaan eri teräsvaihtoehtoja kahdessa erillisessä testissä. Materiaalitestipaloja sijoitettiin eripuolille vaakakanavaa ja piippua.

Testissä esimerkiksi haponkestävä 316L perusteräs syöpyi savukaasuvirroissa merkittävästi. Uusi piippu valmistettiin sopivimmasta testatusta materiaalista itse voimalaitosprosessin säilyessä samana.

Vuoremaa kertoo, että savukaasujen lämpötilat Jyväskylän Energian laitoksissa ovat melko alhaalla – lähellä happokastepistettä – jotta saataisiin kaikki mahdollinen energia talteen prosessista.

Kysymyksen tuleeko ristiriitaa siitä, että korroosion kustannuksella ajetaan savukaasujen lämpötiloja alas, Vuoremaa vastaa pohtien.

– Periaatteessa on ristiriitaa, mutta silloin ei ymmärretä, mitä se kunnossapidollisesti peräpäässä merkitsee – korrosio kasvaa ja siitä saattaa seurata suurempia operaatioita. Vaatimukset savukaasuvirtauksen vaikutuksen alaisena olevista materiaaleista nousevat erittäin paljon jos mennään lämpötilassa happokastepisteeseen alle.

– Savukaasupesurin avulla saadaan suurin osa savukaasun korrosoivista aineosista poistettua ja näin laskettua sen loppulämpötilaa alhaisemmaksi ilman suurempaa korroosioriskiä, sanoo Vuoremaa peräänkuuluttaen lisää ymmärrystä korroosiosta voimalaitoksissa.

Kuvassa kunnossapitomestari Aleksi Vuoremaa.



## Tarkastus-case: Naantalin voimalaitos

### TURUN SEUDUN ENERGIATUOTANNON

(TSE Oy) osakkaat ovat Fortum ja Turku Energia sekä Naantalin, Raision ja Kaarinan kaupungit. Naantalin voimalaitos on ollut alkujaan lauhdelaitos joka 80-luvulla muutettiin vastapainetuotantoon. Se tuottaa pääosan Turun seudun kaukolämmöstä sekä höyrykaukolämpöä lähialueen teollisuudelle kivihiili pääpolttoaineenaan. Rakenteilla oleva monipolttoainevoimalaitos tulee jatkossa korvaamaan pääosan vanhojen yksiköiden kapasiteetista.

CI-kuvauksella tarkastetut kaksi piippua on otettu käyttöön vuonna 1992, samanaikaisesti märkämenetelmään perustuvan rikinpoiston kanssa. **Matti Akkanen** Fortumin kunnossapidosta oli tilaajan puolelta mukana vuosihuollossa tehdyssä kuntokartoituksessa. Hän koki CI-tarkastuksen vaivattomaksi tarkastusmenetelmäksi.

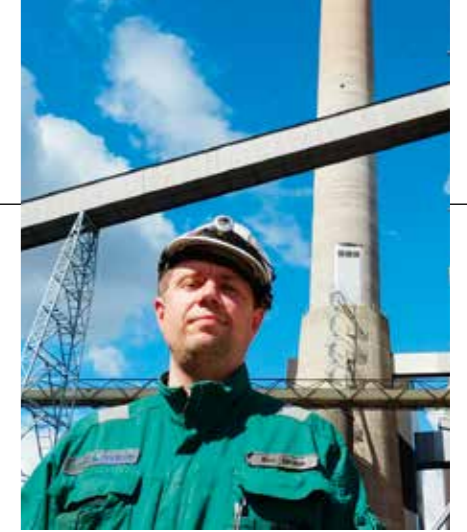
– Piipulle ei ole aiemmin tehty perusteellista kuntokartoitusta. Nyt tällä tarkastuksella haluttiin saada kattava käsitys sen kunnosta. Noin 134 metriä korkean betonikuoren

alla on kahden voimalaitosyksikön halkaisijaltaan 3,25 m olevat teräspiiput, materiaalina AISI 316L. CI-kuvaus, josta tietokoneen ruudulla näkyy aukottomasti koko piipun sisäpinta alhaalta ylös, osoitti piippujen pysyneen erittäin hyvässä kunnossa. Pistesyöpymiä ei esiintynyt kummassakaan sisäpiipussa ja valumat olivat luonnollisia.

– Piippujen hyvästä kunnosta päätellen olemme onnistuneet ajamaan hyvin kaste-pisteen yläpuolella. Vain lyhyissä poikkeustilanteissa joudumme roikkumaan savukaasun lämpöjen osalta alahälytysrajoilla. Lämpötilatasosta on pyritty pitämään huolta korrosio-ongelmat tiedostaen, Akkanen toteaa.

