

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIikka

Online-öljyanalyysilaitteiston suunnittelu

Toni Kuivala

Kone- ja tuotantotekniikan opinnäytetyö
Konetekniikka

KEMI 2011

ALKUSANAT

Tämä insinööri työ on tehty Kemi-Tornion AMK, Tekniikan TKI-yksikölle. Kiitän mielenkiintoista ja haastavasta aiheesta, sekä työn aikana saamastani ohjauksesta ja hyvästä yhteistyöstä ohjaajina toimineita Aslak Siimestä ja Ville Rauhala.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Toni Kuivala
Opinnäytetyön nimi	Online-öljyanalyysi laitteiston suunnittelu
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	6.12.2011
Sivumäärä	36 + 1 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	ins. (AMK) Ville Rauhala
Yritys	Kemi-Tornion AMK, Tekniikan TKI-yksikkö
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Projektipäällikkö Aslak Siimes

Tämä opinnäytetyö on tehty Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun Tekniikan TKI-yksikölle. Opinnäytetyön lähtökohtana oli Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan TKI-yksikön kunnossapito- ja konenäköryhmän toteuttama projekti, Oil Analysis. Projektissa yhteistyönä kehitettiin konenäköön perustuva menetelmä teollisuuden voiteluöljyjen jatkuvatoimiseen (online) analytiikkaan.

Yleisesti öljyanalyyseiden avulla voidaan tehdä johtopäätöksiä öljynvaihdon ajankohdasta, laitteiden kunnosta ja kestoikästä. Analysoinnit tehdään tällä hetkellä pääasiassa jaksoittain otetuilla laboratorionäytteillä ja hiukkanalyysilaitteilla. Näytteenottojaksojen välillä varsinaista valvontaa tapahtuu vähän tai ei ollenkaan.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella online-öljyanalyysilaitteisto laboratorioon testikäyttöön. Toteutettavan öljyanalyysilaitteiston avulla on tavoitteena tutkia öljyssä olevia epäpuhtauksia. Tunnistamalla voiteluöljyn epäpuhtaudet voidaan ennakoita muun muassa seisokkeja, öljynvaihdon ajankohtia, laitteiden kuntoa sekä kestoikää. Työ rajattiin laboratoriolaitteiston suunnitteluun ja työpiirustusten laatimiseen.

Asiasanat: konenäkö, öljyanalyysi, kunnossapito

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Name	Toni Kuivala
Title	Designing Online Oil Analysis System
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	12 November 2011
Pages	36+ 1 appendices
Instructor	Ville Rauhala, BEng
Company	Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology RDI
Supervisor from Company	Aslak Siimes, BEng

This thesis was commissioned by the RDI-unit of Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology and is based on the Oil Analysis project of the maintenance the maintenance and machine vision group's. The aim of project was to develop a method for machine vision based continuous online industrial oil analysis.

Oil analysis can be used to determine oil change intervals, machine conditions and service life. Currently the analysis is based on the laboratory samples and particle analyzers. Control between the sample periods is rare.

The aim of the thesis was to develop online oil analysis equipment for laboratory environment and which could be used in industrial environment after further development. Equipment should be able to recognize oil impurities and use this data to predict oil change intervals, machine conditions and service life. As a result of the thesis laboratory equipment was not achieved but design and drawings for the system were produced.

Keywords: machine vision, oil analysis, maintenance.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO.....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	V
1. JOHDANTO	1
1.1. Aiheen valinta ja työn lähtökohta.....	1
1.2. Tutkimuksen tavoitteet ja työn rajaus	1
1.3. Tutkimusmenetelmät ja työn vaiheet	1
1.4. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun TKI-toiminta.....	2
2. TRIBOLOGIA	3
2.1. Öljyn kunnonvalvonta ja sen tavoitteet	4
2.2. Voiteluöljyn ominaisuudet	5
2.3. Kulumismekanismit.....	6
2.4. Voitelun tehtävät	7
2.5. Voiteluaineet	7
2.5.1. Mineraaliöljyt.....	8
2.5.2. Kasviöljyt	8
2.5.3. Synteettiset öljyt.....	9
3. KONENÄKÖ	10
3.1. Kuvanmuodostus	11
3.1.1. Kamera	12
3.1.2. Optiikka.....	13
4. CASE OTW	14
4.1. Oil Analysis -projekti	14
4.2. SENDZIMIR -VALSSAIN	15
4.3. Voitelu- ja suodatusjärjestelmä	15
4.4. Suodatusjärjestelmän kunnossapitokustannukset.....	17
5. KONENÄKÖ ONLINE-ÖLJYANALYYSISSÄ	18
5.1. Öljyanalysilaitteisto.....	18
5.2. Online-mittauksen vaikutus suodatusjärjestelmän kunnossapitoon ja kustannuksiin.....	19
6. MITTAUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	21
6.1. Materiaalin valinnan perusteet	22
6.2. Kameran valinnan kriteerit ja perustelut	23
6.3. Objektin valinnan perusteet.....	23
6.4. Valonlähteen valinta.....	24
6.5. Kvantamisikkunan suunnitteleminen	24
6.6. Jäähdytyksen suunnittelu.....	25
6.7. Koteloinnin suunnittelu	26
6.8. Kiinnitysten ja säätöjen suunnittelu	26
7. YHTEENVETO	27
8. LIITELUETTELO	30

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

TKI	Tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminta
KTAMK	Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu
KYVA	Kylmävalssaamo
OTW	Outokumpu Tornio Works
OML	Optisen mittauksen laboratorio

1. JOHDANTO

1.1. Aiheen valinta ja työn lähtökohta

Lähtökohtana tälle opinnäytetyölle oli Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan TKI-yksikössä kunnossapito- ja konenäköryhmän toteuttama projekti, Oil Analysis, jossa yhteistyönä kehitettiin konenäköön perustuva menetelmä teollisuuden voiteluöljyjen jatkuvatoimiseen (online) analytiikkaan.

1.2. Tutkimuksen tavoitteet ja työn rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella online-öljyanalyysilaitteisto laboratorioon, joka myöhemmässä vaiheessa tullaan mahdollisesti kehittämään prosessiteollisuuden käyttöön. Järjestelmällä voidaan tutkia öljyssä olevia epäpuhtauksia ja teollisuuteen sovellettuna ennakoida seisokkeja, öljynvaihdon ajankohtia, laitteiden kuntoa sekä kestoikää. Työ on rajattu niin, että siinä tehdään valmiit rakenne- ja laitesuunnitelmat online-öljyanalyysilaitteistosta. Varsinainen laitteiston rakentaminen jää tämän työn ulkopuolelle.

1.3. Tutkimusmenetelmät ja työn vaiheet

Tutkimusmenetelmä jakaantuu kahteen osaan, teoriaosuuteen ja suunnitteluosuuteen. Teoriaosuudessa selvitetään teollisuuden öljyanalyysiä ja konenäköä tutkimuksen aiheen näkökulmasta katsottuna. Suunnitteluosuudessa laaditaan piirustukset laboratoriojärjestelmälle, jolla voidaan tutkia konenäkötekniikkaa hyödyntäen jatkuvatoimisesti öljyn kuntoa.

