

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikka

Otto Vuori

Instrumenttien sijoittaminen putkistoon

Insinöörityö 17.2.2009

Ohjaaja: projekti-insinööri Esa Partanen
Ohjaava opettaja: lehtori Jari Olli

Tekijä Otsikko	Otto Vuori Instrumenttien sijoittaminen putkistoon
Sivumäärä Aika	92 17.2.2009
Koulutusohjelma	automaatiotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	projekti-insinööri Esa Partanen lehtori Jari Olli
<p>Tämä insinööri­työ on tehty Pöyry Forest Industry Oy:n toimeksiannosta. Työn tarkoitus oli laatia päivitetty ohje instrumenttien sijoittamiselle putkistoon sekä pohtia uudelle ohjeelle julkaisumuotoa.</p> <p>Uuden ohjeen pohjana toimi vanha Putkisuunnittelukäsikirjan sisältämä ohje Instrumenttien sijoittaminen putkistoon. Aineistoa uutta ohjetta varten kerättiin suurimmaksi osaksi eri laitevalmistajien laitemanuaaleista ja asennusohjekirjoista, Pöyryn työntekijöitä haastat­telemalla, standardeista ja oppikirjoista. Instrumentointi tapahtuu Pöyry Forest Industry Oy:ssä pääasiallisesti kokemuspohjaisesti, ja se sisältää paljon niin sanottua hiljaista tietoa. Myös kenttäinstrumentoinnin hiljainen tieto kirjattiin osaksi uutta ohjetta.</p> <p>Insinööri­työn tuloksena saatiin laadituksi uusi ohje instrumenttien sijoittamiselle putkis­toon. Vanhan ohjeen puutteet täydennettiin ja sisältö päivitettiin ajan tasalle. Uudessa ohjeessa otettiin kantaa putki- ja automaatio­suunnitteluun sekä tieto pyrittiin järjestelemään niin, että kokemattomat ja muista tehdasympäristöistä tulleet suunnittelijat pystyvät sisäis­tä­mään ohjeet helpommin.</p> <p>Uudet ohjeet saatiin julkaistua kokonaisuudessaan uudessa julkaisumuodossa, laatuwiki­ssä. Osana insinööri­työtä laadittiin laatuwikiin myös prototyypisivu, joka toimii suunta­antavana sivuna siitä, miten julkaistut ohjeet tulisi tulevaisuudessa tehdä ja miten sivujen tulisi toimia. Jatkokehitysideoina syntyi uusien ohjeiden luominen instrumenttien mitoi­tukseen ja valintaan liittyvistä seikoista.</p>	
Hakusanat	instrumentointi, instrumenttien sijoittaminen putkistoon, asennus, wiki­tekniikka, kunnossapito, huolto

Author Title	Otto Vuori Placing process instruments in the pipe system
Number of Pages Date	92 17 February 2009
Degree Programme	Automation Technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Esa Partanen, Project Engineer Jari Olli, Lecturer
<p>This final year project was commissioned by the Automation Department of Pöyry Forest Industry Oy. The purpose was to update the instructions for placing process instruments in the pipe system and to consider a new publication format.</p> <p>The basis for the new instructions was an old pipe planning manual, which contains instructions for placing instruments in the pipe system. The material for the new instructions was gathered from different sources such as manufacturers' manuals and instructions, interviews of Pöyry's employees, standards and other written sources. In Pöyry instrumentation is mainly carried out experientially, and it also involves a lot of so called unregistered knowledge. The employees' unregistered knowledge of field instrumentation was included in the new manual.</p> <p>As a result of this final year project a new manual was created. The old manual was completed by adding missing information and its content was updated. The new manual addresses pipe and automation planning, and its information was reorganized so that inexperienced people and people from other types of industrial settings can better understand and internalize the instructions.</p> <p>The new instructions were published in a new publication format, quality wiki. As a part of this final year project a prototype page was created in the quality wiki. The prototype page serves as a template for the future wiki pages. It shows how the pages should work and be done in the future. The manual could be further developed by adding instructions for dimensioning and choosing the process instruments.</p>	
Keywords	instrumentation, placing process instruments in the pipe system, installation, wiki technology, maintenance, technical servicing

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	7
2	Instrumentointi	8
2.1	Instrumenttien sijoittaminen putkistoon yleisesti	8
3	Käytössä olevat ohjeet instrumenttien sijoittamisesta putkistoon	9
3.1	Instrumenttilaitteiden sijoittaminen putkistoon -ohjeen sisältö	9
3.2	Instrumenttien sijoittaminen putkistoon -ohjeen käyttö	10
3.3	Päivityksen syyt	10
3.4	Käytössä olevan ohjeen puutteet	11
3.5	Suunnitteluprosessi ja ohjeen käyttö suunnitteluprosessin aikana	12
3.6	Suunnittelussa käytettävä 3D-malli	12
4	Päivitystarpeiden ja muutosten kartoitus	13
4.1	Ohjeen tavoitteet	13
5	Uusi ohje	15
5.1	Aineisto	15
5.2	Ohjeen rajaus	15
5.3	Käyttö	16
5.4	Järjestelyt laitteiden huoltoa varten	17
5.5	Automaattiventtiilit	17
5.5.1	Automaattiventtiilit massaputkistoissa	19
5.5.2	Automaattiventtiilit nesteputkistoissa	19
5.5.3	Automaattiventtiilit höyryputkistoissa	19
5.5.4	Automaattiventtiilit automaatio suunnittelussa huomioitavaa	20
5.6	Mittausanturit	22
5.7	Paineen mittaus	22
5.8	Lämpötilan mittaus	26
5.9	Virtauksen mittaus	30
5.9.1	Paine-eromenetelmät mittalaipat, mittaussuuttimet ja venturit	30
5.9.2	Paine-eromenetelmä kuristuselinvirtausmittaus	33
5.9.3	Paine-eromenetelmä, pitot-putki	34
5.9.4	Paine-eromenetelmät automaatio suunnittelussa huomioitavaa	34
5.9.5	Magneettiset määrämittarit	35
5.9.6	Massamäärämittaus	38
5.9.7	Terminen massavirtausmittaus	39

5.9.8	Massamäärämittaus automaatio suunnittelussa huomioitavaa	39
5.9.9	Uimurivirtausmittarit	39
5.9.10	Pyörivät määrämittarit	41
5.9.11	Turbiinianturit ja tilavuuskammionmittarit	41
5.9.12	Pyörre- ja virtausmittaus	42
5.9.13	Ultraääneen perustuva virtausmittaus	43
5.9.14	Virtauksen mittaus avokanavasta	43
5.10	Pinnankorkeuden mittaus	45
5.10.1	Hydrostaattiseen paineeseen perustuva mittaus	45
5.10.2	Hydrostaattiseen paineeseen perustuva upotustyyppinen mittaus	48
5.10.3	Kuplailuputki	49
5.10.4	Ultra-äänimittaus	49
5.10.5	Mikroaaltotutka	50
5.10.6	Ohjattu mikroaaltotutka	50
5.10.7	Sauva- ja vaijerianturi	51
5.10.8	Elektromekaaninen mittaus kiintoaineille	52
5.10.9	Radiometrinen mittaus	52
5.10.10	Uimuri	54
5.10.11	Punnitus	54
5.11	Sakeuden mittaus	55
5.11.1	Veitsityyppinen sakeusanturi	55
5.11.2	Pyörivätyyppinen sakeusanturi	56
5.11.3	Optinen sakeusanturi	57
5.11.4	Mikroaaltoon perustuva sakeusmittaus	58
5.11.5	Sakeusanturit automaatio suunnittelussa huomioitavaa	59
5.12	Johtokyky	60
5.13	pH-mittaus	61
5.14	Redox	62
5.15	Näytteenotto	63
5.16	Kemikaalikierron kemikaalijäännös- ja vaaleusmittaukset	64
5.17	Öljyä vedessä	65
5.18	Refraktometri	67
5.19	Sameuden mittaus	68
5.20	Analysaattorit	69
5.20.1	Kuitulinjan analysaattorit	70
5.20.2	Sellutehtaan muut analysaattorit	72
5.20.3	Massan analysaattorit ja erikoismittaukset	72
5.20.4	Muut analysaattorit ja erikoismittaukset	77
5.20.5	Automaatio suunnittelussa huomioitavaa	77
6	Julkaisumuoto	78
6.1	Ehdotukset uuden ohjeen julkaisumuodosta	78
6.1.1	Wiki-tekniikkaa hyödyntävä ohje	78
6.1.2	”Tikapuu-ohje”	79
6.1.3	Yhdistelmäratkaisu	80
6.2	Laatuwiki	80
6.2.1	Ohjeen muokkaus	81
6.2.2	Käyttäjät ja ohjeen ylläpito	81

6.3	Prototyyppi	82
6.3.1	Prototyypissä olevat linkit	83
6.3.2	Valokuvat ja 3D-malli	83
6.3.3	Dokumentit	85
6.3.4	Prototyypisivujen analysointi	87
7	Yhteenveto	88
	Lähteet	90

1 Johdanto

Tämä insinööriö on tehty Pöyry Forest Industry Oy:n toimeksiannosta. Työn tarkoituksena oli laatia päivitetty ohje instrumenttien sijoittamiselle putkistoon sekä pohtia uuden ohjeen julkaisumuotoa ja ulkoasua. Tavoitteena oli uuden ohjeen laadinta siten, että se olisi havainnollinen ja ymmärrettävä uusille suunnittelijoille ja suunnittelijoille, jotka eivät koskaan ole käyneet paperi- tai sellutehtaalla. Pöyry Forest Industry Oy on osa Pöyry Oyj:tä.

Pöyry on asiakas- ja teknologiaorientoitunut, maailmanlaajuisesti toimiva konsultointi- ja suunnittelualan palveluyritys. Pöyry koostuu kolmesta liiketoimintaryhmästä, jotka ovat metsäteollisuus, energia ja infrastruktuuri & ympäristö. Konserni tarjoaa konsultointiin, projektien kehittämiseen ja toteutukseen sekä tuotannon tehostamiseen ja kunnossapidon suunnitteluun liittyviä palveluja kaikilla päätoimialoillaan. Konsernin palveluksessa on 8000 asiantuntijaa 47 maassa.

2 Instrumentointi

Instrumentilla tarkoitetaan sellaista laitetta, jota käytetään teollisuudessa prosessin tilan mittaamiseen, tiedon muokkaamiseen, välittämiseen tai prosessin ohjaamiseen. Instrumentointijärjestelmä on kokonaisuus, jolla automatisoidaan isompi prosessi, kuten tehdas tai tehtaan osa. Jokaisessa teollisessa prosessissa on instrumentteja sekä instrumentointijärjestelmiä, jotka huolehtivat tuotannon optimaalisesta toiminnasta.

Instrumentoituja prosesseja on varsinaisesti prosessiteollisuuden tehtaissa, kuten puunjalostus-, kemian-, metalli- ja elintarviketeollisuudessa. Samankaltaisia prosesseja on myös voimalaitoksissa, vesienkäsittelylaitoksissa sekä rakennusten lämmityksessä ja ilmastoinnissa. Kappaletavaratuotannossa voidaan myös ajatella olevan prosessimaisia toimintoja, jotka instrumentoidaan samalla tavalla kuin muutkin prosessit.

2.1 Instrumenttien sijoittaminen putkistoon yleisesti

Paperi- ja selluteollisuuden putkistoihin sijoitetaan erittäin paljon erilaisia instrumentteja. Putkistoissa esiintyy erilaisia toimilaitteita, venttiilejä, paljon eri mittauksia, kuten lämpötila, paine, virtaus, pinnankorkeus, sakeus, johtokyky, pH ja niin edelleen.

Oikein tehty instrumenttien sijoitus on hyvin tärkeää, koska väärin sijoitetulla instrumentilla voi olla jopa vakavat seuraukset. Hyvin tehdyllä instrumentin sijoituksella ja instrumentoinnilla säästetään myös huomattavasti rahaa, raaka-aineita, laitteita ja aikaa. Siksi on hyvin tärkeää, että instrumenttien sijoittaminen tehdään huolellisesti ja oikein jo suunnittelun alkuvaiheesta lähtien.

3 Käytössä olevat ohjeet instrumenttien sijoittamisesta putkistoon

Pöyry Forest Industry Oy:ssä instrumenttilaitteiden sijoittaminen putkistoon tapahtuu pääasiallisesti kokemuspohjaisesti. Kokeneet suunnittelijat käyttävät hyödykseen vuosien varrella kerättyä tietoa ja kokemusta. Kokemattomammat suunnittelijat ovat hyvin pitkälti koulusta hankitun, kokeneempien suunnittelijoiden, laitevalmistajien ohjeiden ja Pöyryltä löytyvien kirjallisten tietojen varassa.

Pöyry Forest Industry Oy:llä on olemassa koottu ohje putkistosuunnittelusta Putkistosuunnittelukäsikirja PE.4. Käsikirja toimii pääasiallisesti ohjeistuksena ja informaatiolähteenä putkistosuunnittelijalle. PE.4 -käsikirja sisältää paljon muutakin materiaalia kuin pelkästään ohjeet instrumenttilaitteiden sijoittamisesta putkistoon. Automaatio-suunnittelija tarvitsee PE.4 -käsikirjaa pääasiallisesti instrumenttien sijoittamisen osalta. Tämän osan nimi on Instrumenttilaitteiden sijoittaminen putkistoon. Se on myös julkaistu erillisenä ohjeena, ja juuri sitä halutaan päivittää.

Putkisuunnittelukäsikirja PE.4 on vuodelta 1979, ja se uudistettiin vuonna 1991. Vuonna 1997 käsikirja julkaistiin verkossa Web-selaimella luettavassa muodossa. Viimeisin päivitys on vuodelta 2002. Putkisuunnittelukäsikirja PE.4:n sisältämä Instrumenttilaitteiden sijoittaminen putkistoon -ohje on vuodelta 1997. Tätä ennen käytettiin käsikirjaa Näkökohtia instrumenttilaitteiden sijoittamisesta putkistoon, jota on viimeksi päivitetty vuonna 1990. Ohje perustuu pääosin vuonna 1985 vahvistettuun standardiin SFS 5059 Instrumentti, instrumenttien sijoittaminen prosessiin. Kyseinen standardi vahvistettiin viimeksi joulukuussa 2007. [1; 2]

3.1 Instrumenttilaitteiden sijoittaminen putkistoon -ohjeen sisältö

Käytössä oleva ohje sisältää seuraavat asiat.

- Johdanto instrumenttilaitteiden sijoittamiselle. Siinä kuvataan lyhyesti Pöyry Forest Industry Oy:llä käytössä oleva suunnitteluprosessi.
- Yleiset ohjeet säätöventtiilien sijoittamiselle sekä jäsennellyt ohjeet säätöventtiilien sijoittamiseen massa-, neste- ja höyryputkistoon.
- Yleiset ohjeet mittausantureiden sijoittamiselle.

- Jäsennellyt ohjeet mittalaitteiden, ventureiden, magneettisten määramittareiden, uimurivirtausmittareiden, pyörivien määramittarien, lämpötila-, paine-, hydrostaattiseen paineeseen perustuvan pinnankorkeusanturin ja veitsityyppisen sekä pyörivätyyppisen sakeusantureiden sijoittamiselle.
- Pintapuoliset ohjeet joidenkin optisten antureiden sijoittamiselle.
- Ohjeet huoltoa varten.