Savukaasun lämpötila ennen rikinpoistolaitoksen pyörivää lämmönvaihdinta on suurimman osan ajokautta 125–140 asteen välillä, piipulle mentäessä lämpötila on 75–80 astetta. Hälytysraja savukaasun alhaiselle lämmölle on 55 asteessa.

Naantalin piipun ulkopuolisen betonikuoren kuntoa tutkittiin myös ottamalla siitä useasta kohtaa poralieriönäytteet. Niistä mitattiin

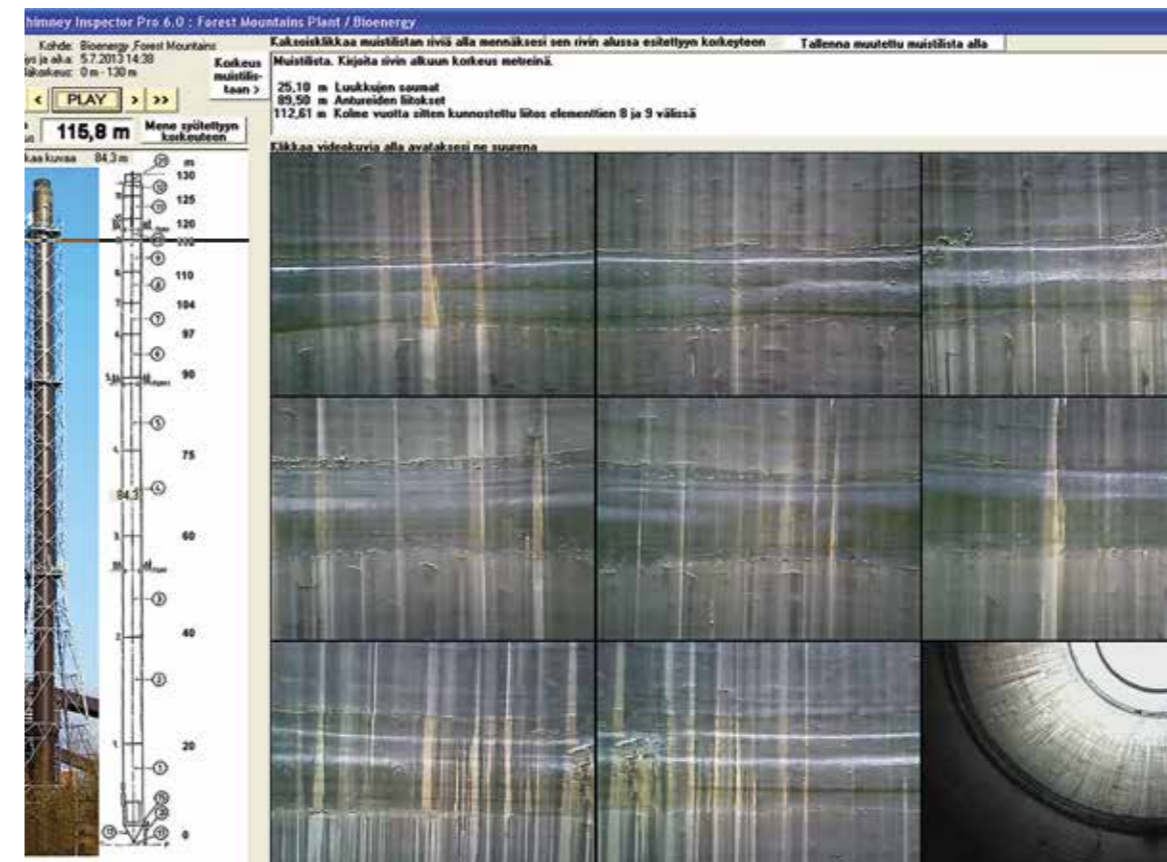


Matti Akkanen Fortumin kunnossapidosta oli mukana vuosihuollossa tehdyssä kuntokartoituksessa.

karbonoitumissyvyys, joka kertoo betonin neutraloitumisen, jolloin se menettää alla olevaa raudoitusta suojaavan alkalisuutensa. Betonipeitteen paksuutta raudoituksen päällä mitattiin myös useasta kohtaa piippua.

Näytteille tehtiin myös mikroskooppinen ohuthieanalyysi, vetolujuusanalyysi, ja pinnan sulfaatti- ja kloridipitoisuusanalyysit.

Kuntotutkimuksen perusteella piipun betonikuoreessa ei ole lähivuotena kohonnutta betoniraudoituksen korroosioriskiä. Pinta-betonin pakkasenkestävyys todettiin myös asianmukaiseksi. Naantalin voimalaitoksen piiput ovat seisokissa vain noin viikon vuodessa.



Chimney Inspector ohjelmisto: asiakas kulkee voimalaitospiipussa tietokoneen näytöllä