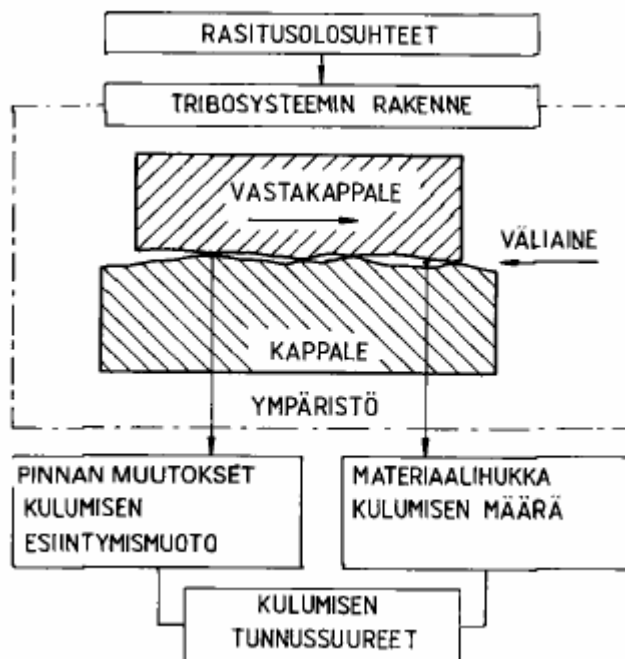
1.4. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun TKI-toiminta

Kemi-Tornion AMK:n TKI-toiminnan tavoitteena on vastata tutkimus- ja kehittämishankkeilla yritysten välittömiin ja pitkän aikavälin kehitystarpeisiin sekä osallistua yritysten olemassa olevien toimintojen kehittämiseen. Keskeisenä tavoitteena on myös tukea uusien yritysten ja liiketoiminnan kehittämistä. Toiminta on liitetty tiiviisti KTAMK:n Tekniikan opetustoimintaan järjestämällä kursseja, projekteja ja opinnäytetöitä sekä työharjoittelupaikkoja opiskelijoille. Tekniikan TKI-toiminnan tutkimusalueisiin kuuluvat:

- kunnossapito
- materiaalin käytettävyys
- optinen mittaustekniikka
- sulautetut järjestelmät
- testaus
- muut teollisuuden hankkeet. /6/

2. TRIBOLOGIA

Tribologia on tieteenala, joka tutkii toisiaan vasten liikkuvien pintojen vuorovaikutuksia. Vuorovaikutuksella ymmärretään niitä fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia ja reaktioita, jotka liittyvät lähinnä kitkan, kulumisen ja voitelun muodostamaan systeemiin. Toisiinsa nähden liikkuvien pintojen tribologisiin ominaisuuksiin vaikuttaa lukematon määrä eri muuttujia. Vuorovaikutuksessa olevien materiaalien ominaisuudet, pintojen mahdollinen väliaine, liukumisnopeus, kuormitustapa ja voitelu ovat esimerkkejä parametreista, jotka vaikuttavat kulumistapahtuman aikana. Käytännön tilanteessa kulumisen voidaan harvoin yksinkertaistaa pelkkien kulumismekanismien perusteella: tällöin kulumista on tarkasteltava järjestelmätasolta eli tribosysteeminä. /7/

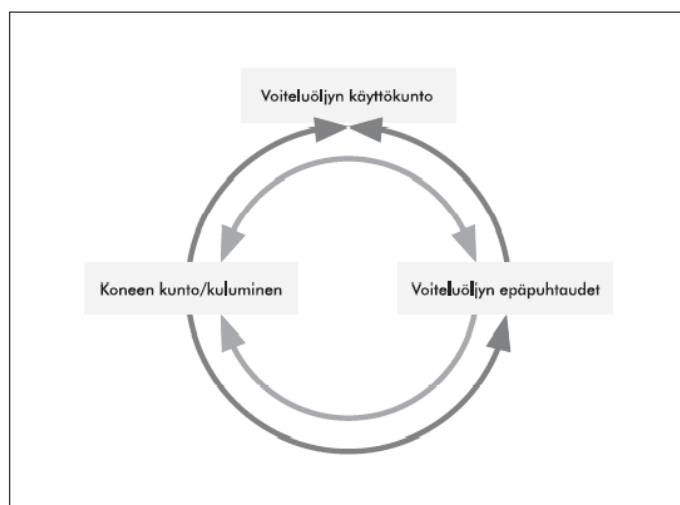


Kuva 1. Tribosysteemiin vaikuttavia suureita /7/

2.1. Öljyn kunnonvalvonta ja sen tavoitteet

Öljyanalyysi on tutkimusmenetelmä, jossa otetaan tietyin väliajoin öljystä näyte manuaalisesti tai seurataan öljyn kuntoa jatkuvatoimisella seurantajärjestelmällä. Manuaalisesti (offline) otettu näyte tutkitaan laboratoriossa, kun taas jatkuvatoiminen (online) seurantajärjestelmä tuottaa dataa tarkoituksenmukaiseen tietojärjestelmään. Useimmiten teollisissa kohteissa öljynkuntoa mitataan offline – analyysillä eli öljystä otetaan manuaalisesti näyte pulloon, joka tutkitaan laboratoriossa.

Öljyn valvonnan perusteella tehtävien ennakoivien toimenpiteiden avulla on mahdollista pidentää laitteen elinkaarta. Ennakoivien toimenpiteiden avulla voidaan ennaltaehkäistä laitevaurioita ja pidentää öljyn käyttöikää. Kuvan 2 kaaviossa on esitelty koneen kuntoon vaikuttavat tekijät. Öljyn kunnonvalvonnan perusteella tehtävien toimenpiteiden avulla pyritään pitämään öljyn voiteluominaisuudet mahdollisimman pitkään hyvinä. Toisaalta öljynäytteissä saattaa ilmetä erilaisia partikkeleita, jotka voivat olla peräisin eri lähteistä. Ne voivat olla merkki viallisista koneenosista tai prosessin tuottamista epäpuhtauksista. Täten öljyanalyysin perusteella on mahdollista paikallistaa vika ja päätellä vian syy. Lisäksi öljyn valvonnan ansiosta voidaan ennakoida huoltotoimenpiteet ja tehdä elinkaaren arviointia niin öljyn kuin koneiden osalta. /8/



Kuva 2. Öljyn kunnonvalvontaan liittyvät keskinäiset riippuvuudet /8/

2.2. Voiteluöljyn ominaisuudet

Yleensä öljystä tutkitaan epäpuhtauksien lisäksi myös öljyn ominaisuuksia parantavia lisäainepitoisuuksia. Lisäaineita, joita öljyyn lisätään ovat mm.:

- esterit
- alkoholit
- hapettumisenestoaineet
- vaahtoamisenestoaineet
- viskositeetti-indeksi
- voitelukykyä parantavat lisäaineet. /7/

Voiteluöljyn ominaisuuksia pyritään parantamaan lisäaineilla mahdollisimman hyvän voiteluominaisuuden saavuttamiseksi. Lisäaineilla öljyyn saadaan ominaisuudet, joita perusöljyllä ei ole. Offline – analyysillä voidaan tutkia myös muita öljyn ominaisuuksia, kuten öljyn kinemaattinen viskositeetti, viskositeetti-indeksi, vesipitoisuus, metallipitoisuus ja happoluvut. /8/

Taulukossa 2 on esitetty öljystä tutkittavien ominaisuudet, joita ovat perusominaisuudet, partikkelianalyysit ja kulumametallin.

A: Perusominaisuuksien analyysit	B: Partikkelianalyysit	C: Kulumametallianalyysit
A.1 Yleisimmät perusanalyysit – ulkonäkö – viskositeetti – kiintoainepitoisuus	B.1 Puhtausluokat	C.1 Alkuainepitoisuudet – koneen osien alkuaineet
A.2 Lisäanalyysit – vesipitoisuus – viskositeetti-indeksi – lisäaineet – hapettuminen – vaahtominen	B.2 Määrä ja kokojakauma – partikkelien kokoluokitus	C.2 Ferrografia – magneettiset hiukkaset
	B.3 Partikkelien laatu ja muoto	

Taulukko 2. Öljystä tutkittavien ominaisuuksien jaottelu. /7/

2.3. Kulumismekanismit

Kulumismekanismit jaotellaan yleisesti abrasiiviseen, adhesiiviseen, tribokemialliseen kulumiseen ja väsymiskulumiseen. /7/

Taulukossa 3 on selitetty, mitä kyseiset kulumismekanismit tarkoittavat.