Tässä vaiheessa voidaan jo todeta, että ohjeessa on selviä puutteita nykyaikaisista mittausmenetelmistä ja mittauksista.

3.2 Instrumenttien sijoittaminen putkistoon -ohjeen käyttö

Ohjetta käytetään nykyisin sähköisessä muodossa, ja se on saatavilla osaston omilta verkkosivuilta. Vanhemmat suunnittelijat käyttävät sitä satunnaisesti. Heillä on suurin osa tiedosta ulkomuistissa. Pääasiallisesti he tarkistavat siitä vain harvemmin käytettäviä instrumentteja. Kaikki uusimmat suunnittelijat eivät välttämättä edes tiedä ohjeen olemassa oloa. Ne, jotka sen tietävät, eivät koe sitä työvälineenä vaan vanhentuneena muistivihkona.

3.3 Päivityksen syyt

Ohjetta halutaan päivittää, koska on koettu, ettei se vastaa kovinkaan hyvin nykypäivän tarpeita. Sinänsä käytössä olevassa ohjeessa ei ole vanhentunutta tietoa, sillä samat lainalaisuudet pätevät edelleen instrumenttien sijoittamisessa. Ohjeesta tosin puuttuu uusimpien mittausmenetelmien ja instrumenttien sijoitusohjeet. Lisäksi osa ohjeista on vanhentunut instrumenttien tuotekehityksen johdosta. Vanhassa ohjeessa mennään osittain liiankin syvälle instrumentin valintaan liittyviin seikkoihin. Tämä ei ole kovinkaan hyödyllistä, sillä instrumenttien valinta on jo tehty automaattisuunnittelijan toimesta ennen instrumenttien sijoittamista putkistoon.

Ohjeen visuaalinen ulkonäkö ei myöskään ole nykypäivän vaatimusten mukainen, ja tiedon hakeminen on kankeaa. Ohjeessa esiintyvät ”rautalankakuvat” eivät ole havainnollisia uusille suunnittelijoille, ja tiedon sisäistäminen erilaisista tehdasympäristöistä sekä kulttuureista tulleille on hankalaa.

Suuri osa kenttäinstrumentoinnin osajista lähestyy eläkeikää. Instrumenttien sijoittaminen prosessiin sisältää paljon niin sanottua hiljaista tietoa, jonka alan konkarit vievät mennessään eläkepäiville, jollei asialle tehdä jotain. Siksi kenttäinstrumentoinnin hiljainen tieto halutaan myös kirjata osaksi uutta ohjetta.

3.4 Käytössä olevan ohjeen puutteet

Käytössä olevasta ohjeesta puuttuu täysin joitakin putkistoon sijoitettavia mittaussmenetelmiä sekä ohjeet näiden sijoituksesta. Seuraavat mittaukset, laitteet sekä ohjeet näiden sijoituksesta haluttiin sisällyttää uuteen ohjeeseen:

- Analysointimittaukset öljyä vedessä, pH, johtokyky, redox, kemikaalikierron kemikaalijäännös vaaleus, refraktometri ja sameus.
- Näkökohdat seuraavien analysaattorien sijoitukselle: kappaluku, keittoliuos, kuitupituus, roskaluku, savukaasut, alkali, sakeus, kuitu- ja tuhkasakeus, varaustila, freeness, massan kuidunpituus, tikkupitoisuus ja ilmapitoisuus sekä näkökohdat näyttelinjojen ja näytteenottimien sijoituksesta ja näytteen palauttamisesta prosessiin.
- Virtausmittaukset Pitot-putki, kuristuselinvirtausmittaus, massamäärämittaus, pyörrevanamittaus, terminen massavirtausmittaus, turbiinianturit, tilavuuskammiot ja ultraääneen perustuvat mittaukset.
- Pinnankorkeusmittaukset ultra-ääni, mikroaaltotutka, ohjattu mikroaaltotutka, radiometrinen, upotustyyppinen, kuplailuputki, kapasitiiviset mittalaitteet, elektromeekaaninen, uimuri ja punnitus.
- Sakeusmittaukset optinen, pyörivätyyppinen, veitsityyppinen ja mikroaaltoon perustuva.

Ohje on alun perin tehty tukemaan putkisuunnittelua, joten jokaiselta instrumentilta puuttuvat automaatio suunnittelussa huomioitavat asiat. Uuteen ohjeeseen pyrittiin lisäämään automaatio suunnittelussa huomioitavia asioita jokaiselle instrumentille erikseen. Mukaan lisättiin asennustyyppit, ympäristöolosuhteet, huollettavuus ja muut erikoishuomiot.

3.5 Suunnitteluprosessi ja ohjeen käyttö suunnitteluprosessin aikana

Suunnitteluprosessin aikana ohjetta käytetään pääasiallisesti kolme kertaa. Toisaalta ohjeessa olevan tiedon on oltava suunnittelijoiden käytössä koko suunnitteluprosessin ajan. Putkisto- ja automaatio-suunnittelu ei kuitenkaan ole niin yksinkertaista ja suoraviivaista, että se saataisiin kerralla kuntoon.

Suunnitteluprosessi käynnistyy siitä, kun prosessisuunnittelu toimittaa automaatio- ja putkisuunnittelulle virtauskaavion. Automaatio-suunnittelija positionoi virtauskaavioihin kaikki instrumenttilaitteet, ja putkisuunnittelu aloittaa putkistojen suunnittelun. Täydennettyä virtauskaaviota kutsutaan prosessi- ja instrumentointikaavioksi eli PI-kaavioksi. Kaaviosta käyvät ilmi mm. positionoidut instrumenttiyhteet, venttiilit, instrumentointilaitteet, linjapositionit, linjakoot jne. Myös automaatio-toiminnot on esitetty PI-kaaviossa. Putkistosuunnittelu suunnittelee PI-kaavion pohjalta laitokseen putkistot ja putkireitit.

Automaatio-suunnittelija toimittaa putkistosuunnittelijalle ja 3D-mallintajalle PI-kaavioissa esitetyistä instrumenttilaitteista kaikki putkistosuunnittelun kannalta tarpeelliset asiapaperit ja mittapiirroksset. Putkistosuunnittelu sijoittaa ja mallintaa instrumenttilaitteet putkistoon. 3D-mallintajalle toimitetaan sähköisessä muodossa instrumenttilaitteiden 3D-mallit, jos sellaiset ovat saatavilla.

Kun putkistosuunnittelija on sijoittanut ja mallintanut instrumenttilaitteet putkistoon, automaatio-suunnittelija tarkistaa, että instrumenttilaitteiden sijoitus on tapahtunut laitevalmistajien vaatimusten ja ohjeiden mukaisesti.

3.6 Suunnittelussa käytettävä 3D-malli

Mekaaninen suunnittelu, jossa on tilankäyttöä, tehdään yleensä 3D-mallissa. Putkistosuunnittelija tekee layoutit, kaapelihyllyjen reitityksen, teräsrakenteet, säiliösuunnittelun, instrumenttien sijoittamisen ja niin edelleen kokonaan kolmiulotteisessa mallissa.

[3]

Pöyryllä on käytössä useita 3D-ohjelmia: Cadmatic, PDMS, PDS ja Autoplant. Nämä järjestelmät ovat laajoja ja monimutkaisia kokonaisuuksia, eivät yksittäisiä ohjelmia. Mallit on kytketty tietokantoihin ja julkaisujärjestelmiin, joista tuotetaan rakentamiseen ja asentamiseen tarvittavat dokumentit. [3]

4 Päivitystarpeiden ja muutosten kartoitus

Päivitys- ja muutostarpeita kartoitettiin Pöyry Forest Industry Oy:n henkilökunnalta. Kartoitus toteutettiin työntekijöille suunnatulla kyselytutkimuksella. Pöyry Forest Industry Oy:n automaatio-osastolta haastatteluihin osallistuivat insinööriyön ohjaaja, projekti-insinööri Esa Partanen, suunnitteluinsinööri Hannu Huovila, projekti-insinööri Antti Heikkilä ja osastonjohtaja Mika Rahikka. Putkisuunnittelusta haastatteluihin osallistui suunnittelujohtaja Mika Pirttinen. Kommentteja pyrittiin keräämään myös kenttäsuunnittelun competence teamin jäseniltä.

Päivitystarpeiden ja muutosten kartoitus suoritettiin kaksiosaisena. Aluksi kokeneimmille suunnittelijoille toimitettiin kommentoitavaksi päivitettyt ohjeet instrumenttien sijoittamisesta instrumenttityyppikohtaisesti. Tässä vaiheessa kerättiin myös niin sanottua hiljaista tietoa kenttäinstrumentoinnista sekä erikoistapauksia ja suunnitteluvirheitä. Harvemmin käytössä olevien instrumenttien osalta haastateltiin tarvittavia erikoisosajia. Haastattelujen toisessa osiossa keskityttiin uuden ohjeen julkaisumuotoon, ulkoasuun, saatavuuteen, valokuviiin ja 3D-mallin hyväksikäyttöön.

4.1 Ohjeen tavoitteet

Päivitys- ja muutostarpeita selvittäessä uuden ohjeen tavoitteeksi asetettiin, että se olisi havainnollinen ja ymmärrettävä niin uusille kuin kokeneille suunnittelijoille. Eri-laisista tehdasympäristöistä ja kulttuureista tulleet suunnittelijat saisivat uutta näkökulmaa. Uusille suunnittelijoille ohje olisi ohjaava ja opettava.

Kirjallinen sisältö täydennettäisiin puuttuvilta osin. Automaatiosuunnittelussa huomioon otettavat seikat ja instrumenttien sijoittamiseen liittyvä kenttäinstrumentoinnin hiljainen

tieto kirjattaisiin osaksi uutta ohjetta. Visuaalinen ulkoasu muutetaan siten, että vanhat ”rautalankakuvat” täydennetään 3D-näkymillä ja tilannekohtaisilla digitaalikuvilla. Uudessa ohjeessa verkkoympäristöä käytettäisiin hyödyksi kuten siirtymiset 3D-malliin, malliprojektien sijoituskuviin ja muihin automaatio-osaston tuottamiin dokumentteihin kävisi nopeasti ja tehokkaasti. Laitetoimittajien asennus- ja mitoitusohjelmat voitaisiin ladata tätä kautta suunnittelijoiden tietokoneille.

5 Uusi ohje

5.1 Aineisto

Vanha ohjeistus toimi uuden ohjeen pohjana. Uutta aineistoa kerättiin suurimmaksi osaksi eri laitevalmistajien laitemanuaaleista ja asennusohjeista, Pöyry Forest Industry Oy:n työntekijöiltä, standardeista ja oppikirjoista. Lisäksi kenttäinstrumentoinnin hil- jaista tietoa kerättiin Pöyry Forest Industry Oy:n asiantuntijoilta.

Joidenkin instrumenttien osalta jouduttiin tyytymään hyvinkin suppeaan aineistoon, koska kyseistä instrumenttia ei valmista kuin yksi valmistaja tai instrumentista oli saatavilla hyvin vähän kokemuspohjaista tietoa. Periaatteena oli, että sijoitusohjeet laitettiin uuteen ohjeeseen suppeanakin, jotta käyttäjälle jäisi kuva, mitä instrumentteja löytyy paperi- ja sellutehtaissa.

5.2 Ohjeen rajaus

Lähtökohtana uudessa ohjeessa on, että käyttäjällä on riittävät perustiedot automaatiosta ja instrumentoinnista. Tämän vuoksi instrumenttien toimintaan tai valintaan liittyviä seikkoja ei ole kuvattu. Tästä periaatteesta poikettiin tapauksissa, joissa instrumentin toiminnasta koettiin olevan vähän kokemusta ja tietämystä. Pääsääntöisesti ohjeissa pyrittiin pysymään instrumenttien sijoituksessa ja asentamisessa. Sijoitus- ja asennusohjeet pidettiin lyhyinä ja yksinkertaisina, jotta tärkeät tiedot olisi helposti löydettävissä ja käytettävissä.

Uusi ohje on valmistajavapaa. Tällä pyrittiin siihen, ettei ohjeita käytetä sokeasti instrumenttien valintaoppaana. Valmistajien mainitsemisessa olisi myös se vaara, että ohjeessa oleva tieto saattaisi vanhentua hyvin nopeasti.

Uuteen ohjeeseen tehtiin uusi kappalejako, koska vanhassa ohjeessa tieto oli rajattu ja järjestetty epäselvästi. Uudessa kappalejaossa otettiin huomioon myös erikseen mittaus- tekniset vaatimukset sekä putki- ja automaatiosuunnittelussa huomioitavat seikat. Tämänkaltaisella kappalejaolla koettiin saavutettavan yksinkertainen ja rajattu informaatio.

tiomäärä, jottei tärkeä tieto huku liikaan informaatioon. Putki- ja automaatio suunnittelija löytävät helposti itselleen tärkeät asiat. Kyseisellä kappalejaolla huomattiin olevan myös vaikutus siihen, ettei ohjeissa esiinny turhaa toistoa. Kappalejako, jossa on erikseen mittaustekniset vaatimukset sekä putki- ja automaatio suunnittelussa huomioitavat seikat, ei kuitenkaan kyetty tekemään tai sitä ei koettu järkeväksi joka instrumentin kohdalla. Tämä tuli kyseeseen varsinkin silloin, kun instrumentilla oli hyvin yksinkertaiset ohjeet sijoitukselle tai instrumentin sijoituksessa ollaan hyvin pitkälti laitevalmistajan ohjeiden varassa.

5.3 Käyttö

Kaikki putkistoihin tulevat instrumenttilaitteet esitetään positioituna virtaus- ja PI-kaavioissa. Automaatio suunnittelija toimittaa putkistosuunnittelijalle ja 3D-mallintajalle PI-kaavioissa esitetyistä instrumenttilaitteista kaikki putkistosuunnittelun kannalta tarpeelliset asiapaperit ja mittapiirrokset, joiden perusteella positiokohtaisten laitteiden tarkoituksenmukainen sijoittaminen ja mallintaminen putkistopiirustuksiin voidaan suorittaa. 3D-mallintajalle toimitetaan sähköisessä muodossa instrumenttilaitteiden 3D-mallit, jos sellaiset ovat saatavilla.

Laite-esitteet ja mittapiirustukset kiinnitetään automaation suunnittelujärjestelmässä, esimerkiksi ProElina, piirin komponentille, josta dokumentti linkittyy WebPubiin. WebPubista putkistosuunnittelija voi hakea tarvitsemansa instrumenttilaitteiden tyyppi-, mitta- yms. tiedot. Lisäksi automaatio suunnittelija ajaa prosessiosalistan säännöllisin väliajoin ja toimittaa listan putkisuunnittelijoille.

Tämän ohjeen pääasiallisena tarkoituksena on opastaa putkistosuunnittelijaa instrumenttilaitteiden sijoittamisessa putkistoon. Automaatio suunnittelijalle tai automaatio suunnittelusta vastaavalle on kuitenkin varattava tilaisuus tarkastaa instrumenttilaitteiden sijoitus suunnitelmat.

5.4 Järjestelyt laitteiden huoltoa varten

Ellei kenttälaitteita ole mahdollisuus sijoittaa riittävän lähelle kulkutasoja, on niitä varten rakennettava pysyvät huoltotasot. Mikäli edellä mainittu järjestely ei ole mahdollista, kenttälaitteet on pyrittävä sijoittamaan siten, että huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa esimerkiksi henkilönostimen avulla.