Kulumismekanismi	Selitys
Adheesiokuluminen, tartuntakuluminen	Kuluminen, jonka aiheuttaa materiaalin siirtyminen liikkuvasta pinnasta toiseen pinnankarheuden huippujen hetkellisten yhteentarttumien murtuessa.
Abrasiokuluminen, hiontakuluminen	Kuluminen, joka aiheutuu kovan pinta-olosuhteen liukumisesta pehmeämpää vastapintaa pitkin tai kovan irtoshiukkasen liukumisesta kahden pinnan välissä. Kova pinta-oloke tai irtoshiukkanen tunkeutuu vastapintaan ja irrottaa siitä materiaalia kynthamalla.
Tribokemiallinen kuluminen	Kuluminen, joka aiheutuu voiteluaineen ja ympäristön välisistä kemiallisista reaktioista jotka aktivoituvat kitkan tuottamasta lämpötilan noususta. Kulumisen tuloksena pinta voi kovettua tai tuottaa kulumispartikkeleita jotka kiihdyttävät kulumisprosessia.
Väsymiskuluminen	Väsyttävän kuormituksen synnyttämä materiaalin kulumispartikkelien syntyminen.

Taulukko 3. Kulumismekanismit /7/

Toinen jaottelutapa syntyy kulumista aiheuttavan suhteellisen liikkeen pohjalta. Tällöin kulumistyyppit luokitellaan liiketyyppien perusteella:

- liukuminen
- vierintä
- iskukuormitus
- värähtely
- nestevirtaus
- nestevirtaus, jossa kiinteitä partikkeleita. /7/

2.4. Voitelun tehtävät

Voitetulla erotetaan kaksi toistensa suhteen liikkuvaa pintaa, mikä pienentää kitkakerrointa ja kulumista. Voiteluaineena voidaan käyttää mitä tahansa helposti leikkautuvaa materiaalia kiinteässä, kaasumaisessa tai nestemäisessä muodossa. Teollisuuden sovelluksissa käytetään ylivoimaisesti eniten nestemäisiä voiteluaineita, kuten öljyjä ja rasvoja. Voitelun tärkeimpiä tehtäviä ovat:

- pintojen erottaminen toisistaan
- kitkan ja siitä aiheutuvan häviötehon pienentäminen
- kulumisen vähentäminen
- kosketuksen jäähdyttäminen
- epäpuhtauksien tulon estäminen voideltavaan kohteeseen
- epäpuhtauksien ja kulumishiukkasten kuljettaminen pois
- värähtelyn vaimentaminen
- osien suojaaminen korroosiolta. /7/

Tehokkaalla voitelulla saadaan aikaan merkittävää taloudellista hyötyä. Alhaisella kitkalla säästetään energiaa ja/tai kohotetaan suoritustehokkuutta. Vähäinen kuluminen puolestaan mahdollistaa koneiden eliniän pidentämisen. Oikeaoppinen voitelu on myös konejärjestelmien hyvän käyttövarmuuden perusedellytys. /7/

2.5. Voiteluaineet

Voiteluaineista valtaosa on nestemäisessä olomuodossa. Voiteluöljyt voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: mineraaliöljyihin, kasviöljyihin ja synteettisiin öljyihin. Jokaisella raaka-aineella on omat etunsa ja haittansa valmistusmenetelmistä sekä käyttöolosuhteista riippuen. Yleisin käytetty teollisuusöljyjen luokitusjärjestelmä on ISO 3448, jossa voiteluöljyt on luokiteltu viskositeetin perusteella. /7/

2.5.1. Mineraaliöljyt

Mineraaliöljyt koostuvat kahdesta osasta: perusöljystä ja lisäaineista. Mineraaliöljyt valmistetaan raakaöljyistä tyhjiötislaamalla ja puhdistamalla. Voiteluun sopivien mineraaliöljyjen kemiallisia ominaisuuksia ovat:

- pieni aromaattispitoisuus
- pieni rikkipitoisuus
- stabiilisuus. /7/

Voiteluöljyjen hiilivetykoostumus vaikuttaa öljyn ominaisuuksiin, koska erilaisilla hiilivedyillä saavutetaan erilaisia fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia, näiden sekoituksilla pyritään saamaan aikaiseksi mahdollisimman hyvät voiteluominaisuudet, joihin kuuluvat viskositeetin lämpötilariippuvuus, tiheys, leimahduspiste jne. /7/

Mineraaliöljyt ovat useimmiten lisäaineistettuja, mikä parantaa niiden ominaisuuksia. Tavallisimmin lisäaineilla pyritään vaikuttamaan kulumiskestävyyteen, paineensietoon, viskositeettiin, liansietoon, hapettumiskestävyyteen, korroosiosuojaan, kitkaominaisuuksiin ja vaahtoamiseen. /7/

2.5.2. Kasviöljyt

Kasviöljyjen ominaisuuksia ovat pienet kitkakertoimet, korkeat leimahduspisteet ja biohajoavaisuus. Näiden ansiosta kasviöljyjä käytetään kohteissa, joissa vaaditaan myrkyttömyyttä, esim. elintarviketeollisuudessa ja maatalouskoneissa. Kasviöljyjen käyttöä kuitenkin rajoittaa niiden huono kylmänsieto ja hapettuminen. Näitä ominaisuuksia voidaan parantaa lisäaineistuksella, mutta silloin niiden soveltuvuus elintarviketeollisuuteen kärsii, sillä lisäaineet kasviöljyissä ovat useimmiten myrkyllisiä. /7/

2.5.3. Synteettiset öljyt

Synteettisiä öljyjä kehitetään käyttöalueille, joissa mineraaliöljypohjaiset voiteluaineet eivät enää selviydy toivotulla tavalla voitelukohteen niille asettamista vaatimuksista. /7/

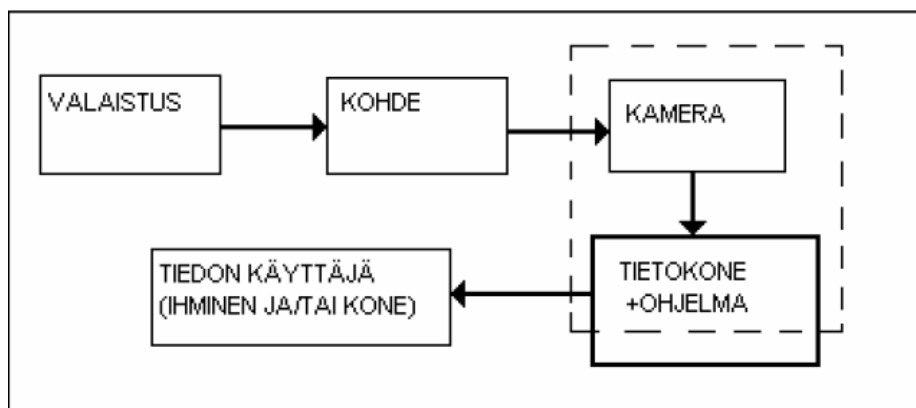
Sellaisia asioita ovat:

- korkeat/matalat lämpötilat
- raskaat kuormitukset
- palamattomuus
- ympäristövaatimukset. /7/

3. KONENÄKÖ

Konenäön keskeisenä tavoitteena on saada kone ymmärtämään, mitä kameran tai muun sensorin kuvaama näkymä sisältää ja käyttää tätä tietoa hyväksi erilaisissa sovelluksissa. Koneen on pystyttävä tunnistamaan kohteita ja määrittämään niiden sijainti ja asennot, ilmaisemaan kohteissa tapahtuneita muutoksia ja tulkitsemaan eri havaintojen merkitys. Tehtävät ovat pääasiassa tarkoin ennalta ohjelmoituja, kuten kappaleiden laskentaa liukuhihnalla, sarjanumeroiden lukemista tai pintavikojen etsimistä. /10/

Konenäköksi kutsutaan yleensä järjestelmää, jossa tietokonenäkö sovelletaan teolliseen tarkoitukseen. Järjestelmä koostuu kamerasta, tietokoneesta ja siinä toimivassa kuvakäsittelyohjelmasta, joka tulkitsee kuvan automaattisesti, kuten kuvassa 3 on esitetty. Järjestelmiä käytetään tehtäviin joissa optisen tarkastuksen pitää olla nopeaa, tarkkaa, ympärivuorokautista ja toistettavaa. Konenäöllä voidaan korvata ihmiselle rasittavia rutiinitehtäviä esimerkiksi liukuhihnalla tai suorittaa ihmisen näkökyvylle mahdottomia tehtäviä käyttämällä avuksi aallonpituuksia, joita ihmisen silmä ei pysty havaitsemaan. /10/



Kuva 3. Konenäköjärjestelmän yleinen koostumus./5/

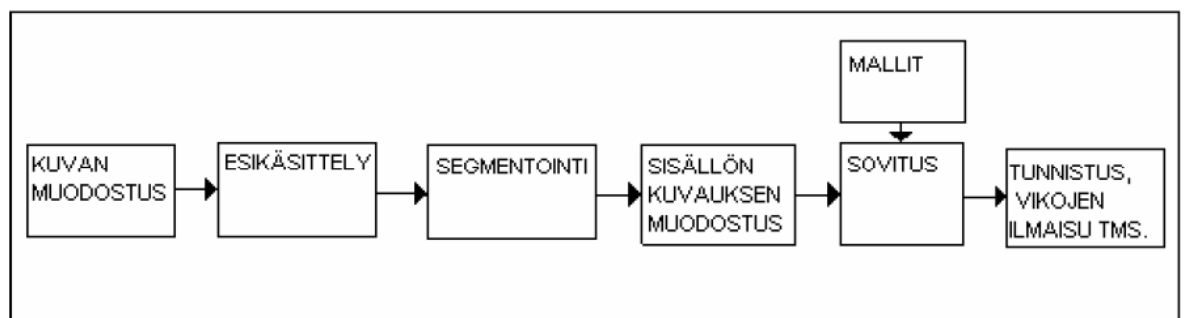
Kuvantavien tekniikoiden käyttö onkin jo rutiinia teollisuuden automatisoiduissa valmistusprosesseissa. Edelläkävijöinä ovat erityisesti olleet elektroniikka- ja metalliteollisuus, joissa huomattava osa laaduntarkistuksista ja kokoonpanoon liittyvistä ohjaus takaisinkytkennöistä on kustannus- ja laatusyistä toteutettu konenäköratkaisuilla.

Kuvantamisen kohteina on ihmissilmälle näkyvien lisäksi myös kokoonpanon myötä paljon piiloon jääviä yksityiskohtia, kuten elektroniikkakomponenttien alla olevat liitokset, jotka tarkastetaan läpivalaisutekniikalla. /15/

Vaikka konenäköjärjestelmillä ei ole älyä tai ihmisen oppimiskykyä, niitä pidetään käyttökelpoisina useaan eri tehtävään. Yleensä kuvan automaattinen tulkinta on kuitenkin hyvin vaativaa. Jokaisella sovellutusalueella on omia erityisvaatimuksia eikä yleispäteviä menetelmiä ole onnistuttu kehittämään. /4/

3.1. Kuvanmuodostus

Kuvan muodostuksen tehtävänä on tuottaa kohteesta sellainen informaatio, jota voidaan tietokoneella käsitellä. Kuvassa 4 on esitetty yksinkertaistetun kuva-analyysiprosessin vaiheet. Öljyssä esiintyvät hiukkaset ovat erittäin pieniä, joten tämän kuvainformaation tuottaminen vaatii järjestelmältä onnistumista kaikilla osa-alueilla. Optiikalta vaaditaan hyvää valonläpäisy- ja piirtokykyä ja kameran ominaisuuksissa pitää miettiä resoluutiota ja herkkyyttä. Laitteiden sijoittelu saattaa myös tuottaa ainakin öljyn päävirtaukseen liitettävissä järjestelmissä haasteita. /15/



Kuva 4. Yksinkertaistetun kuva-analyysiprosessin vaiheet./5/

Online-analysoinnissa kohde pyrkii koko ajan myös liikkumaan joko, väliaineen virtauksen voimasta tai paikallaan olevassa öljyssä, jonkin muun voiman esim. painovoiman vaikutuksesta. Hiukkasten liike voi aiheuttaa ongelmatilanteen kuvanmuodostuksessa, mutta toisaalta se voi olla myös ratkaisu kuvankäsittelyyn liittyvissä ongelmissa. /15/

3.1.1. Kamera

Kameran tehtävänä konenäköjärjestelmässä on aistia kohteesta heijastuneen valon kirkkaustaso. Sensorissa olevat valoherkät solut keräävät kunkin pisteen kohdalle saapuvan valoenergian. Yksittäisten pisteiden saamat varaukset lähetetään tietokoneelle joko, analogisesti tai digitaalisessa muodossa. Tulokset tallentuvat tietokoneen muistiin ykkösinä ja nollina muodostaen digitaalisen kuvan. /15/

Konenäköjärjestelmässä käytetään tyypillisesti joko matriisi- tai viivakameraa. Matriisikamerassa valoherkät pisteet on järjestetty vierekkäin siten, että ne muodostavat suorakaiteen muotoisen matriisin, jossa on sekä vaaka- että pystyrivejä. Viivakamerassa pikseleitä on peräkkäin vain yksi rivi. Viivakameraa käytetään yleensä liikkuvien kohteiden kuvaamiseen. Kuvanotto on toteutettu siten, että useita kuvia otetaan eri ajanhetkillä ja kuva muodostuu useista eri viivoista, kun kuvauskohde liikkuu sensorin yli. /15/

Partikkelit liikkuvat öljyssä erilaisilla nopeuksilla ja saattavat muuttaa liikesuuntaa yllättävästi. Laboratoriojärjestelmässä pienet hiukkaset liikkuvat hetken aikaa ylöspäin, ennen kuin aloittivat vajoamisen säiliön pohjalle. Öljyn hiukkaskuvauksissa viivakameran kuvanoton ja hiukkasen liikkeen ajoittaminen voi näin ollen tuota ongelmia. Matriisikamera tuntuisi tällä hetkellä ainoalta vaihtoehdolta öljyanalyyseissä. /15/

Öljyn partikkelin heijastaman valon intensiteetti tulisi poiketa väliaineen intensiteetistä, jotta hiukkanen erottuisi riittävän hyvin kuvasta ja mahdollistaisi laskennan. Vaikka kontrastia voidaan parantaa kuvankäsittelyllisin ja valaistuksellisin toimin, on kameran detektorin pystyttävä erottamaan intensiteettitasot hyvin. /15/

3.1.2. Optiikka

Optiikan eri komponenteiksi voidaan laskea kuuluvaksi prismat, suodattimet, pinnoitteet, himmentimet, aukot, linssit ja peilit. Tärkeimpänä komponenttina voidaan pitää linssiä, jonka valinta vaikuttaa resoluutioon, kuvan kokoon sekä kameran etäisyyteen kuvattavasta kohteesta. Linssillä voidaan säätää myös kuvan terävyyttä ja viivakameran kennolle menevän valon määrää. /15/

4. CASE OTW

Oil Analysis-projektin tarkoituksena oli kehittää online-öljynanalyysijärjestelmä teollisuus olosuhteisiin. Projektissa yksi tärkeimmistä yhteistyökumppaneista oli Outokumpu Tornio Works. OTW:n kanssa yhteistyössä testattiin projektissa kehitetyn prototyypilaitteiston toimivuutta ja hyödynnettävyyttä valssausöljyn online-kunnonvalvonnassa. Prototyyppi oli sijoitettuna Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamon Sendzimir 2- valssaimelle.