Venttiileiden, magneettisten virtausanturien, pyörievien sakeusanturien ja muiden raskaiden laitteiden siirtoja varten on varattava kiinnityskohdat nostolaitteille ja riittävästi tilaa siirtoja ja nostolaitteita varten.

5.5 Automaattiventtiilit

Automaattiventtiileillä tarkoitetaan tässä ohjeessa prosessin ohjausjärjestelmästä ohjattavia säätö- ja auki/ kiinniventtiilejä.

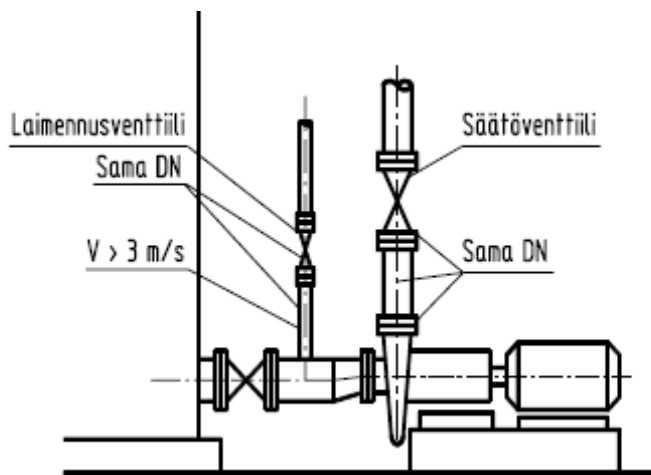
Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Automaattiventtiili on sijoitettava mahdollisimman helposti luoksepäästävään paikkaan. Ellei tämä ole mahdollista, on sijoituspaikka valittava siten, että venttiilin huolto päästään tekemään nostolaitetta apuna käyttäen. Suurten venttiileiden sijoituksessa on aiheellista varata tilaa myös apuvälineiden käytölle. Esimerkiksi taljaa varten on nostokohdan yläpuolella oltava ripustussilmukka ja riittävä tilavaraus nostolaitteelle. Automaattiventtiilin asennon osoituksen tulisi olla luettavissa kulkutasolta ilman apuvälineitä. [2, s.23- 26; 4]

Venttiili on sijoitettava siten, että toimilaite ja sen sisäosat voidaan, venttiilin rakenteen salliessa, irrottaa poistamatta venttiiliä putkesta. Eräät laitevalmistajat suosittelevat suurikokoisen venttiilin toimilaitetta asennettavaksi ensisijaisesti pystyasentoon. [2, s.23- 26; 5]

Putkisto on tuettava siten, että se pysyy paikallaan venttiilin ollessa poistettunakin. Suurikokoiset automaattiventtiilit ja toimilaitteet on tuettava erikseen, koska iso toimilaitte aiheuttaa vääntöä putkistoon.

Automaattiventtiili on sijoitettava mahdollisimman lähelle pumppua, jottei pumppua käynnistettäessä syntyisi voimakkaita paineiskuja venttiiliä vastaan. Pumpun ja venttiilin väliin laitetaan liitäntöjen läpimittaista putkea, kuten kuvassa 1 on esitetty. Palloventtiili voidaan asentaa suoraan pumpun laippaan. [4; 6]



Kuva 1. Säätöventtiili sijoitetaan mahdollisimman lähelle pumppua. Pumpun ja venttiilin väliin laitetaan liitäntöjen läpimittaista putkea. [7]

Virtausprofiili on venttiilin jälkeen hyvin epätasainen. Venttiiliä ei tule sijoittaa, eroosiosta johtuen, välittömästi ennen putken mutkaa tai haarautumaa. Automaattiventtiilin sijoituksen ei tulisi häiritä putkistoon sijoitettavia mittauksia. [2, s.23- 26]

Pystyputkissa on venttiili yleensä sijoitettava putken alapäähän alipaineen muodostumisen ehkäisemiseksi. Suuriläpimittaiset putket saattavat jopa lommahtaa litteäksi alipaineesta, joka syntyy nestepatsaan putoamisesta, kun venttiili sulkeutuu. [4]

5.5.1 Automaattiventtiilit massaputkistoissa

Putkihaaroissa oleva säätöventtiili on sijoitettava niin lähelle haaroitusliitäntää kuin se sijoitusteknisesti on mahdollista, ettei massa venttiilin sulkeutuessa ja haaravirtauksen pysähtyessä pääse suotautumaan tulpaksi venttiilin eteen. Säätöventtiili sijoitetaan aina massajauhimen ulostuloputkeen.

5.5.2 Automaattiventtiilit nesteputkistoissa

Laimennusvesiputkissa säätöventtiili sijoitetaan mahdollisimman lähelle laimennusvesiputkea ja laimennettavia aineita, esimerkiksi massaa tai kaoliinia, kuljettavan putken liittymäkohtaa. Jos on olemassa pumpun tai venttiilin aiheuttama kavitointivaara, laajennetaan laimennusputkea venttiilin jälkeen liitoskohdan mekaanisen kestävyuden parantamiseksi.

Lämmönsiirtimen läpi virtaavan nesteen säätöventtiili sijoitetaan yleensä ulostulopuolelle. Jos lauhde tai muu kuuma neste purkautuu säiliöistä omalla paineellaan, on venttiili sijoitettava putkistossa niin alas, että venttiilin jälkeinenkin staattinen paine ylittää höyrystymispaineen. Jos paisuntaa ei venttiilissä kuitenkaan voida välttää, on venttiili sijoitettava aivan putken loppupäähän.

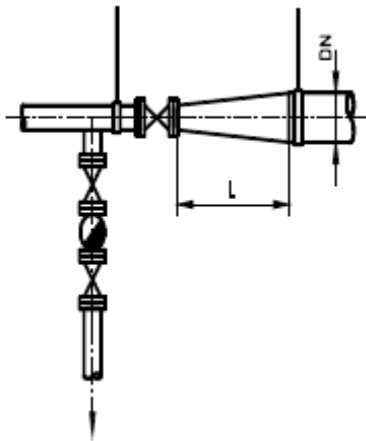
Istukkaventtiilin säätäessä sakkaa sisältävää nestettä, on venttiili sijoitettava pystyputkeen. Sakkaa sisältävien nesteiden säätö pyritään hoitamaan yleensä palloventtiilillä. [5]

5.5.3 Automaattiventtiilit höyryputkistoissa

Koska säätöventtiilin molemmille puolille yleensä sijoitetaan supistuskartiot, on tämä osa mekaanisesti muuta putkistoa heikompi kohta. Tämä on otettava huomioon kannakesuunnittelussa ja katsottava, että höyryputkien tuenta ja lämpöliikkeet järjestetään siten, ettei säätöventtiilin kohta joudu ylisuurien mekaanisten rasitusten alaiseksi.

Säätöventtiili muodostaa putkeen kynnyksen ja siten vesipussin. Tämä on huomioitava höyryputkiston vesityksiä järjestettäessä. Erityisesti läppäventtiilit on sijoitettava siten, etteivät ne joudu alltiiksi vesi-iskuille.

Höyrynpaineen alennusosemilla on paineensäätöventtiilin jälkeinen kartio tehtävä hyvin loivaksi kovan äänen ja värinän välttämiseksi. Kartion pituus $L = 4..6 \times (D-d)$. Katso kuvasta 2 esimerkki kartiosta, joka on paineensäätöventtiilin jälkeen. [7]



Kuva 2. Paineensäätöventtiilin jälkeinen kartio. Kartion pituus $L = 4..6 \times (D-d)$. [7]

Höyrynjäähdytintä, desuperheater, seuraavien suorien putkiosuuksien on oltava mahdollisimman pitkiä.

5.5.4 Automaattiventtiilit automaatio suunnittelussa huomioitavaa

Venttiilityypin valinnassa on noudatettava laitevalmistajan suosituksia. Suotautuminen, kuluttava väliaine yms. seikat on otettava huomioon esimerkiksi tiivistemateriaalin valinnassa. Venttiileille on usein asetettu projektikohtainen suurin sallittu melutaso. Seuraavassa lyhyet ohjeet venttiilin valintaan:

Läppäventtiiliä voidaan käyttää

- höyryllä, kun paine on alle 400 kPa
- vedellä
- massalla säätökäytössä, kun sakeus on alle 2,5 %
- massalla auki-kiinni -käytössä, kun sakeus on alle 4,0 %

- kun pienin käytettävä läppäventtiilikoko on DN80
- säätöalueen ollessa pieni.

Pallokalottiventtiiliä käytetään

- säätökäytössä massan sakeuden ollessa yli 2,5 %
- auki-kiinni -käytössä massan sakeuden ollessa yli 4,0 %
- vaadittaessa hyvää säädettävyyttä
- kun tiiviyttä ei vaadita molempiin suuntiin.

Palloventtiiliä käytetään

- kun läppä ja kalottiventtiili eivät sovellu
- paine-eron ollessa suuri
- vaadittaessa suurta tiiveyttä.

Levyluistinventtiiliä käytetään

- auki-kiinni -sovelluksissa ja tilanteissa, joissa läppäventtiiliä ei voida käyttää.

Letkuventtiiliä käytetään

- väliaineen ollessa tarttuvaa tai tahmeaa esimerkiksi kaoliini, talkki tai kalkkimaito.

Istukkaventtiiliä käytetään

- kattilalaitoksien korkeapainesovelluksissa, esimerkiksi syöttöveden, höyryn ja kemikaalien, annosteluventtiilinä.

Istukka ja kiertoistukkaventtiiliä käytetään

- puhtailla aineilla venttiilin yli olevan paine-eron ollessa suuri.

Tulppaventtiilejä käytetään

- erikoistapauksissa, kuten viherlipeällä.

Venttiilin ja toimilaitteen mitoituksessa käytetään venttiilivalmistajan mitoitusohjelmaa.

[5]

5.6 Mittausanturit

Mittausantureiden sijoituksessa automaatio suunnittelu määrittelee käytettävän liitäntätyypin ja putkisuunnittelu määrittelee liitännän materiaalin. Suunniteltaessa mittausantureiden sijoitusta putkistoon on otettava huomioon seuraavat seikat:

- Prosessi ja ympäristöolosuhteiden kannalta oikea sijoitus.
- Mittausteknisesti oikea sijoitus, esimerkiksi viiveet, edustavuus.
- Luoksepäästävyys ja huollettavuus, mikäli mahdollista prosessia keskeyttämättä.
- Impulssiputkien vedon kannalta oikea sijoitus.
- Muut erikoishuomiot.

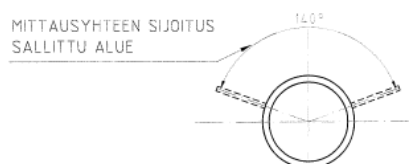
Seuraavassa käsitellään puunjalostusteollisuuden mittausantureiden sijoittamista.

5.7 Paineen mittaus

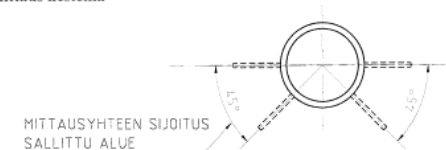
Mittaustekniset vaatimukset

Paineanturin liitäntä sijoitetaan putken sivulle tai yläpuolelle, mutta ei mielellään putken alapuolelle. Pääsääntöisesti asennus tapahtuu kaasuilla, ilmoilla ja höyryillä putken yläpinnalle ja nesteillä putken sivuille, kuten kuvassa 3 esitetään. Liitännän kohdalla ei saa esiintyä voimakasta virtausta tai pyörteitä, varsinkaan pienillä painealueilla alle 200 kPa.

Paineenmittaus ilmoilla ja kaasuilla



Paineen mittaus nesteillä



Kuva 3. Mittausyhteen asennus. [7]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Paikallinen painemittari on sijoitettava siten, ettei se täris ja se on helposti luettavissa kulkutasolta, kuten kuvassa 4. Painemittaus asennetaan mahdollisimman huoltoystävälliseen paikkaan, joko suoraan yhteeseen, kalvolliset anturit, tai lähelle yhdettä sulkuventtiiliin kera, impulssiputkitettavat. Pitkät hitsattavat paine-yhteet on tuettava. [5]

Paine-anturin liitäntä varustetaan tavallisesti sulkuventtiilillä, joka sijoitetaan helposti päästävään paikkaan, kuten kuvassa 4 esitetään. Jos lähetin kiinnitetään suoraan kalvo-paineanturin liitäntälaippaan, toisinaan kapillaarivälityksellä, on huomattava varata tilaa lähettimelle sekä samalla huolehdittava siitä, ettei putki pääse voimakkaasti tärisemään.



Kuva 4. Kuvasta havaitaan liitännän sulkuventtiili ja impulssiputkitus sekä kuvassa vasemmalla paikallinen painemittari.

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Painelähtetimen valinta riippuu väliaineesta. Lähetin liitetään putkistoon seuraavasti.

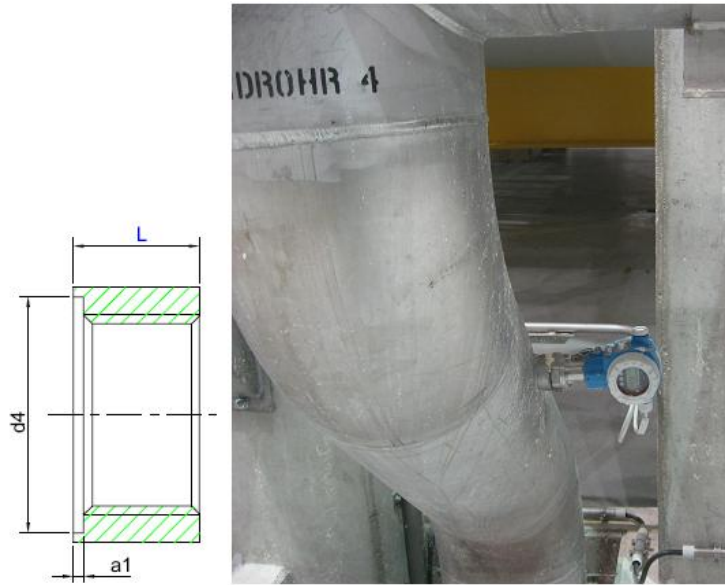
- Impulssiputkella, kuten esimerkiksi kuvassa 4. Periaate ei sovellu saostuville aineille.
- Laippaliitännällä, kuten esimerkiksi kuvassa 5. Lähetintä ei voida irrottaa ajon aikana.

- Kierrelitännällä. Lähetintä ei voida irrottaa ajon aikana.
- Yhteenä käytetään asennusventtiiliä. Lähetin voidaan irrottaa prosessista myös paineellisena.
- Lähettimen primääriosa on asennettu suoraan prosessiin ja lähetinelektroniikka on asennettu kauemmaksi.
- Painevälittimen, kapillaarin, avulla. Tällöin painetieto on siirretty kauemmaksi. Kapillaarien käyttö tulisi varmistaa projektikohtaisesti.

[5; 6; 8, s.54-66]



Kuva 5. Kuvassa näkyvät lämpötilan ja paineen mittaus massaputkessa. Painemittaus on liitetty prosessiin laippaliitännällä. Lämpötilan mittaus on asennettu myötävirtaan, koska mittaus suoritetaan massaputkesta.



Kuva 6. Kuvassa vasemmalla yhdekuva valmistajan erikoisyhteestä ja oikealla kyseisellä yhteellä toteutettu painemittaus.

Paineen välittimelliset mittaukset ovat asennuseriaatteeltaan vastaavanlaisia kuin impulssiputkitetut. Hydraulisten kapillaarivälittimien asentamisessa on huomioitava anturien sijoitus ja etäisyydet lähettimiin. Väliaineiden, jotka saattavat sakkautua ja aiheuttaa tukoksen, painemittaus tulisi suorittaa esimerkiksi toimittajan erikoisyhteellä. Esimerkki laitevalmistajan erikoisyhteestä on kuvassa 6. Pienellä paineella ja alipaineella käytetään paine-erolähetintä. [8, s.54- 66; 5]

Painemittauksessa lämpötila täytyy ottaa huomioon varsinkin impulssiputkitetuilla ja kapillaarivälitteisillä mittauksilla, esimerkiksi eristämällä tai sähkö saattamalla impulssiputket ja valitsemalla välitinnesteelle oikea lämpötilakestoisuus kapillaarivälitteisiin mittauksiin. [4; 5]

Suoraan prosessiin liitettyä lähetintä ei yleensä voi irrottaa käytön aikana. Käytettäessä sopivaa venttiiliä, jonka kautta lähetin liittyy prosessiin, voidaan lähetin irrottaa myös paineellisena prosessista. Impulssiputkitetuissa tai kapillaarisissa sovelluksissa lähetin pyritään sijoittamaan hoitotasolle tai muuhun helposti päästävään paikkaan.

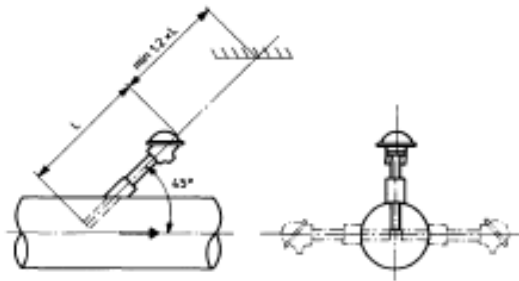
Voimakas putkistotärinä saattaa häiritä suoraan prosessista tehtävää mittausta, joka on syytä ottaa huomioon asennustapaa valittaessa.

5.8 Lämpötilan mittaus

Mittaustekniset vaatimukset

Lämpötila-anturi on sijoitettava kohtaan, jossa mitattava aine on mahdollisimman voimakkaassa liikkeessä. Putkissa tämä vaatimus on yleensä täytetty. Putken on oltava anturin kohdalla täynnä.

Lämpötila-anturi sijoitetaan neste- ja höyryputkessa kohtisuoraan tai vastavirtaan. Masaputkessa anturi sijoitetaan myötävirtaan, kuten kuvassa 5 esitetään. Kuvassa 7 havaitaan lämpötila-anturin sijoitus prosessiputkeen.

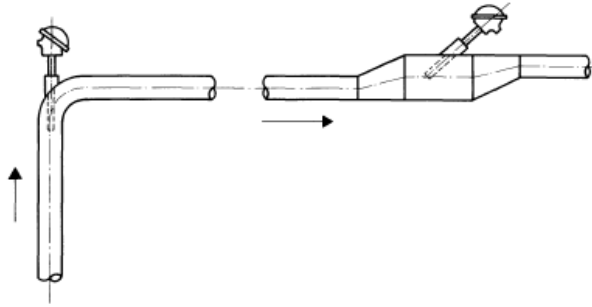


Kuva 7. Lämpötila-anturin sijoitus prosessiputkeen. Kuvasta havaitaan myös tilavara-ukset anturin poistoa ja huoltoa varten. [2, s.16]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Lämpötilamittausyhde sijoitetaan vaakasuoraan tai ylhäältä alaspäin, jotta valuvat nesteet eivät tunkeutuisi anturin kytkinrasiaan ja kaapelin suoja-putkeen.

Standardianturin vähimmäispituus on 160 mm. Pieniläpimittaisissa ($D < 50$ mm) putkissa standardipituinen anturi sijoitetaan putkikäyrään tai putken laajennukseen, kuten kuvassa 8 esitetään. Näissä tapauksissa olisi syytä neuvotella automaatio suunnittelijan kanssa mahdollisuuksista käyttää lyhyempää anturia. Kuvasta 9 havaitaan esimerkki putkikäyrään asennetusta anturista. [4]



Kuva 8. Lämpötila-anturin sijoitus pieniin putkiin. [2, s.16]



Kuva 9. Putkikäyrään asennettu lämpötilan mittaus.

Paikallinen lämpömittari tulisi sijoittaa siten, että se on helposti luettavissa. Lämpötila-anturi on sijoitettava mahdollisimman lähelle lämmönsiirtimen ulostuloliitäntää, mieluiten niin, että anturi menee suoraan lämmönsiirtimen sisään. Putkessa olevan hiljakeit-täjän jälkeen anturi sijoitetaan vähintään metrin päähän höyryn ja nesteen tai kahden nesteen sekoituspaikasta.

Jäähdytettäessä höyryä vesisuihkulla anturia ei saa sijoittaa lähelle suihkutuskoh-
taa, koska ennen lämpötila-anturia vaaditaan veden ja höyryn mahdollisimman täydellinen sekoittuminen. Höyryn virtausnopeudesta riippuen lämpötila-anturin sijoituskohdan etäisyys suihkutuskohdasta suorassa putkessa on 10..30 m. Anturi voidaan sijoittaa myös putkikäyrän jälkeiseen suoraan putkeen, riittävän etäälle käyrästä.

Eri lämpötiloissa olevien virtausten sekoituskohdan jälkeen lämpötila-anturi sijoitetaan vähintään $20 \times D$ etäisyyteen sekoituskohdasta, ellei putkistossa tätä ennen ole sekoituslaitetta. Säiliöissä lämpötila voi olla kerrostunut, mikä on syytä ottaa huomioon mittauskohtaa valittaessa. [2, s.15- 16; 5]

Lämpötila-anturin poistoa ja huoltoa varten on varattava tilaa noin 1,2 kertaa anturin pituuden verran. Kuvassa 8 on havaittavissa tilavaraus anturin poistoa varten. [2, s.15]

Säteilyyn perustuvan lämpötilan mittauksissa tulee varmistaa, ettei mittauksen keilan tiellä ole esteitä [8, s.53].

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Säteilyyn perustuvan lämpötilan mittauksissa kiinteästi asennettava laite voi tarvita jäähdytyksen, jos ympäristölämpötila on korkea [8, s.53].

Lämpötilamittausantureiden erilaiset liitäntätavat ja suojataskut on esitetty standardissa DIN 43772. Yhteen pituuden valinnassa on huomioitava anturin upotussyvyys ja asennuskulma, putken halkaisija ja eristyksen paksuudet. Kuvissa 10 ja 11 tornin ulko- ja sisäpuolelle hitsattu suojataskullinen lämpötilanmittausyhde, kuvat ovat samasta mittauksesta. Kuvassa 12 kierteellinen lämpötilanmittausyhde. [9, s.17; 5]



Kuva 10. Tornin ulkopuolelle oleva lämpötilan mittaus.



Kuva 11. Tornin sisäpuolella oleva lämpötilamittauksen suojatasku.



Kuva 12. Kierteellinen lämpötilanmittausyhde.

5.9 Virtauksen mittaus

5.9.1 Paine-eromenetelmät mittalaipat, mittaussuuttimet ja venturit

Mittaustekniset vaatimukset

Kuristuselimen kohdalla tulee putken olla aina täynnä ja ylipaineen tulisi olla vähintään 50 kPa, paitsi ilmaventureilla ja aerofoileilla. Muussa tapauksessa kuristuskohdassa syntyy alipainetta, jolloin pienetkin ilmavuodot impulssiputkissa aiheuttavat häiriöitä. Jos nesteessä on sakkaa, sijoitetaan kuristuselin pystysuoraan putkeen, jossa virtaus-suunta on ylöspäin. Nestevirtausta mitattaessa putken pitää olla täynnä nestettä. Nesteessä ei saa esiintyä kaasukuplia tai vaahtoa. Mitattava neste ei saa höyrystyä mitattavassa kohdassa. Nestevirtauksessa kuristuselin sijoitetaan mieluummin vaakasuoraan tai nousevaan putkeen. Mittaussyutinta ei saa sijoittaa pystyputkeen likaavilla aineilla. Höyrymittalaippa tulisi varustaa ”vesireiällä”, jotta kondenssi ei kerry laipan toiselle puolelle. [2, s.4-6; 5]

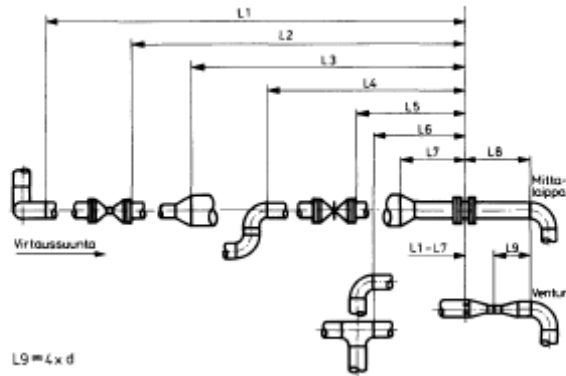
Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Mittalaippa tai venturi sijoitetaan suoraan putkisto-osaan. Suoran osan vähimmäispituus riippuu kuristusaukon ja putken läpimittojen suhteesta sekä siitä, minkälainen virtausta häiritsevä elin suoran osan alussa on.

Suoraa putkea ennen mittalaippaa tulee olla $20..30 \times D$ ja mittalaipan jälkeen $5 \times D$. Suoraa putkea ennen venturia tulee olla vähintään $5 \times D$. Pakottavissa tapauksissa voidaan välittömästi venturin jälkeen sallia käyrä. Poikkeavuuksia saattaa eri laitevalmistajien suosituksissa esiintyä, joten sijoitukseen liittyvät kysymykset on syytä selvittää automaatio suunnittelijan kanssa.

Ohjearvoina suoran osan pituudelle voidaan pitää kuvissa 13, 14 ja 15 putkiläpimitan (D) kerrannaisia. Kuvassa 13 tulo- ja jättöpuolen häiriötön osuus, kun putkistossa on käyriä, haaroituksia, täysin auki olevia venttiilejä tai muita virtaushäiriöitä aiheuttavia tekijöitä. Kuvasta 14 käy ilmi tarvittava häiriötön putkiosuus mittaustaipaan, mittaussyut-

timen ja venturisuuttimen yhteydessä. Kuvasta 15 käy ilmi tarvittava häiriötön putkiosuus klassisen venturiputken yhteydessä. Kuvissa 14 ja 15 $\beta = d/d_i$ on halkaisijasuhde, d on kuristuslaitteen halkaisija ja d_i on putken halkaisija. [2, s. 4-6]



Kuva 13. Mittauslaipan, mittausuuttimen ja venturin vaatimat häiriöttömät putkiosuudet. [2, s.4]

β	Tulopuoli							Jättöpuoli
	L1 2 tai useampi käyrä eri tasossa $x d_i$	L2 Täysi- aukkoinen palloventtiili $x d_i$	L3 Laajennus ($0,5 d_i + d_i$, pituus $1 \dots 2 d_i$) $x d_i$	L4 2 tai useampi käyrä samassa tasossa $x d_i$	L5 Täysi- aukkoinen luistiventtiili $x d_i$	L6 Yksi 90° käyrä tai T-haara $x d_i$	L7 Supistus ($2 d_i + d_i$, pituus $1,5 \dots 3 d_i$) $x d_i$	L8 Mittalaipan jälkeen $x d_i$
0,20	34 (17)	18 (9)	16 (8)	14 (7)	12 (6)	10 (6)	5	4 (2)
0,25	34 (17)	18 (9)	16 (8)	14 (7)	12 (6)	10 (6)	5	4 (2)
0,30	34 (17)	18 (9)	16 (8)	16 (8)	12 (6)	10 (6)	5	5 (2,5)
0,35	36 (18)	18 (9)	16 (8)	16 (8)	12 (6)	12 (6)	5	5 (2,5)
0,40	36 (18)	20 (10)	16 (8)	18 (9)	12 (6)	14 (7)	5	6 (3)
0,45	38 (19)	20 (10)	17 (9)	18 (9)	12 (6)	14 (7)	5	6 (3)
0,50	40 (20)	22 (11)	18 (9)	20 (10)	12 (6)	14 (7)	6 (5)	6 (3)
0,55	44 (22)	24 (12)	20 (10)	22 (11)	14 (7)	16 (8)	8 (5)	6 (3)
0,60	48 (24)	26 (13)	22 (11)	26 (13)	14 (7)	18 (9)	9 (5)	7 (3,5)
0,65	54 (27)	28 (14)	25 (13)	32 (16)	16 (8)	22 (11)	11 (6)	7 (3,5)
0,70	62 (31)	32 (16)	30 (15)	36 (18)	20 (10)	28 (14)	14 (7)	7 (3,5)
0,75	70 (35)	36 (18)	38 (19)	42 (21)	24 (12)	36 (18)	22 (11)	8 (4)
0,80	80 (40)	44 (22)	54 (27)	50 (25)	30 (15)	46 (23)	30 (15)	8 (4)

Kuva 14. Häiriötön putkiosuus mittauslaipan, mittausuuttimen ja venturisuuttimen yhteydessä. [2, s.5]

β	L1 2 tai useampi käyrä eri tasossa $x d_i$	L3 Laajennus ($0,75 d_i - d_i$, pituus $> d_i$) d_i	L4 2 tai useampi käyrä samassa tasossa $x d_i$	L5 Täysiaukkoinen luisti venttiili $x d_i$	L6 Yksi 90° käyrä $x d_i$	L7 Supistus ($3 d_i - d_i$, pituus $> 3,5 d_i$) $x d_i$
0,30	(0,5)	1,5 (0,5)	1,5 (0,5)	1,5 (0,5)	0,5	0,5
0,35	(0,5)	1,5 (0,5)	1,5 (0,5)	2,5 (0,5)	0,5	1,5 (0,5)
0,40	(0,5)	1,5 (0,5)	1,5 (0,5)	2,5 (1,5)	0,5	2,5 (0,5)
0,45	(0,5)	2,5 (1,0)	1,5 (0,5)	3,5 (1,5)	1,0 (0,5)	4,5 (0,5)
0,50	(8,5)	2,5 (1,5)	2,5 (1,5)	3,5 (1,5)	1,5 (0,5)	5,5 (0,5)
0,55	(12,5)	3,5 (1,5)	2,5 (1,5)	4,5 (2,5)	2,5 (0,5)	6,5 (0,5)
0,60	(17,5)	3,5 (1,5)	3,5 (2,5)	4,5 (2,5)	3,0 (1,0)	8,5 (0,5)
0,65	(23,5)	4,5 (2,5)	4,5 (2,5)	4,5 (2,5)	4,0 (1,5)	9,5 (1,5)
0,70	(27,5)	5,5 (3,5)	4,5 (2,5)	5,5 (3,5)	4,0 (2,0)	10,5 (2,5)
0,75	(29,5)	6,5 (4,5)	4,5 (3,5)	5,5 (3,5)	4,5 (3,0)	11,5 (3,5)

Kuva 15. Häiriötön putkiosuus klassisen venturiputken yhteydessä. [2, s.5]

Säätöventtiili aiheuttaa häiriötä, jota ei pystytä määrittelemään, joten se pitää sijoittaa mittauskohdan jälkeen. Jos mittauskohta ennen esiintyy useita häiriölähteitä, häiriötömät putkiosuudet kasvavat. [2, s.7]

Putkisto on tuettava siten, että kuristuselin saadaan vaihdetuksi ilman putkiston tilapäistä kannatusta. Kuristuselin sijoitetaan, mikäli mahdollista, lähelle pilaria tai seinää, jotta impulssiputkien veto lähettimelle olisi helppo suorittaa. Sijoitusta säiliöiden ja koneiden päälle tulee välttää.