4.1. Oil Analysis -projekti

Oil Analysis (A Machine Vision Platform for Oil Analysis) -projektin tavoitteena oli kehittää uusi ainutlaatuinen ja kustannustehokas konenäköön perustuva online -öljyanalyysi menetelmä prosessiteollisuuteen. Tällä hetkellä mittalaitteesta on kehitetty prototyyppi, joka on sijoitettuna Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamon Sendzimir 2 -valssaimella syksystä 2009. Laitteisto mittaa öljyn mukana kulkeutuvien kiinto-ainepartikkeleiden koon, määrän ja muodon. Tieto epäpuhtauksien määrästä ja koosta öljyssä auttaa ennakoimaan teollisuuden seisokit sekä kunnossapitotarpeet. /4/

Tiivistetysti projektin tehtäväalueiksi oli määritelty:

- koneiden voitelu ja kuluminen
- konenäön käyttö partikkelianalytiikassa
- haasteellisiin olosuhteisiin liittyvien sulautettujen järjestelmien käyttö
- ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus
- laitteen kehittäminen öljyn jatkuvatoimiseen kiintoaineanalytiikkaan
- kehitetyn laitteen pilotointi todellisessa teollisuuden kohteessa
- uusien tuotteiden kehittäminen yhteistyössä yritysten kanssa
- suurteollisuuden tarjoamien liiketoimintamahdollisuuksien hyödyntäminen yrityksille
- rajat ylittävän innovaatiojärjestelmän kehittäminen. /13/

Projekti koostuu yhteistyöstä Oulun yliopiston konetekniikan osaston, Luulajan teknillisen yliopiston ja Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun OML:n kanssa. Muita projektiin osallistuneita ovat Outokumpu Tornio Works ja Digipolis Oy Suomesta sekä Rubico Ruotsista. Oil Analysis-projektissa projektipäällikkönä toimi Harri Pikkarainen. /4//13/

4.2. SENDZIMIR -VALSSAIN

Teräsnauhat tulevat Sendzimir-valssaimelle kuumavalssaamolta hehkutus-peittauslinjan kautta. Kylmävalssauksella nauhat voidaan valssata joko suoraan loppumittaan, välimittaan tai tehdä nauhalle esipisto. Sendzimir-valssaimella nauhaa voidaan ohentaa jopa 80 prosenttia. /8/

Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamo 1:lla Sendzimir-valssaimia on kolme. Ne ovat toimintaperiaatteiltaan samankaltaisia. Sendzimir-valssaimilla 1 ja 3 voidaan valssata kaikkia nimellislevyksiä 1000 mm, 1300 mm ja 1500 mm, kun taas Sendzimir 2 - valssaimella voidaan valssata nimellislevyeltään maksimissaan 1300 mm:n kuumanauhoja. Valssaimilla 1 ja 3 nauhojen loppupaksuus on noin 2 mm ja valssaimella 2 noin 1 mm.

Valssausnopeudet ovat valssaimesta riippuen suurimmillaan noin 500–800 m/min. Rullien painot ovat maksimissaan 26 000 kg. Näiden kolmen valssaimen yhteistuotanto vuonna 2006 oli noin 560 000 t. /8/

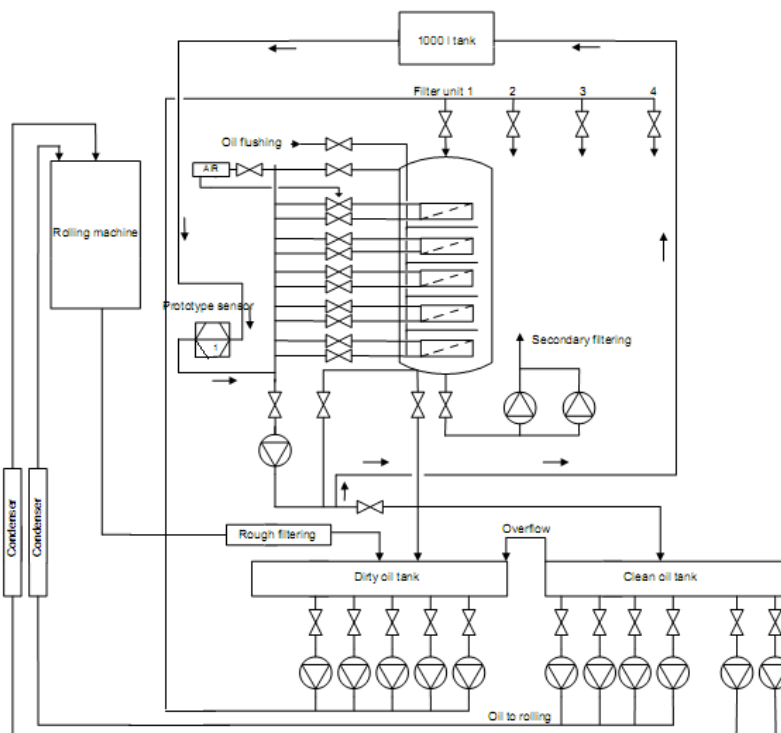
4.3. Voitelu- ja suodatusjärjestelmä

Sendzimir-valssainten voitelujärjestelmän öljykapasiteetti voi olla satoja kuutiometrejä, joten se on yksi suurimmista olemassa olevista voitelujärjestelmistä. Voitelujärjestelmä voitelee valssausprosessia eli valssainten pintaa, tuotteen pintaa ja valssaimen laakereita. Suuri öljykapasiteetti vaatii mittavan suodatusjärjestelmän, jotta öljy voidaan pitää mahdollisimman puhtaana. Öljyn puhtaudella on suuri merkitys teräksen laatuun ja valssainten laakereiden kuntoon. /14/

Valssainten öljynkäsittelylaitteiston suodatusprosessi on kaksiportainen, ja se sisältää ensisuodatuksen (primary filtering) ja toisiosuodatuksen (secondary filtering). Ensiosuodatusjärjestelmä koostuu neljästä Supamic-tyyppisestä suodatinyksiköstä, jotka suodattavat öljyvirtauksen, joka tulee valssaimelta karkean suodatuksen (rough filtering) jälkeen likaisen öljyn säiliöön. Suodatettu öljy virtaa puhtaan öljyn säiliöön, josta se pumpataan takaisin valssainprosessin ja laakereiden voiteluun. Online – analyysimittalaite (Prototype sensor) on sijoitettu ensiosuodattimen ja puhtaan öljyn säiliön väliin. /8/

Valssausöljyjärjestelmä sisältää:

- likaisen öljyn säiliön (dirty oil tank)
- puhdasöljysäiliön (clean oil tank)
- varastosäiliön
- ensisuodatuslaitteiston (primary filtering)
- toisiosuodatuslaitteiston (secondary filtering)
- keräilyssäiliöt
- laskeutumissäiliöt
- lämmönvaihtimet. /8/



Kuva 5. Periaatekuva ensisuodatusjärjestelmästä. /8/

Puhdasöljysäiliö on 120 000 litraa ja likaisen öljyn säiliö 180 000 litraa /6/. Öljyä voidaan syöttää valssainpesään jopa yli 20 000 litraa minuutissa. Ohjearvo noin 4000kW:n valssaimen öljynsyöttömääräksi on 12 000 l/min joka menee valssikitaan, laakerivoiteluun ja nauhan jäähdytykseen.