Paineulosotot kuristuselimestä otetaan yleensä vaakasuorassa putkessa sivulta, putken vastakkaisilta puolilta. Nesteillä paineulostulot otetaan 90° kulmassa viistosti alaspäin, jos sivuilla on vähän tilaa. Kaasuputkilla ja segmenttilaipoilla paineulostulot otetaan yläpinnasta. Tätä varten on putken sivuille varattava tilaa liitäntäputkille ja sulkuventtiileille vähintään 300 mm laipan ulkoreunasta mitattuna. Höyryputkissa, joiden yhteydessä käytetään lauhdeastioita, pitää tilavaruuksen olla vähintään 400 mm.

Tason läpi tulevassa putkessa kuristuselin sijoitetaan vähintään 2,0 metrin korkeudelle lattiasta. Kaasuputkissa mittalaippa tai venturi sijoitetaan 0,5..1,5 m korkeuteen hoitotasosta.

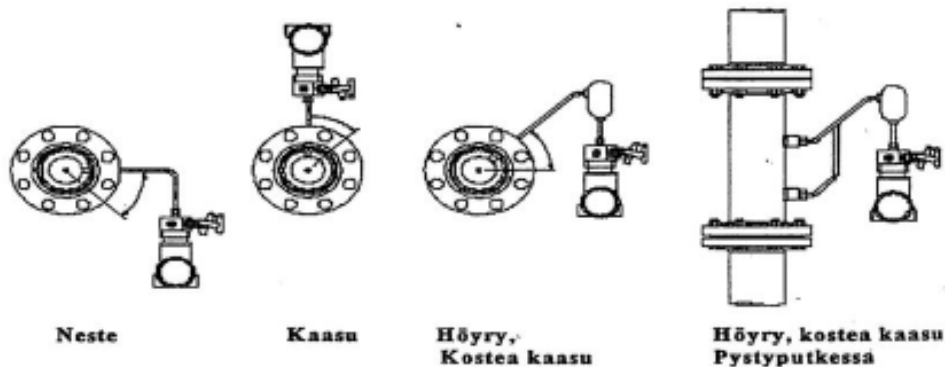
Höyryputkessa kuristuselin muodostaa kynnyksen, joka on huomioitava vesityksien sijoittelussa. Lauhteenerotinta ei kuitenkaan saa sijoittaa edellä määritellyille suorille

putkiosuuksille. Mittalaipat on pyrittävä sijoittamaan niin, etteivät ne joudu alttiiksi vesi-iskuille. [5]

5.9.2 Paine-eromenetelmä kuristuselinvirtausmittaus

Mittaustekniset vaatimukset

Kuristuselinvirtausmittaus voidaan asentaa vaaka- tai pystyputkeen, mutta yleensä suositellaan asennettavaksi vaakaputkeen. Nesteillä vaakaputkeen asennettaessa paine-eroyhteet tulisi osoittaa suoraan sivuille. Kaasuilla yhteet tulisi olla vaakaputken päällä tai pystyputkessa. Paine-eroyhteet voidaan tarvittaessa asentaa myös toisin, tällöin on seurattava laitevalmistajien lisäohjeita. Pystyputkeen asennettaessa paine-eroyhteiden asennolla ja impulssiputkilla ei ole suurta merkitystä, jos mitataan nesteitä. Kaasu- ja höyrymittauksissa lisäohjeet lähettimen liitännästä on syytä tarkistaa laitevalmistajien ohjeista. Kuvassa 16 näkyvät esimerkit yhteiden asennuksesta vaakaputkeen nesteillä, kaasulla, höyryllä ja kostealla kaasulla sekä yhteiden asennus pystyputkeen höyryllä ja kostealla kaasulla. [5; 7; 10, s.18]



Kuva 16. Esimerkki yhteiden asennuksesta. [8]

Kuristuselinvirtausmittauksen häiriöttömien putkiosuuksien tulisi olla tulopuolella $3 \times D$ ja jättöpuolella $1 \times D$. Liitäntä putkistoon tehdään joko hitsaten tai laipoilla. Virtaus-suunta täytyy huomioida anturia asennettaessa. [10, s.18]

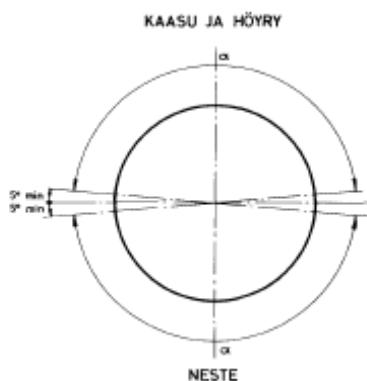
5.9.3 Paine-eromenetelmä, pitot-putki

Pitot-putkea asennettaessa tulisi ottaa huomioon aina laitevalmistajien vaatimukset.

Mittaustekniset vaatimukset

Pitot-putken anturi sijoitetaan keskelle putkea, niin että se on kohtisuorassa virtaussuuntaa vastaan. Nestevirtausta mitattaessa putken täytyy olla täynnä nestettä. [10, s.18]

Pitot-putki voidaan asentaa vaaka- tai pystyputkeen. Vaakaputkeen asennettaessa anturi asennetaan nestemittauksilla putken alapuolelle, kaasumittauksilla putken yläpuolelle ja höyrymittauksilla laitevalmistajasta riippuen putken sivuille tai yläpuolelle. Kuvassa 17 esitetään mittalaitteen sijoitus vaakasuoraan putkeen. Häiriöttömien putkiosuukien pituudet tulopuolella $7..24 \times D$ ja jättöpuolella $4 \times D$. [2, s.13; 11; 12]



Kuva 17. Mittalaitteiden sijoitus vaakasuoraan putkeen. [2, s.13]

5.9.4 Paine-eromenetelmät automaatio suunnittelussa huomioitavaa

Mitattaessa kaasua paine-eromenetelmällä mahdollinen impulssiputkissa lauhtuva neste valuu takaisin prosessiin asentamalla impulssiputket nouseviksi. Höyrymittauksissa käytetään pääsääntöisesti laskevia impulssiputkia. Impulssiputkien on oltava aina täynnä, minkä varmistamiseksi asennetaan lauhdeastiat mittalaitteen ulostulojen yläpäähän samalle tasolle. Lauhdeastiat voivat olla höyryllä, myös mittalaitteen yläpuolella. Nesteillä impulssiputket pitää olla jatkuvasti laskevia. Impulssiputkituksien olisi syytä olla

mahdollisimman lyhyet. Impulssiputkien puhdistusta varten voidaan asentaa ulospuhallusventtiilit. [2, s.10; 7; 8, s.86]

Paine-eromenetelmissä kylmyys ja kuumuus täytyy ottaa huomioon varsinkin impulssiputkitetuilla mittauksilla, esimerkiksi eristämällä tai sähkösaattamalla impulssiputket. Impulssiputkitetuissa sovelluksissa lähetin pyritään sijoittamaan hoitotasolle tai muuhun helposti päästävään paikkaan.

5.9.5 Magneettiset määrämittarit

Magneettinen määrämittari on tavallisesti laipallinen putken osana oleva laite, jossa magneetikenttä synnytetään vastakkaisille puolille asennetuilla magneetikäämillä. Jännitteiden mittausta varten olevat kaksi elektrodia ulottuvat mitattavaan nesteeseen. Mittausputki on tavallisesti valmistettu epämagneettisesta teräksestä, joka on sisäpuolelta eristävästi vuorattu tai tehty muovista.

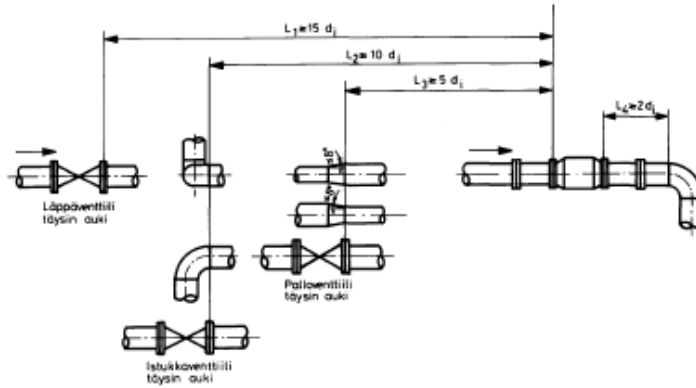
Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Mittausputki tulee sijoittaa siten, että elektrodit tulevat vaakaputkessa putken sivulle. Näin ehkäistään mahdollisten kaasukuplien ja sakkautumien aiheuttamat häiriöt mittaukseen. [2, s.8]

Mittausputken kohdalla putken tulee olla täynnä nestettä, eikä mitattavassa nesteessä saa esiintyä kaasukuplia eikä vaahtoa. Mittausputkea ei saa asentaa putkiston ylämutkaan tai sellaiseen putkiston kohtaan, johon voi syntyä alipainetta. [4]

Mittausputki sijoitetaan säiliöstä lähtevään putkeen, mikäli mahdollista niin alas, että se on säiliössä olevan nestepinnan alapuolella ainakin säiliön ollessa täynnä. Mittausputki, jonka vuoraus ei kestä alipainetta, tulee sijoittaa siten, ettei siihen kohdistu alipainetta esimerkiksi pumpun pysähtyessä tai venttiilin sulkeutuessa. [4; 5]

Mittausputken tulo- ja jättöpuolelle tulee jättää vähintään kuvan 18 mukaiset häiriöttömät putkiosuudet. Tulopuolella häiriötönosuus on vähintään $5 \times D$ ja jättöpuolella vähintään $2 \times D$.



Kuva 18. Magneettisen määrämittarien kohdalla on huomioitava kuvan mukaiset häiriöttömät putkiosuudet. [2, s.8]

Säätöventtiili sijoitetaan magneettisen määrämittarin jälkeen. Poikkeuksena MC-pumppaus, jossa venttiili on asennettava pumpun laippaan. Kuvassa 19 nähdään esimerkki MC-pumppauksesta, jolloin magneettinen määrämittari on asennettu venttiilin jälkeen. [5]



Kuva 19. Säätöventtiili tulisi sijoittaa magneettisen määrämittarin jälkeen. Kuvassa poikkeustapaus, MC-pumppaus, jolloin venttiili on asennettu MC-pumpun laippaan ja magneettinen määrämittari on asennettu venttiilin jälkeen.

Mittaputki on pyrittävä sijoittamaan siten, ettei sen välittömässä läheisyydessä ole suuria rautamassoja tai voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä. Nesteen johtokyvyn vaihteet häiritsevät myös mittausta. [5; 8, s.89]

Mittausputki pyritään sijoittamaan siten, ettei se tyhjene tilapäisessä seisokissa. Pehmeillä vuorauksilla ja kuluttavilla virtausaineilla käytetään mittausputken tulopuolella tarvittaessa suojakaulusta vuorauksen suojaamiseksi. Pyrittäessä suuriin mittaus-tarkkuuksiin suojakaulusta ei käytetä.

Putkisto on tuettava käyttämällä tuentoja siten, ettei virtausanturiin kohdistu suuria voimia. Mittausputken paikka tulee valita siten, että sitä voidaan tarvittaessa käsitellä nostolaittein. Muoviputkissa sekä eristävästi vuoratuissa putkissa käytetään maadoitusrenkaita.

Jos mittausputki sijoitetaan höyryhuuhtelulla varustettuun putkistoon, valitaan käyttöön höyrypesun kestävä mittausputki tai mittausputki varustetaan ohituksella. Jos putki tai anturi vaatii ajoittaista puhdistusta, virtausanturin kohdalle tulisi järjestää ohitusputki.

Mittausputkien molemmin puolin voidaan asentaa laipoitetut väliputket ns. lankarullat. Väliputket ja määrämittari voidaan koota valmiiksi kokonaisuudeksi jo verstaalla, jolloin määrämittarin vuoraukset eivät joudu putkistoon asennusvaiheessa alttiiksi kolhuille. Väliputkien pituus on oltava vähintään 250 mm.

Potentiaalitasauksen vuoksi on mittaputken molemmin puolin laitettava 6 mm maadoituspultit. Pultit on hitsattava prosessiputkeen n. 10 cm:n päähän putkilaipasta. Vaihtoehtoisesti voi putkilaippaan esivalmistusvaiheessa tehdä kierrereiän maadoituspulttia varten.

Putkiston käynnistyshuuhtelua varten tehdään tarvittaessa kutakin väliputki virtausanturiyhdistelmää vastaava suora laipoitettu putkiosa, niin sanottu mannekiini. Tämän kaltainen menettely on kuitenkin todella harvinaista.

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Vahvistin tulisi sijoittaa pilariin tai seinään, hyvälle huoltokorkeudelle ja helposti päästävään paikkaan. Magneettiset määrämittarit eivät kestä suurta ulkopuolista kuumuutta ja kylmyyttä.

5.9.6 Massamäärämittaus

Mittaustekniset vaatimukset

Massamäärämittaus asennetaan ensisijaisesti pystyputkeen, koska tällöin ilma kulkee tasaisemmin anturin läpi. Suositeltava asennustapa nesteillä on ylöspäin ja kaasuilla alaspäin suuntautuvaan virtaukseen. Sijoitusta putkiston korkeimpaan kohtaan tulee välttää. [2, s.11; 8, s.94; 10, s.19]

Massamäärämittauksen sijoituksessa täytyy myös huomioida, että mahdollisten ilmakuplien esiintyminen minimoidaan. Anturin täytyy olla aina täynnä mitattavaa nestettä tai kaasua. Anturin kohdalle ei saa muodostua taskua epäpuhtauksille, vaahdolle tai ilmalle. Anturiin ei saa jäädä tai kondensoitua nestettä tai epäpuhtauksia. [2, s.11; 5; 10, s.19]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Pääsääntöisesti massamäärämittauksessa suoria putkiosuuksia ei tarvita, tämä tosin on syytä tarkistaa valmistajakohtaisesti. Vaakaputkeen asennettaessa pitkiä pystysuoria pudotuksia tulee välttää mittarin jättöpuolella. [5; 10, s.19; 13, s.10]

Putkiston tuenta on laitekohtainen. Joidenkin laitteiden kohdalla putkisto tulee kannakoida kahdella kannakkeella anturin kummaltakin puolelta tärinöiden ja anturiin kohdistuvan väännön välttämiseksi. Pienet anturit voidaan asentaa suoraan putkistoon. Isot anturit vaativat tärinättömän asennusalustan. Asennuksessa täytyy varmistaa, ettei anturiin välity putkiston jännityksiä, jotka voivat aiheuttaa virhettä mittaukseen. [2, s.11; 5; 8, s.94]

Anturia ei saa sijoittaa moottoreiden, muuntajien tai muiden sähkömagneettisten häiriölähteiden lähelle. Teollisuusputkistojen normaalit värähtelytaajuudet ovat n. 50- 60 Hz. Nämä eivät häiritse mittausta, mutta jos putkistossa esiintyy mittauksen käyttämiä värähtelytaajuuksia, täytyy ne vaimentaa. [2, s.10; 8, s.94]

5.9.7 Terminen massavirtausmittaus

Termisessä massavirtausmittauksessa mitataan vakio­lämmitystehoista vastuslankaa: mitä suurempi virtaus, sitä enemmän lanka jäähtyy. Laite mittaa suoraa massavirtausta. Mittaustapa soveltuu kaasuille ja nesteille. [8, s.95; 10, s.19;]

Sijoituksessa on noudatettava laitevalmistajien ohjeita. Ellei laitevalmistaja ole muuta esittänyt, on mittalaitteen tulopuolelle jätettävä $20 \times D$ ja jättöpuolelle $5 \times D$ häiriöttömät putkiosuudet. Häiriölähteen ollessa säätöventtiili tulopuolen häiriöttömän putkiosuuden tulee olla yli $40 \times D$. [2, s.11]

5.9.8 Massamäärämittaus automaatio­suunnittelussa huomioitavaa

Massamäärämittauksen etuna muihin mittaustapoihin on, että mittaus mittaa suoraa massaa. Monimuuttujamittauksella on mahdollista saada tietoa virtauksesta, tiheydestä ja lämpötilasta. [8, s.94; 10, s.19]

Vahvistin tulisi sijoittaa pilariin tai seinään, hyvälle huoltokorkeudelle ja helposti päästävään paikkaan. Massamäärämittauksessa käytetyt laitteet eivät kestä suurta ulkopuolista kuumuutta ja kylmyyttä.

5.9.9 Uimurivirtausmittarit

Uimurivirtausmittari on laite, jonka toiminta perustuu painovoiman ja sen vastakkaisuuntaisen dynaamisen virtausvoiman hyväksikäyttöön. Uimurivirtausmittarit on tästä syystä aina sijoitettava tarkasti pystysuoraan asentoon ja virtaussuunnan on oltava al-

haalta ylöspäin. On olemassa myös jousikuormallisia uimureita, jotka voidaan asentaa muuallekin kuin pystyputkeen. Näiden sijoitusohjeet sekä tarkemmat tiedot löytyvät laitevalmistajilta. Kuvassa 20 on esimerkki uimurivirtausmittareista. [2, s.14]

Uimurivirtausmittari on sijoitettava ennen säätöventtiiliä, ja venttiili on lukittava siten, että se on kiinni pumpun seisoessa. Uimurivirtausmittarin uimuri iskee voimakkaasti ylärajaansa vastaan, jos pumppu käynnistetään tyhjiin avonaiseen putkeen.



Kuva 20. Uimurivirtausmittareita.

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Uimurivirtausmittari ei saa olla alttiina tärinälle, joten sekä uimurivirtausmittari että putkisto on tuettava hyvin. Uimurivirtausmittariin, varsinkin lasiputkiseen, ei saa kohdistua ylisuuria putkistosta aiheutuvia rasituksia. Uimurivirtausmittari on aina asennettava niin, että osoitus jää näkyviin ja on sopivalla korkeudella lattiasta.

5.9.10 Pyörivät määrämittarit

Erilaisia pyöriviä määrämittareita, esimerkiksi Woltman-, soikio-, ratas- ja rengasmäntämittareita, käytetään tarkkoihin määränmittauksiin. Pyörivissä määrämittareissa mitattava aine aiheuttaa mekaanisen liikkeen mittarin läpi kulkiessaan. Ennen mittaria sijoitetaan tavallisesti suodatin sekä ilmanpoistin.

Pyörivät määrämittarit ovat yleensä arkoja nesteiskuille. Ne pitää sijoittaa siten, ettei pumppua voida käynnistää tyhjiin putkeen niitä vastaan. Soikioratasmittareille järjestetään ohitus sekä ennen mittaria suodatin ja ilmanpoistin. Mittari käynnistetään ohituksen avulla hitaasti kuormitusta nostaen.

Mittareissa on mekaaninen summan osoitin ja joskus myös virtausosoitus ja lähetin.

Mittareissa on myös virtaussuunta määrätty. Mittari on sijoitettava niin, että paikallinen osoitus on helposti luettavissa.

5.9.11 Turbiinianturit ja tilavuuskammionmittarit

Turbiinimittareissa virtaava aine saa mittarin siivikon pyörimään, jolloin mittari mittaa virtausnopeuden. Tiedettäessä mittauskohteen poikkipinta-ala saadaan selville tilavuusvirta. Turbiinianturit ja tilavuuskammionmittarit soveltuvat hyvin suurien kaasu- ja nestemäärien mittauksiin. [14]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Nestemittauksissa putkisto varustetaan kaasunpoistolla ja suodattimilla. Tulopuolelle tulisi jättää vähintään $15 \times D$ häiriötön osuus ja jättöpuolelle $5 \times D$. Turpiinimittarin yhteydessä olisi syytä käyttää virtauksen oikaisijaa. [2, s.14]

Mittariin ei saa kohdistua putkistovoimia eikä paineiskuja. Mittarin ollessa varustettuna paikallisnäytöllä, mittari sijoitetaan putkistoon 1000..1500 mm hoitotason yläpuolelle. Tilavuuskammionmittari varustetaan ohituksin prosessin sitä vaatiessa. [2, s.14]

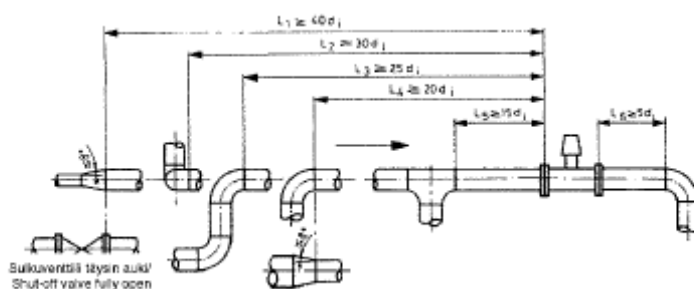
5.9.12 Pyörrevanavirtausmittaus

Pyörrevanavirtausmittauksen laitteessa on estekappale, jonka muoto poikkeaa virtauslinjan muodosta. Kappaleen taakse syntyy pyörteitä, joilla on määrätty taajuus. Mittaamalla pyörteen nopeutta saadaan selville aineen virtausnopeus. Menetelmää käytetään lauhde- ja höyrymittauksissa. [8, s.97; 10, s.18]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Pyörrevanavirtausmittaus voidaan asentaa joko vaaka- tai pystyputkeen, ja se on useimmilla laitevalmistajilla laippojen väliin asennettavaa mallia. Nestevirtausta mitattaessa putken pitää olla täynnä nestettä, eikä mitattavassa nesteessä saa esiintyä kaasukuplia tai vaahtoa. Mittari pitää sijoittaa ennen säätöventtiiliä tai muita osittain suljettuja venttiilejä. Vesi-iskujen välttämiseksi höyryputkistossa tulee järjestää lauhteen poisto. [2, s.9-10; 10, s.18]

Pyörrevanavirtausmittauksessa tärkeimmät huomiot ovat häiriöttömät suorat osuudet, jotka ovat vähintään tulopuolella $15 \times D$ ja jättöpuolella $5 \times D$. Käyttämällä virtauksen oikaisijaa voidaan suoraa osuutta tulopuolella pienentää suunnilleen puoleen. Kuvassa 21 on pyörrevanavirtausmittarin suositeltavat häiriöttömät putkiosuudet. [10, s.18]



Kuva 21. Pyörrevanavirtausmittareiden häiriöttömät putkiosuudet.

Virtaussykettä ja putkistovärähtelyä ei saa esiintyä mittarin sijoituspaikalla. Putkisto tulee tukea siten, että mittari voidaan irrottaa. Laitteeseen ei saa kohdistua voimakasta räsytystä, ja sen pitää olla helposti päästävissä paikassa. [2, s.10; 10, s.18]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Mikäli pyörrevanavirtausmittauksen vahvistin on erillinen, se tulisi sijoittaa pilariin tai seinään, hyvälle huoltokorkeudelle ja helposti päästävään paikkaan.

5.9.13 Ultraääneen perustuva virtausmittaus

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Ultraääneen perustuvan virtausmittaus tulisi sijoittaa vaakaputken ylä- tai alapuolelle mieluiten hieman nousevaan putkeen. Se voidaan asentaa myös ilman yhdettä, ja tämän vuoksi asennus onnistuu myös käyvään prosessiin. Mittausta suoritettaessa putken täytyy olla täynnä mitattavaa ainetta. [10, s.19; 15]

Putken pinnalle asennettavat anturit sijoitetaan mahdollisimman kauas venttiileistä, T-haaroista, putkimutkista tai muista häiriölähteistä. Suositeltavat häiriöttömät osuudet tulopuolella $15..40 \times D$ ja jättöpuolella $5 \times D$. [2, s.11]

Asennuksessa ja sijoituksessa ollaan hyvin pitkälti laitevalmistajien vaatimusten ja ohjeiden varassa.

5.9.14 Virtauksen mittaus avokanavasta

Avokanavan virtauksen mittaus voidaan suorittaa perinteisillä pato- ja venturikanavatyyppisillä ratkaisuilla tai avokanavaan tarkoitettulla magneettisella määrämittarilla. Pato- ja venturikanavatyyppiset mittaukset perustuvat virtauksen funktiona muuttuvaan pinnankorkeuden muutokseen. Mittalaitteiden sijoittamisessa tulee huomioida pinnan- korkeusmittauksien asettamat vaatimukset.

Mittaustekniset vaatimukset

Mittausrakenteista johtuva vedenpinnan nousu ei saa aiheuttaa tulvimista tulokanavan puolella. Tarvittava suora osuus ennen mittauskohtaa tulee olla vähintään $10 \times$ kanavan

leveys. Tulopuolen kanavan kaltevuus saa olla korkeintaan 1:100 matkalla 10 x kanavan leveys ennen mittauskohtaa. [6]

Putki- ja rakennussuunnittelussa huomioitavaa

Avokanaviin sijoitettavista virtauksen mittauksista olisi syytä aina neuvotella automaatio-suunnittelijan kanssa. Padon ja venturikanavan mitoitus on esitetty standardissa ISO 1438.

Avokanavaan tarkoitetun magneettisen määrämittarin sijoituksessa ollaan hyvin pitkälti laitevalmistajien ohjeiden varassa. Mittari on pyrittävä sijoittamaan, siten ettei sen välittömässä läheisyydessä ole voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä. Tyypillisesti virtausnopeudelle ja virtaavan aineen lämpötilalle on asetettu laitevalmistajakohtaisia vaatimuksia. Nesteen johtokyvyn vaihtelut häiritsevät myös mittauksia. Virtauksen tulisi olla mahdollisimman tasainen. Suorat putkiosuudet ovat tulopuolella vähintään 10 x kanavan leveys ja jättöpuolella vähintään 5 x kanavan leveys. [6]

Venturikanavatyyppisessä mittauksessa on tärkeää huomioida häiriöttömät suorat osuudet. Nämä olisi syytä tarkistaa aina laitevalmistajien ohjeista. Häiriöttömiä suorita osuuksia voidaan pienentää käyttämällä virtauksen oikaisijoita. Venturikanava voidaan myös tehdä betonista valamalla. Venturikanavan keskiviivan tulee olla sama kuin tulopuolen kanavan keskiviiva. Pohjan ja seinien tulee olla sileät. Seinien tulee olla pystysuorat ja kohtisuorassa pohjaan nähden. [6]

Patotyyppiset ratkaisut soveltuvat vain puhtaille nesteille. Mittauksissa on tärkeää huomioida häiriöttömät suorat osuudet. Patotyyppisissä ratkaisuissa tulee ottaa huomioon, ettei paineanturia sijoiteta siten, että se häiritsee patokynnyksen yli tapahtuvaa virtausta. [6]

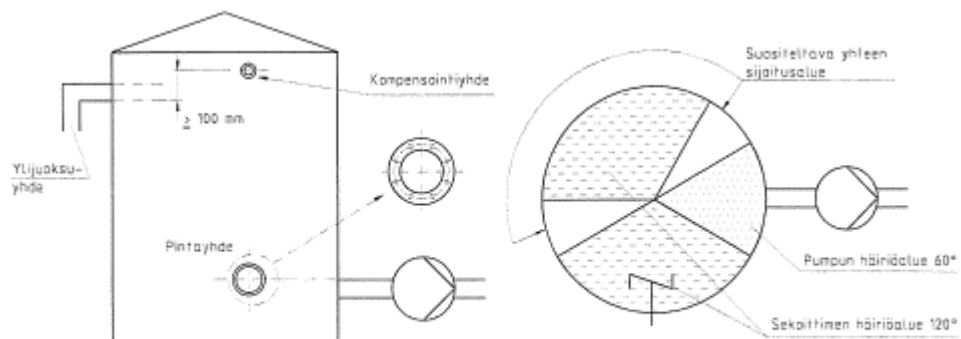
5.10 Pinnankorkeuden mittaus

5.10.1 Hydrostaattiseen paineeseen perustuva mittaus

Mittaus toteutetaan normaalilla painelähettimellä tai paine-erolähettimellä. Yleisimmin käytetään laippalähetintä, jonka liitäntäkoko on DN 80 ja paineluokka PN 10- 40. [8, s.68]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Pinnankorkeusanturin laipan keskikohta pyritään sijoittamaan poistoputken laipan yläreunan tasolle. Anturia ei kuitenkaan sijoiteta aivan lähelle pumppujen imuaukkoja, vaan mieluummin yli 1 metrin etäisyydellä niistä. Samoin vältetään kohtia, joissa nesteen liike on hyvin voimakas, kuten massasäiliöiden sekoittimien läheisyydessä. Kuvasta 22 kyetään havaitsemaan pinnanmittausyhteiden sijoitus säiliöön. Kuvassa 23 on digitaalinen kuva toteutetusta mittauksesta. [4; 7]



Kuva 22. Pinnanmittausyhteiden sijoitus säiliöön. [7]



Kuva 23. Digitaalinen kuva toteutuneesta sijoituksesta.