Yksi suodatinyksikkö koostuu viidestä suodatinlohkosta ja jokainen lohko sisältää 826 suodatinpatruunaa. Patruunan pituus on 400mm, ja teoreettinen suodatuskapasiteetti on yksi litra öljyä minuutissa, joten yhden suodatinyksikön teoreettinen suodatuskapasiteetti on 4130 litraa öljyä minuutissa. Käytännössä kapasiteetti on kuitenkin 3600–3800 litraa minuutissa, kun suodattimet ovat uusia. Valssauksesta riippumatta suodatusjärjestelmä toimii pääasiassa automaattisesti. /8/

4.4. Suodatusjärjestelmän kunnossapitokustannukset

Sendzimir-valssainten suodatusjärjestelmän kunnossapitokustannukset koostuvat työ- ja materiaalikustannuksista. Työt tehdään täytetöinä tai ylitöinä riippuen siitä, kuinka suuri määrä suodatinpatruunoita on vaihdettava. Työ tehdään tarpeen tullen, kun havaitaan suuria partikkeleita öljyssä. Rikkoutunut/ rikkoutuneet suodatinpatruunat olisi tärkeää paikantaa mahdollisimman pian sen jälkeen kun suuria partikkeleita ilmenee. Suuret partikkelit voivat aiheuttaa valssien koloutumista, näppylöitä teräsnauhan pintaan sekä vaurioita laakereihin, jotka taas aiheuttavat tuotantomenetystä, laatukustannuksia sekä kunnossapitokustannuksia. /8/

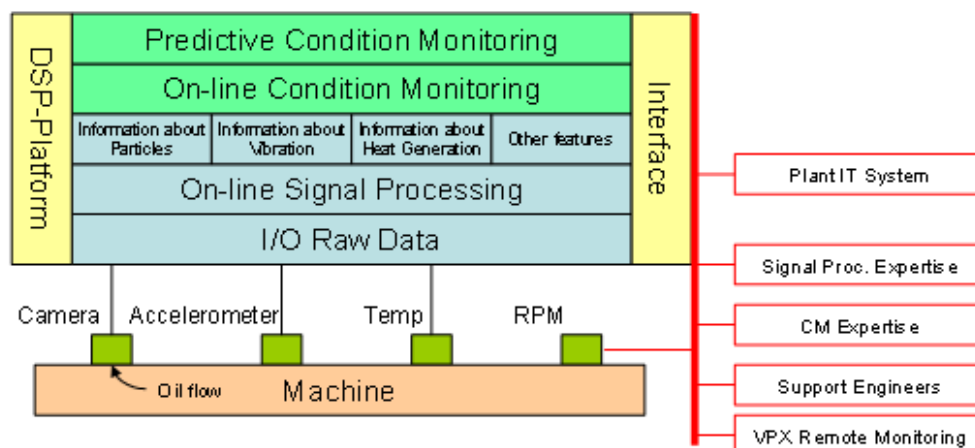
5. KONENÄKÖ ONLINE-ÖLJYANALYYSISSÄ

Konenäkö on laajalti käytetty teollisuustuotteiden ja raaka-aineiden laadunvalvonnassa, prosessien ohjauksessa ja automaatiossa sekä hahmontunnistuksessa. Konenäköön perustuvassa online-öljyanalyysissä voidaan mahdollisesti yhdistää partikkelilaskuri ja partikkelien tarkempi tunnistaminen.

5.1. Öljyanalyysilaitteisto

Konenäköön perustuva online-öljyanalyysilaitteisto on omiaan vaativiin teollisuuden kohteisiin, kuten Outokummun kylmävalssaamon Sendzimir-valssaimille, laitteiston pitkälle kehitetyn kameratekniikan, digitaalista signaalinkäsittelyalustan (DSP) sekä ohjelmistojen ansiosta. Voitelujärjestelmästä tuleva öljy virtaa mittalaitteiston kuvantamisikkunan läpi, jossa öljy kuvataan kameralla. Kuvat käsitellään ja analysoidaan DSP- alustalla, joka antaa tietoa partikkeleiden määrästä. Näistä tiedoista on mahdollista tehdä liitântä tehtaan tietojärjestelmiin ja hälytysjärjestelmiin. /8/

Kuvassa 6 esitetään konenäköön perustuvan mittalaitteijärjestelmän toimintaperiaate.

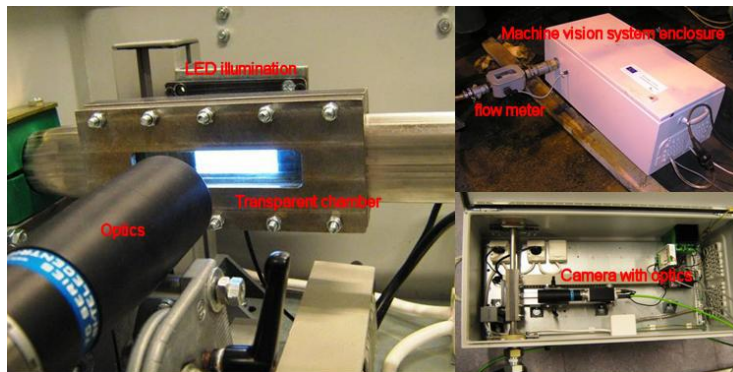


Kuva 6. Konenäköön perustuva online-öljyanalyysijärjestelmä. /13/

Projektissa kehitetty konenäköjärjestelmään perustuva online-mittalaite sisältää seuraavat komponentit:

- kameran, jossa on kaksinkertainen telesentrinen optiikka
- LED-valaisujärjestelmän ohjausyksiköllä
- virtausmittarin.

Tutkimuksen aikana käytettiin PC:tä online-mittalaitteen ottamien kuvien analysointiin ja käsittelyyn. Projektin loppuvaiheessa se korvattiin tähän tarkoitukseen kehitetyllä avoimella DSP-alustalla. Kuvassa 7 on prototyypin sisältävät laitteet. Öljy virtaa läpinäkyvän kuvantamisikkunan läpi samalla kun kamera ottaa led-valoilla valaistusta öljystä kuvan. Oikealla näkyy kotelo, johon konenäköjärjestelmä on asennettu. Koteloon on liitetty virtausmittari. /8/



Kuva 7. Öljyanalyysilaitteiston prototyyppi /8/

5.2. Online-mittauksen vaikutus suodatusjärjestelmän kunnossapitoon ja kustannuksiin

Online-öljyanalyysimittalaitteen tavoitteena on parantaa Sendzimir-valssainten voiteluöljyn kunnonvalvontaa mittalaitteelta saatavia kunnonvalvontatietoja hyödyntämällä. Tämä edistää ennakoivaa kunnossapitoa antamalla aikaa työn suunnitteluun sekä materiaalin hankintaan ja ennaltaehkäisee suurien vahinkojen syntyä mm. laakereihin ja lopputuotteen pinnanlaatuun. /8/

Online-öljyanalyysijärjestelmän avulla seurataan reaaliaikaisesti suurten partikkeleiden määrän kasvua öljyssä. Kunnossapitokustannukset mahdollisesti kasvavat lisääntyneiden suodatinvaihtojen vuoksi. Kun otetaan huomioon, mikä merkitys ennakoivalla kunnossapidolla ja suodattimien vaihdolla on lopputuotteen laatuun ja sitä kautta OTW:n kokonaisynttiin, suodatinjärjestelmän kunnossapitokustannusten kasvun merkitys suhteellisesti ottaen vähäinen. Kunnossapitokustannusten kasvu on perusteltua, jos sillä pystytään saavuttamaan suuret kustannus säästöt muualta. Lisäksi huoltotoimenpiteitä on mahdollista nopeuttaa, koska järjestelmän avulla on mahdollista paikantaa vialliset suodatin lohkot siirtämällä öljyvirtausta eri suodatin lohkoihin ja seuraamalla muutoksia mittaustuloksia reaaliaikaisesti. /8/

Sedzimir 1 ja 3 – valssainten öljykäsittelyjärjestelmä sisältää viisi suodatinyksikköä. Neljän yksikön suodatuskapasiteetti riittää täysipainoisen valssauksen suorittamiseksi, mistä syystä yksi yksikkö voi olla suljettuna valssauksen aikana. Sedzimir 2 – valssain sisältää vain neljä suodatinyksikköä, joten yhtään yksikköä ei voida sulkea valssauksen aikana järjestelmän vaatiessa kaikkien neljän yksikön tehon valssauksen jatkumiseksi. Online-öljyanalyysin tulosten perusteella voidaan tehostaa ennakoivia toimenpiteitä, jonka perusteella on mahdollista saavuttaa:

- Suodatustehon paraneminen
 - o suodattimien läpi virtaa öljyä suuremmalla teholla kun patruunat ovat hyväkuntoisia eivätkä suuremmat tukkeumat estä virtaustehoa
- Öljyn kunnan paraneminen
 - o suuret partikkelit eivät pääse voitelujärjestelmään, kun suodattimet ovat ehjät
- Lopputuotteen laadun paraneminen
 - o mitä parempi laatuluokitus lopputuotteelle saadaan, sitä parempi käytettävyys tuotteella on
- Suurien vikojen synnyn estyminen. /8/

6. MITTAUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Öljynanalyysijärjestelmän suunnittelussa tuli vastaan monia ongelmia kuten esimerkiksi oikean materiaalin valinta teollisiin olosuhteisiin sekä oikeanlaisen kameran ja optiikan valitseminen suunnittelutyötä varten. Ohjaajan kanssa mietimme laiteiden valintaan vaikuttavia kriteereitä. Samalla kävimme läpi laitekotelon valmistamiseen asetetut vaatimukset ja yritimme täyttää ne mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Työtä katselmoitiin useita kertoja suunnittelun eri vaiheissa. Esimerkiksi laitekotelon materiaalin vahvuutta päätettiin muuttaa, ettei siitä olisi tullut liian painava. Suunnittelun yhteydessä laitekotelo pyrittiin mitoittamaan siten, että se voitaisiin valmistaa tulitaiisiin tekemään yhdestä 1250 mm x 2000 mm kokoisesta teräslevystä. Näin pystyttiin minimoimaan kustannukset ja hitsisaumojen määrä.

Samoin työn tarkastelussa kävi ilmi, että alun perin suunnitellun kuvantamisikkunan syvyys oli liian suuri. Tämä siksi että kamera ei olisi kyennyt kuvaamaan kaikkea kuvantamisikkunan läpi virtaavaa öljyä. Kuvantamisikkunan kokoa päätettiin pienentää, jonka vuoksi laitekotelon korkeutta kyettiin myös pienentämään.

6.1. Materiaalin valinnan perusteet

Laitekotelon materiaalin valinta tuotti haastetta, koska kyseinen laite tullaan asentamaan haastaviin teollisuus olosuhteisiin. Aluksi laitekotelo ajateltiin tehdä tavallisesta teräksestä. Kuitenkin lämpötilan vaihtelut, kosteus ja värinä tuottaisivat kyseiselle materiaalille ongelmia, koska normaali teräs on todella herkkä korroosiolle. Suunnittelun alkuvaiheessa kartoitettiin sellaiset materiaaleja joilla korroosion sieto on mahdollisimman hyvä.

Laitekotelo ja kaikki siihen kuuluvat osat tehdään EN 1.4521 ruostumattomasta teräksestä. Jos kotelon tietyt osat tehdään haponkestävästä ja tietyt normaali teräksestä ja ongelmaksi voi tulla niiden erilaiset olosuhdekestävyydet. EN 1.4521 ruostumattomasta teräksen hyviä ominaisuuksia olivat:

- hyvä korroosionsieto
- hyvä hitsattavuus erityisesti TIG- ja Laser-hitsauksella
- ekologisuus
- pitkä käyttöikä
- alhainen elinkaarikustannus.

6.2. Kameran valinnan kriteerit ja perustelut

Kameran valinta tuotti vaikeutta, koska erilaisia kameratyyppejä oli todella paljon ja niiden ominaisuudet olivat todella monipuoliset. Tässä suunnittelussa pyrittiin valitsemaan kamera, jolla voitaisiin ottaa riittävän tarkkoja kuvia kuvantamisikkunassa virtaavasta öljystä. Jos kameran resoluutio on liian pieni, se ei kykene havaitsemaan öljyssä virtaavia pieniä partikkeleja. Kuvassa 8 on esitetty järjestelmään valittu kamera.



Kuva 8. Hitachi KP-FD140GV. /2/

6.3. Objektin valinnan perusteet

Objektin valinnassa tuotti haasteita se, että objektin käyttökohde tässä työssä oli erikoinen. Oli vaikea arvioida suoraan, mikä objekti olisi paras mahdollinen tähän tarkoitukseen. Kyselyäni hieman käyttökohteista ja sen asettamista vaatimuksista objektiiviksi päädyin valitsemaan kuvan 9 mukaisen objektin.



Kuva 9. Linosin valmistama objekti. /3/

6.4. Valonlähteen valinta

Vaihtoehtoja valonlähteeksi oli monia erilaisia. Riittävän tarkkojen kuvien saavuttamiseksi oli valaistuksen oltava tarpeeksi tehokas. Tämän vuoksi päätettiin valita valonlähteeksi led-valonlähde. Led-valonlähteen käytöstä saatiin hyviä kokemuksia aiemmin tehdyn konenäköjärjestelmän yhteydessä. Led-valonlähteen valintaa tukivat seuraavat asiat: kestävyys, vähäinen virran kulutus, valotehon säädettävyys, värinän kestävyys, pieni tilantarve.

6.5. Kvantamisikkunan suunnittelu

Kvantamisikkuna päätettiin suunnitella niin, että kaikki siihen kuuluvat hydraulikkaliittännät tulisivat laitekotelon sisälle. Tämä mahdollistaa erikokoisten kvantamisikkunoiden käyttämisen. Siinä määrin mitä laitekotelon korkeus antaa myöten. Kuvassa 10 on laitekoteloon valittu kvantamisikkuna.



Kuva 10.ABB FAG1190- kvantamisikkuna. /1/

6.6. Jäähdytyksen suunnittelu

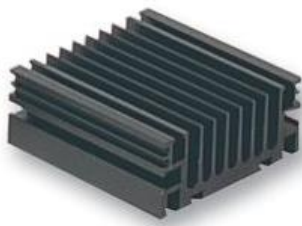
Jäähdytyksen suunnittelussa piti ottaa huomioon se, miten saisi helpoiten siirrettyä ledin ja kameran tuottaman lämmön laitekotelosta. Osa lämmöstä välittyy materiaalin kautta ulkoilmaan. Suurin osa lämmöstä jää kuitenkin laitekotelon sisään ja se on saatava jollakin tavalla ulos. Jäähdytyksen suunnittelussa tulee huomioida, että kotelo säilyy tiivinä.

Yhtenä vaihtoehtona olisi ollut se, että laitekotelon yläosaan olisi tehty suodattimelle reikä, jonka kautta lämmin ilma olisi päässyt luonnollisesti poistumaan. Tällä tavalla laitekotelo oltaisi saatu pidettyä pölytiivinä.

Toisena vaihtoehtona oli tehdä laitekotelon kylkeen reikä ja siihen ylimääräinen kotelo, johon asennettaisiin jäähdytyslementti, tuuletin ja led-valolähde. Päädyin valitsemaan tämän ratkaisun. Lisäksi jäähdytysiili ja tuuletin tulisi olla kiinni led-valonlähteessä, jotta jäähdytys olisi mahdollisimman tehokasta.