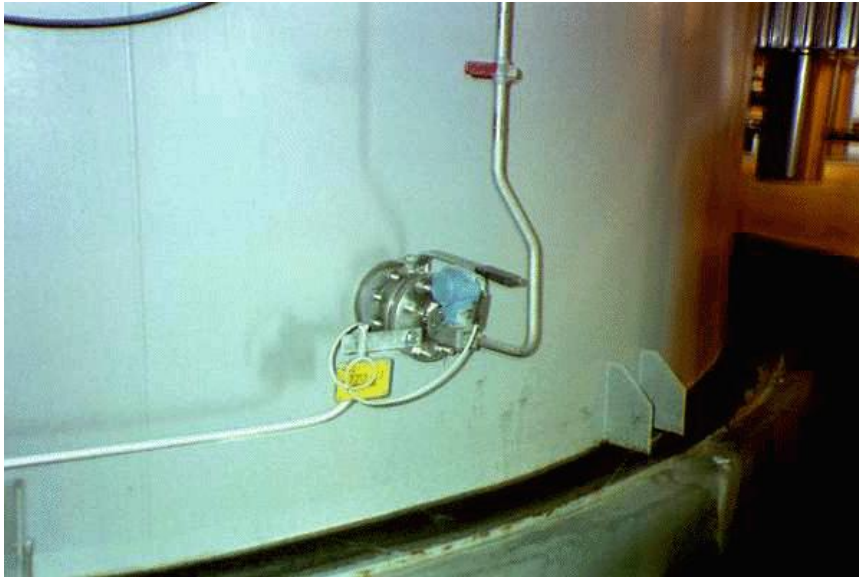
Saveamassasäiliöissä pinnankorkeusanturin liitäntä sijoitetaan esimerkiksi 60° .. 90° sekoittimen akselista sivulle. Sijoitusta sekoittimen vastakkaiselle seinälle on vältettävä, koska massa saattaa siellä muodostaa paksun, liikkumattoman paakun.

Suljetuissa, paineenalaisissa säiliöissä käytetään paine-erolähetintä. Yläliitäntä sijoitetaan mieluiten suoraan varsinaisen mittausliitännän yläpuolelle ja vähintään halutun enimmäispinnankorkeuden kohdalle, yleensä säiliön ylälaitaan.

Pinnankorkeuslähetin vaatii tilaa (200...300 mm) säiliön seinästä ulospäin, paitsi betonisäiliössä, jossa lähetin sijoitetaan seinässä olevaan syvennykseen. Lähetin on tästä syystä sijoitettava suojaiseen, helposti luoksepäästävään paikkaan siten, ettei se joudu esimerkiksi kuljetusten aiheuttamille vaurioille alttiiksi.

Ulkona olevien säiliöiden pinnankorkeuslähettimet on pyrittävä aina pitämään yli 0°C :ssa. Jos esimerkiksi säiliön alapuolella on lämmin huonetila pumpuille, voidaan lähetin kiinnittää alapuolelta säiliön pohjaan. Tätä varten on säiliön perustukseen jätettävä riittävän suuri reikävaraus. Ulkosäiliöiden pinnankorkeusantureiden sijoituksesta on aina syytä neuvotella automaatisuunnittelijan kanssa. Eristettäviin ulkosäiliöihin on huomattava järjestää avattava suojakotelo lähettimelle ja tarvittaessa lämmitys. [5]

Saveamassatorneissa ja soodakattilan liuotussäiliössä on varattava pursutusvesiyhde lähelle pintalähetintä. Kuvassa 24 on esimerkki pursutusvesiyhteestä. [5]



Kuva 24. Pursutusvesiyhde.

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Avoimesta säiliöstä pinnankorkeus voidaan mitata laippalähettimellä, joka on suoraan asennettu säiliön kylkeen. Pinnankorkeusmittausyhde kannattaa varustaa erotusventtiilillä, jotta lähetin kyetään irrottamaan säiliön ollessa täynnä. Pintalähettimen erotusventtiiliä käytetään torneissa, kemikaalisäiliöissä tai muutoin hankalasti tyhjennettävissä säiliöissä. [5; 6; 8, s.68]

Paineellisen säiliön pintamittaus toteutetaan paine-erolähettimellä. Säiliössä olevasta kompensointiyhteestä liitetään impulssiputki paine-erolähttimeen. Impulssiputki voidaan täyttää nesteellä, ns. märkäjalkakompensointi, tai jättää tyhjäksi, ns. kuivajalkakompensointi. Jos neste pyrkii häviämään impulssiputkesta, voidaan se varustaa pursutuksella. Jos lauhdesäiliön yläreunassa on vesihöyryä, varustetaan yhde lauhdeastialla. [5; 6; 8, s.69]

Kattilan lieriön pinnankorkeusmittauksissa pitää ottaa huomioon yhteen eristykset.

Nestetäytteinen impulssiputki on ulkotiloissa suojattava jäätymiseltä. Kapillaaritäytteisillä antureilla on huomioitava välitinnesteen lämpötilakestoisuus. Tarvittaessa käytetään eristyksiä tai saattolämmitystä. [5; 9, s.16]

5.10.2 Hydrostaattiseen paineeseen perustuva upotustyyppinen mittaus

Upotustyyppistä pinnanmittausta käytetään yleensä lattiakaivojen ja betoniin upotettujen säiliöiden pintamittaukseen, jos pinnanmittausyhdetä ei voida asentaa säiliön kylkeen. Anturi upotetaan mitattavaan nesteeseen, ja se on kytketty kaapelilla vahvistinosaan, joka voidaan asentaa asennustelineeseen, pilariin tai seinään. Anturi voi roikkoa joko kaapelin varassa tai olla valmiiksi asennettu halutun pituiseen teräsputkeen, jonka toiseen päähän on asennettu kiinteästi vahvistin. Kaapelin varassa roikkuva anturi asennetaan esimerkiksi DN80- DN100 kokoiseen suojaputkeen, jotta se olisi suojassa kolhuilta. Kuvassa 25 on esimerkki upotustyyppisestä pinnanmittauksesta. [16]



Kuva 25. Upotustyyppinen pinnankorkeudenmittaus.

5.10.3 Kuplailuputki

Kuplailuputkeen syötetään sellainen määrä ilmaa, että putki pysyy tyhjänä säiliössä olevasta nesteestä. Putkessa oleva ilmanpaine on sama kuin putken alapäässä olevan nesteen hydrostaattinen paine. Putken sisällä vaikuttava paine mitataan paine-erolähettimeillä. Koska putkessa on vain ilmaa, soveltuu tämä mittaussuunnitelma erityisen hyvin syövyttävien tai jäykkien nesteiden mittaukseen. [8, s.70]

5.10.4 Ultra-äänimittaus

Mittaustekniset vaatimukset

Ultra-äänimittaus asennetaan yleensä säiliön päälle laipallisella yhteellä. Asennuksessa on otettava huomioon äänen kulkua häiritsevät esteet, kuten säiliön kiinteät rakenteet. Anturia ei saa sijoittaa säiliön täyttökohdan läheisyyteen. Lähimmän mitattavan pinnan ja anturin väliin täytyy jättää laitekohtainen vähimmäisetäisyys. Liian kapea säiliö estää mittauksen, etäisyys mitattavan säiliön seinästä on oltava vähintään 1/10 säiliön korkeudesta. [2, s.17; 8, s.71; 9, s.16]

Mittausmenetelmä soveltuu kiintoaineille ja nesteille. Nestemittauksissa äänikeilan on oltava kohtisuorassa nestepintaa nähden. Kiinteissä aineissa pitää ottaa huomioon mitattavan aineen virtauksen muodostama kekokulma. Äänilähteen ja pinnan välillä olevat aineet, kuten pöly tai höyry, vaimentavat mittauksia tai muuttavat äänen nopeutta. Ultra-ääniperiaate ei sovellu, jos mitattavan aineen pinnalla esiintyy jatkuvaa epätasaisuutta tai mitattava pinta läikkyy koko ajan, esimerkiksi sekoittimella varustetun säiliön pinnan ollessa alhaalla. Säiliöiden päällä oleville antureille on järjestettävä hoitotaso ja kulkutie. [2, s.17; 8, s.71- 72]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Ulkotiloissa on erityisesti huomioitava, kuinka vältetään talven aiheuttamat höyrystys- ja jäätymisilmiöt eri suojausmenetelmin. Joillakin valmistajilla laitteessa on jo valmiina lämmitys. [9, s.16]

5.10.5 Mikroaaltotutka

Mikroaaltotutka soveltuu sellaisiin paikkoihin, joihin ultraäänellä toimivat laitteet eivät sovellu, esimerkiksi paineelliset säiliöt. Mikroaaltotutka sietää enemmän mittausvälillä olevia häiriöitä, kuten erityyppisiä kaasukerroksia, ultraääneen verrattuna. Se soveltuu myös kapeisiin säiliöihin ja paikkoihin, joissa mittaustiellä on esteitä. Kondenssi ja hankalat väliaineet vaimentavat viestiä. [8, s.77]

Mittaustekniset vaatimukset

Mikroaaltotutka asennetaan yleensä säiliön kattoon laipallisella yhteellä. Tutka asennetaan siten, ettei keilan tielle osu suuria esteitä eikä viesti heijastu mitattavasta materiaalista. Se voidaan asentaa myös mittaamaan säiliön seinän läpi, kun kyseessä on läpäistävää materiaali. [8, s.77]

Anturia ei saa sijoittaa säiliön täyttökohdan läheisyyteen. Säteilukeilan kohdistamista säiliön seinään tulee välttää. Nestemittauksissa äänikeilan on oltava kohtisuorassa nestepintaa nähden. Kiinteissä aineissa pitää ottaa huomioon mitattavan aineen virtauksen muodostama kekokulma. [2, s.17]

Säiliöiden päällä oleville antureille on järjestettävä hoitotaso ja kulkutie. Liuotussäiliön pinnankorkeusmittaus on varustettava vesi- ja ilmapursutuksella. [2, s.17; 5]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Ulos asennettavat anturit tulee suojata lämpötilavaihteluilta [17].

5.10.6 Ohjattu mikroaaltotutka

Ohjattu mikroaaltotutka asennetaan säiliön kattoon laipallisella yhteellä. Riippuvaa upotusanturia sijoitettaessa pitää ottaa huomioon mitattavan nesteen liikkeet. Tarvittaessa anturin paikallaan pysyminen tulee varmistaa lisäpainoilla tai kiinnityksillä. Kiinteissä

aineissa pitää ottaa huomioon mitattavan aineen virtauksen muodostama kekokulma. [2, s.17]

Riippuvan upotusanturin sauva ja köysi eivät saa osua missään vaiheessa säiliön seinämiin tai pohjaan. Vähimmäisetäisyys säiliön seinämistä ja pohjasta ovat valmistajakohdattaiset. Sauva ja köysi tulisi sijoittaa mahdollisimman kauas säiliön täyttöaukoista ja muista toimilaitteista. Säiliöiden päällä oleville antureille on järjestettävä hoitotaso ja kulkutie. [2, s.17; 17]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Ulos asennettavat anturit tulee suojata lämpötilavaihteluilta [17].

5.10.7 Sauva- ja vaijerianturi

Sauva- ja vaijerianturien toiminta perustuu kapasitanssin ja johtokyvyn mittaukseen.

Mittaustekniset vaatimukset

Sauva- ja vaijerianturien kytkintoimiset mallit sijoitetaan yleensä säiliön seinään ja jatkuvat mittaukset säiliön päälle. Vaijerimaista riippuvaa upotusanturia sijoitettaessa pitää ottaa huomioon mitattavan nesteen liikkeit. Tarvittaessa anturin paikallaan pysyminen täytyy varmistaa lisäpainoilla tai kiinnityksillä. Kiinteissä aineissa pitää ottaa huomioon mitattavan aineen virtauksen muodostama kekokulma. [2, s.18; 9, s.16]

Anturit, joissa on kiinteä upotusputki, pitää kiinnittää myös alapäästä, mikäli säiliössä on sekoitin. Asennuksessa on huomioitava, että anturin ympärillä on riittävästi vapaata tilaa anturin poistoa varten. Säiliöiden päällä oleville antureille on järjestettävä hoitotaso ja kulkutie. [2, s.18]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Huoltotila ja luoksepäästävyys on huomioitava jo suunnitteluvaiheessa [9, s.16].

5.10.8 Elektromekaaninen mittaus kiintoaineille

Elektromekaaninen mittaus toimii siten, että vaijerin päässä olevaa punnusta lasketaan säiliössä, kun punnus kohtaa mitattavan pinnan vaijerin jännitys pienenee. Mittaus voi olla jaksoittainen tai manuaalinen. [18]

Mittaustekniset vaatimukset

Elektromekaaninen mittaus soveltuu vain kiinteille aineille. Laite asennetaan säiliön kattoon laipallisella yhteellä. Punnuksen ja vaijerin tiellä ei saa olla säiliön kiinteitä rakenteita. Vähimmäisetäisyys säiliön seinästä ja pohjasta on laitevalmistajakohtainen. Laite tulisi sijoittaa mahdollisimman kauas säiliön täyttöaukoista ja muista toimilaitteista. Kiinteitä aineita mitattaessa pitää ottaa huomioon mitattavan aineen virtauksen muodostama kekokulma. [18]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Huoltotila ja luoksepäästävyys on huomioitava jo suunnitteluvaiheessa.

5.10.9 Radiometrinen mittaus

Mittausperiaate on radioaktiivisen säteilyn lähettäminen väliaineen läpi. Tätä käytetään silloin, kun muut menetelmät eivät sovellu. Säteily menee myös seinämien läpi. Kuvassa 26 on esimerkki seinämän läpi mittaavasta radiometrisestä pinnankorkeuden mittauksesta. [9, s.16]



Kuva 26. Radiometrinen pinnankorkeuden mittaaminen. Laitteet eivät ole kosketuksissa prosessiaineen kanssa. Kuvasta havaitaan myös vastaanottimen ympärillä oleva suoja.

Mittaustekniset vaatimukset

Säteilylähde sijoitetaan mitattavan säiliön sivulle ja ilmaisin vastakkaiselle sivulle. Laitteet eivät ole kosketuksissa prosessiaineiden kanssa, ja ne sijoitetaan aina putken tai säiliön ulkopuolelle, kuten kuvassa 26. Mittalaitteiden säteilijät on sijoitettava niin, että niiden keila suuntautuu turvalliseen suuntaan. [2, s.17; 8, s.78; 9, s.16]

Jos mittauskohteessa esiintyy suurta tärinää, laitteet on syytä asentaa kokonaan irti mittauskohteesta. Kiinnitykset ovat usein hyvin järeitä, joten laitteen ympärille on syytä jättää tilavaraukset. Laitteet täytyy asentaa siten, ettei säteilystä aiheudu vaaraa ihmisille. Viranomaismääräykset ja muut turvamääräykset on aina otettava huomioon, myös käytöstä poiston aikana. [2, s.17; 9, s.16]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Säiliön seinämävahvuudet vaikuttavat säteilylähteen valintaa. Vahvistin tulisi sijoittaa pilariin tai seinään, hyvälle huoltokorkeudelle ja helposti päästävään paikkaan. Fyysisen asennuksen jälkeen säteily on mitattava, yleensä laitetoimittajan toimesta, ja tarvittaessa asennetaan lisäsuojia vastaanottimen ympärille. Suojasta havaitaan esimerkki kuvassa 26. [5]

5.10.10 Uimuri

Uimuri liikkuu pinnan mukana, joten varsinaisesti sen paikkaa mitataan esimerkiksi potentiometrillä, reed-releellä tai laserilla. Pieni pinnanliike ja kuohunta eivät vaikuta tulokseen. Uimurin täytyy päästä liikkumaan vapaasti. Kuluminen, likaantuminen ja juuttuminen häiritsevät mittausta. [8, s.77]

5.10.11 Punnitus

Punnitus ei sovellu kohteisiin, joissa mitattavan aineen ominaispaino muuttuu. Säiliön täytyy olla irti muista rakenteista. Näin säiliön paino kohdistuu vain antureihin, katso esimerkki venymäliuska-anturista kuvassa 27. Antureita kannattaa sijoittaa useampaan säiliön jalkaan, jolloin antureilta saadusta tuloksesta lasketaan keskiarvo. Kuvan 27 tapauksessa on toimittu juuri näin, tosin kuvasta näkyy vain mittaus yhdestä säiliön jalasta. Ulkona sijaitsevassa säiliössä epätarkkuutta aiheuttavat auringonpaiste, tuuli ja niin edelleen. [8, s.79]



Kuva 27. Pinnankorkeuden mittaus suoritetaan venymäliuska-anturia hyväksi käyttäen.