Kyseisen ongelman ratkaisemiseksi päätettiin käyttää jäähdytyslementtiä, johon tulitisiin liittämään 80x80 mm tuuletin. Tuulettimen avulla laitekotelon sisällä oleva lämmin ilma saadaan johdettua ulos. Jäähdytyslementiksi valittiin kuvassa 11 oleva ABL HEATSINKS-150AB jäähdytyslementti. Tuulettimeksi valittiin kuvassa 12 olevan Promocon 80x80x25 tuulettimen.

Ylimääräisen kotelon ansiosta led-valonlähteelle voidaan tehdä säätömahdollisuus. Tämän ansiosta ledin etäisyyttä kuvantamisikkunasta voidaan säätää välillä 70-90 mm. Lisäksi valotehoa voidaan kohdistaa ledin yhteyteen asentavalla varjostimella.



Kuva 11. Jäähdytyslementti ABL HEATSINKS-150AB /16/



Kuva 12. Promocon 80x80 tuuletin /17/

6.7. Koteloinnin suunnittelu

Kun olin saanut valittua oikean materiaalin laitekotelon tekemistä varten aloin miettimään, miten sen valmistaminen olisi kaikkein vaivattominta. Ensimmäisenä vaihtoehtona pidettiin sitä, että laatikko olisi tehty erillisistä osista hitsaamalla. Päädyttiin kuitenkin siihen, että kotelo tulotaisiin tekemään yhdestä isosta levystä taivuttamalla. Näin ollen voitiin minimoida hitsaussaumojen määrän jolloin kotelon valmistaminen on helpompaa. Myös tämä lisää laitekotelon pölytiivyyttä.

6.8. Kiinnitysten ja säätöjen suunnittelu

Toimilaitteiden kiinnitys laitekoteloon päätettiin tehdä pultti liitoksilla, joilla saavutetaan nopea kiinnitys ja irrotus. Kameran kiinnitysjalustaa suunnitellessani päätin tehdä siitä mahdollisimman monipuolisesti säädettävissä olevan. Tämän ansiosta laitekoteloon voidaan asentaa erilaisia kameroita, joiden etäisyyttä kuvantamisikkunasta voidaan säätää. Jalustan ansiosta kameraa voidaan liikuttaa joka suuntaan. Nämä säädöt on toteutettu pulttiliitoksilla, jonka ansiosta kameran liikuttaminen on tehty mahdollisimman helpoksi.

7. YHTEENVETO

Opinnäytetyön lähtökohtana oli Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan TKI-yksikössä kunnossapito- ja konenäköryhmän toteuttama projekti, Oil Analysis. Projektissa kehitettiin yhteistyönä konenäköön perustuva menetelmä teollisuuden voiteluöljyjen jatkuvatoimiseen (online) analytiikkaan. Tässä opinnäytetyössä tehtyjen suunnitelmien perusteella rakennettavaa laboratoriojärjestelmää voidaan edelleen kehittää teollisuuden sovelluksiin.

Konenäön käyttö kunnonvalvonnassa on jo tuttua asiaa teollisuuslaitoksissa. Halleja kiertäessä törmää yhä useammin kameraan, joka valvoo mittavirheitä, pinnanlaatua tai erottaa henkilökunnan vieraista pääportilla. Konenäön käyttö öljyn kunnonvalvonnassa on kuitenkin uusi sovelluskohde. Epäpuhtauksien lisäksi öljyn kunnonvalvonnassa tulee huomioida myös muitakin suureita, kuten viskositeetti, vesipitoisuus, alkuainepitoisuus ja happamuutta.

Tässä opinnäytetyössä pääpaino oli öljyanalyysilaitteiston teknisessä suunnittelussa ja valmistustavan ideoinnissa. Laitteiston rakentaminen ja sen vaikutusten arviointi kunnossapito ja laatukustannuksiin rajattiin työn ulkopuolelle

Tämä työ on ollut haastava, paljon teoriaa ja empiiristä tietoa sisältävä kokonaisuus. Aiheen laaja-alaisuuden vuoksi työ oli vaikea rajata ja ydinasioita oli vaikea löytää. Öljyn kunnonvalvonnasta löytyy alan julkaisuissa paljon materiaalia, sen sijaan konenäköjärjestelmistä ja niiden suunnittelusta löytyi aineistoa vähän. Lisäksi konenäkötekniikka ja siihen liittyvä kuvankäsittely on haastava aihe.

Työn tuloksena saavutettiin suunnitelmat ja piirustukset öljyanalysointilaitteen rakentamista varten. Haasteista huolimatta näiden suunnitelmien perusteella voidaan rakentaa tavoitteiden mukainen laboratorio käyttöön tarkoitettu öljyanalyysilaitteisto.

LÄHDELUETTELO

/1/ ABB [WWW-dokumentti]

<<http://www.abb.com/product/seitp330/b439b8ac6d4a0271c1256d010027edcd.aspx>>
15.11.2011

/2/ CCD Direct [WWW-dokumentti]

<<http://www.ccdirect.com/store/customer/product.php?productid=17649>> 15.11.2011

/3/Direct Industry [WWW-dokumentti]

<<http://www.directindustry.com/prod/qioptiq/ccd-camera-objective-lenses-14525-448025.html>> 15.11.2011

/4/ Gylling, Arne/ Martinsson, Pär Erik, Projekt Plan, Oil Analysis –A machine vision platform for oil analysis, 2008.

/5/Huotari,Toni,Opinnäytetyö, Puun dimensioiden määrittäminen konenäöllä

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12612/tti1sbtasih.pdf?sequence=1>
24.10.2011

/6/ Kemi-Tornion AMK, Tutkimus ja kehitys, [WWW-dokumentti],

< http://www.token.fi/Suomeksi/Tutkimus_ja_kehitys.iw3 >, 13.10.2011.

/7/ Kivioja, Seppo , Kivivuori, Seppo , Salonen Pekka, Tribologia- kitka, kuluminen ja voitelu, 5. painos , Otatieto, 2007.

/8/ Lauhikari, Mari, Online-öljyanalyysimittalaitteen merkitys Sendzimir-valssaimen kunnossapito- ja laatuksannuksiin, Opinnäytetyö,

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/23660/Lauhikari_Mari.pdf?sequence=1>, 17.10.2011.

/9/Mustonen,Mikko,Paperikoneiden vierintälaakereiden kunnonvalvontamenetelmät , [WWW-Dokumentti],

<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/kunvalmenet.pdf> , 17.10.2011

/10/Mäenpää,Topi,Niskanen, Matti, Pylkkö Heikki, Roponen,Seppo, Silven, Olli, Konenäön hyödyntämismahdollisuudet teiden ylläpidossa ja hoidossa, [WWW-Dokumentti],

<http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/3201105-v-intopii_konenakopilotti.pdf >
19.10.2011

/11/ Octopart [WWW-dokumentti]

<<http://octopart.com/150ab1000mb-abl+heatsinks-2709570>> 15.11.2011

/12/ Opto Engineering [WWW-dokumentti]

< <http://www.opto-engineering.com/brochure/TC2324.pdf>> 15.11.2011

/13/ OY, TTK, Konetekniikan osasto, [WWW-dokumentti],
<<http://me.oulu.fi/index.php?id=275>>, 2007. 1.11.2011

/14/ Parkkila, Leena, Raportti, tekninen raportti nro.1,2010.

/15/ Pelimanni, Veli-Matti, Opinnäytetyö, Esitutkimus epäpuhtauspartikkeleiden tunnistamiseksi öljystä konenäön avulla, 2006.

/16/ Pikkarainen, H., Vähäoja P., An experimental study of applying machine vision technology in on-line solid debris analysis of lubrication oil of a cold rolling stand, 2009.

/17/ Promocon [WWW-dokumentti]
<http://www.promoco.se/suomi/tuotteet_details.php?pro_id=3&cat_id=1032> 15.11.2011

8. LIITELUETTELO

LIITE 1 Online-öljynanalysointilaitteen kokoonpano