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Vahvistin tulisi sijoittaa pilariin tai seinään, hyvälle huoltokorkeudelle ja helposti päästävään paikkaan.

5.11 Sakeuden mittaus

Mittauksiin vaikuttavat virtausnopeus, paine, lämpötila ja kuitujakauma. Muuttujat tulisi saada mahdollisimman vakaiksi. Laitekehitys on huomattavaa, joten laitevalmistajien yhteet ja asennusohjeet on aina syytä käydä läpi. [10, s.19]

Putki on aina tuettava hyvin mittarin lähellä. Putkistossa sakeusmittauksen läheisyyteen täytyy järjestää aina näytteenotto huomioiden mittauksen vaatimat häiriöttömät putkiosuudet. Jotta viiveet pysyisivät pieninä, laimennusvesi pitää johtaa lähelle pumpun imuyhdettä. Mittalaite sijoitetaan pääsääntöisesti lähelle pumpun paineyhdettä suoraan putkiosaan ottaen huomioon häiriöttömät osuudet. [2, s.20]

Sakeutta voidaan mitata niin sanottuna kuitusakeutena tai kokonaissakeutena. Kuitusakeusmittauksia ovat veitsityyppinen ja pyörivätyyppinen mittaus. Kokonaissakeutta mittaavat optiset ja mikroaaltoon perustuvat mittaukset.

5.11.1 Veitsityyppinen sakeusanturi

Mittaustekniset vaatimukset

Veitsityyppinen sakeusanturi tulisi sijoittaa laminaariseen päävirtaukseen. Anturia ei saa sijoittaa kauas laimennuskohdasta, jotta säädön kannalta haitallinen matkaviive jäisi pieneksi. Putken on oltava anturin kohdalla aina täynnä, ja tästä syystä esimerkiksi säätöventtiili on sijoitettava anturin jälkeen. Tämä ei kuitenkaan ole ehdottoman välttämätöntä virtaussuunnan ollessa ylöspäin. [2, s.19]

Veitsityyppiselle sakeusanturille suositellaan mahdollisimman pyörteetöntä virtausta ja virtausnopeutta 0,5...5,0 m/s. Jos virtausnopeus ei ole mainituissa rajoissa, sitä voidaan säätää muuttamalla putken läpimittaa virtauskohdassa. Putken tulee kuitenkin olla läpimitaltaan vähintään DN 100.

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Veitsityyppisen sakeusanturin sijoitus tulisi tehdä pystyputkeen. Sijoitus nousevaan virtaukseen on suositeltavaa. Mittauskohdassa ei saa esiintyä takaisinvirtausta. Vaaka-putkessa mittalaite asennetaan putken sivuun, millä pyritään välttämään ilman aiheuttamia häiriöitä. [2, s.19]

Veitsityyppisen sakeusanturin häiriöttömät putkiosuudet riippuvat virtausnopeudesta ja sakeudesta. Pääsääntöisesti häiriötön putkiosuus tulopuolella $4..15 \times D$ ja jättöpuolella $2..7 \times D$. Tarkat arvot on syytä tarkistaa laitevalmistajan suosituksista. Sopiva sijoituspaikka on pumpun jälkeen. [2, s.19]

Sakeusanturi vaatii huoltoa ja viritystä, joten siihen on päästävä helposti käsiksi. Korkealle asennetuille antureille tulisi järjestää hoitotasot, tai sijoituspaikka on valittava siten, että henkilönostimen käyttö on mahdollista. Anturit eivät toimi tyydyttävästi voimakkaassa tärinässä, joten putket on tuettava hyvin.

Väliaineen aiheuttamaa mekaanista räsitusta ja kierteistä virtausta voidaan pienentää virtauksen oikaisijalla tai suojaevillä [2, s.19; 5].

5.11.2 Pyörivätyyppinen sakeusanturi

Mittaustekniset vaatimukset

Viiveiden pienentämiseksi pyörivätyyppisen sakeusanturin asennusta suositellaan suoritettavaksi pystyputkeen mahdollisimman lähelle veden syöttöpaikkaa. Vaakaputkessa asennus tulee suorittaa putken sivulle. Pyörivätyyppisen sakeusanturin suurin sallima virtausnopeus on valmistekohtainen. Voimakas kavitaatio, putkistotärinä ja epätasapainoisesti käyttäytyvä pumppu rikkovat lähettimen. Putken on oltava anturin kohdalla aina täynnä ja tästä syystä esimerkiksi säätöventtiili on sijoitettava anturin jälkeen, tämä ei kuitenkaan ole ehdottoman välttämätöntä virtaussuunnan ollessa ylöspäin. [19; 20]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Pyörivätyyppisen sakeusanturin suorat putkiosuudet ovat pienillä sakeuksilla (<8 %) tulopuolella $3 \times D$ tai vähintään 1 m ja jättöpuolella $1 - 1,5 \times D$ tai vähintään 0,5 m. Suorat putkiosuudet ovat korkeammilla sakeuksilla (8 % - 16 %) tulopuolella $1,5 \times D$ tai vähintään 0,5 m ja jättöpuolella $1,5 \times D$ tai vähintään 0,5 m. [19; 20]

Pyörivätyyppinen sakeusanturi vaatii huoltoa, joten siihen on päästävä helposti käsiksi ja sitä on kyettävä tarvittaessa liikuttelemaan nostolaitteilla. Korkealle asennetuille antureille tulisi järjestää hoitotasot, tai sijoituspaikka on valittava siten, että henkilönostimen käyttö on mahdollista. Anturit eivät toimi tyydyttävästi voimakkaassa värinäessä, joten putket on tuettava hyvin. [19; 20]

5.11.3 Optinen sakeusanturi

Mittaustekniset vaatimukset

Optisilla sakeusantureilla mittauskohdassa ei saa esiintyä kaasua tai vaahtoa. Anturi pitää sijoittaa pumpun jälkeen. Suositeltavin asennuspaikka on pumpun jälkeinen nousuputki, jolloin prosessin vastapaine on maksimissaan ja samalla mittaukseen haittaavat ilmakuplat minimissään. [2, s.20; 7]

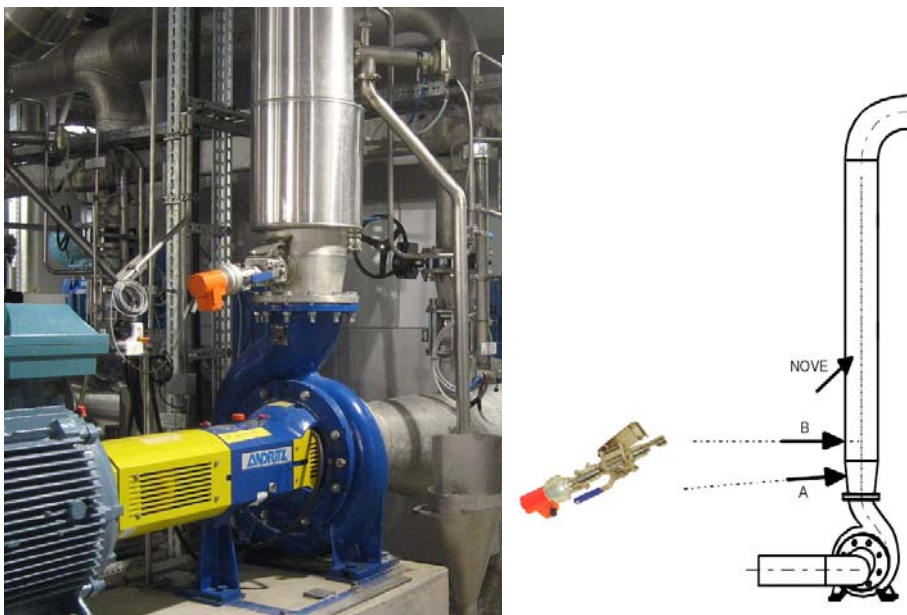
Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Optisissa antureissa huomioon otettava häiriötön putkiosuus riippuu siitä, onko kyseessä näytelinjatyypinen mittaus vai suoraan prosessiputkesta tapahtuva mittaus. Suoraan prosessiputkesta tapahtuvissa mittauksissakin on eroavaisuuksia häiriöttömillä putkiosuuksilla.

Näytelinjatyypiset anturit vaativat aina mahdollisimman pyörteettömän virtauksen.

Jos suoraan prosessiputkeen sijoitettava optinen anturi vaatii pyörteettömän virtauksen, suorat putkiosuudet ovat valmistajakohtaiset, yleisesti tulopuolella $9..12 \times D$ ja jättöpuolella $4..6 \times D$. [10, s.19]

Jos suoraan prosessiputkeen sijoitettava optinen anturi vaatii pyörteisen virtauksen, sijoitus tulisi tehdä mahdollisimman lähelle pumppua, kuten kuvassa 28. Tällöin suositeltu vähimmäisvirtausnopeus on 1,5 m/s tai alle 2,5% sakeudella vähintään 1,0 m/s. Kuvassa 28 suositeltavampi asennuspaikka on A. [21]



Kuva 28. Optisen sakeusanturin, joka vaatii pyörteisen virtauksen, sijoitus. Oikeanpuoleisessa kuvassa suositeltavampi asennuspaikka on A. Vasemmanpuoleisesta kuvasta kyetään havaitsemaan myös näytteenotin, jota oikeanpuoleisessa kuvassa kuvaa "NOVE"-nuoli. [21]

Anturin ympärille tulisi jättää 1,0 m asennus/ huoltotila. Yhteen asennuspaikan valinnassa on noudatettava laitevalmistajan ohjeita. Näytelinjatyyppisessä mittauksessa on otettava huomioon myös näytteenpalautus. [5; 21]

5.11.4 Mikroaaltoon perustuva sakeusmittaus

Sijoitettaessa mikroaaltoon perustuvaa sakeudenmittausta paineen pitää olla vähintään 150 kPa mitattavassa putkessa, muuten ilma aiheuttaa mittaustulokseen virhettä. Sijoitettaessa mikroaalto sakeusmittausta kemikaaliannostuksen yhteyteen pitää mittalaitteen

pienin sallittu johtokyky tarkistaa. Häiriöttömien putkiosuuksien tulee olla pumpun jälkeen $4 \times D$ ja säätöventtiilin jälkeen 1,0 m. Virtaus saa olla pyörteinen. [2, s.20]

5.11.5 Sakeusanturit automaatio suunnittelussa huomioitavaa

Sakeusmittauksen vahvistin tulisi sijoittaa pilariin tai seinään, hyvälle huoltokorkeudelle ja helposti päästävään paikkaan. Sakeuden mittauksen mittalaitteet eivät kestä korkeita lämpötiloja ja kylmiä olosuhteita.

Optisissa antureissa, joissa sakeuden mittaus tapahtuu näytelinjassa, täytyy ottaa huomioon, tapahtuuko näytteenpalautus hydrostaattisen paineen vai erillisen pumpun avulla. Näytelinjoissa putkikoon, reitityksen ja pituuden valinnoissa tukeudutaan laitevalmistajien ohjeisiin.

Näytteenotto on järjestettävä mahdollisimman lähelle mittauskohtaa niin, että näyte edustaa mitattavaa väliainetta.

Laitevalmistajilla on mitoitusohjelmia, joilla sakeusanturin vaatimat putkiston suorat osuudet saadaan mitoitettua tapauskohtaisesti.

5.12 Johtokyky

Mittaustekniset vaatimukset

Johtokyvyn mittaukseen vaikuttaa olennaisesti lämpötila ja pH. Onnistuneen mittauksen edellytys on seoksen hyvä edustavuus mittauskohdassa, joka voi olla päävirtauksessa, säiliössä tai näytelinjassa. Mikäli anturi asennetaan suoraan päävirtaukseen, anturin lämpötila- ja painekestoisuus täytyy tarkistaa. [2, s.21; 14]

Mittausanturin on oltava kokonaan mitattavassa nesteessä. Virtausnopeus ei saa olla anturin kohdalla suuri, jottei synny kavitaatiota tai prosessiaine kuluta anturia. [2, s.21]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Asennus tulisi suorittaa vaaka- tai pystyputkeen laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Anturin asento on valittava siten, ettei mittauskohtaan muodostu tai keräänny ilmakuplia, sakkaa tai muita vieraita aineita. Säiliöihin asennettaessa anturi tulisi asentaa yläviistoon. [2, s.21]

Anturi tulee sijoittaa helposti päästävään paikkaan ja siten, että se voidaan vetää ulos. Korkealämpöitoisten nesteiden johtokykymittauksessa on käytettävä tarvittaessa jäähdytyslaitteistoa. Tämä on syytä ottaa huomioon tilavarauksissa. [2, s.21]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Näytteenotto on järjestettävä mahdollisimman lähelle mittauskohtaa niin, että näyte edustaa mitattavaa väliainetta. Huollettavuuden helpottamiseksi kannattaa käyttää palloventtiilin läpi asennettavaa anturia. [2, s.21]

Korkealämpöitoisten nesteiden johtokykymittauksessa on käytettävä tarvittaessa jäähdytyslaitteistoa. Näyteputkissa on käytettävä materiaalia, josta ei liukene vieraita aineita näytteeseen. Mittausviiveiden välttämiseksi impulssiputkien tulisi olla mahdollisimman lyhyet. [2, s.21]

Vahvistin tulisi sijoittaa pilariin tai seinään, hyvälle huoltokorkeudelle ja helposti päästävään paikkaan. Vahvistimet eivät kestä korkeita lämpötiloja ja kylmiä olosuhteita.

5.13 pH-mittaus

Mittaustekniset vaatimukset

Onnistuneen mittauksen edellytys on seoksen hyvä edustavuus mittauskohdassa, joka voi olla päävirtauksessa, säiliössä tai näytelinjassa. Mikäli anturi asennetaan suoraan päävirtaukseen, anturin lämpötila- ja painekestoisuus täytyy tarkistaa. Mittausanturin on oltava kokonaan mitattavassa nesteessä. Virtausnopeus ei saa olla anturin kohdalla suuri, jottei synny kavitaatiota tai prosessiaine kuluta anturia. [2, s.21]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Anturin asento on valittava siten, ettei mittauskohtaan muodostu ilmakuplia. Asennus tulisi suorittaa vaaka- tai pystyputkeen siten, että anturin pää on vähintään 10° kulmassa alaspäin. Vaakaputkessa anturi asennetaan putken sivulle valmistajan ohjeiden mukaisesti. Säiliöihin asennettaessa anturi tulisi asentaa yläviistoon. Anturia ja lähetintä ei saa sijoittaa suurten sähkömoottorien läheisyyteen. [2, s.21; 14]

Anturi tulee sijoittaa helposti päästävään paikkaan siten, että se voidaan vetää ulos. Liikavien nesteiden pH-mittaus on varustettava pesulaitteella, mikä on syytä ottaa huomioon tilavarauksia tehtäessä. [2, s.21]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Näytteenotto on järjestettävä mahdollisimman lähelle mittauskohtaa niin, että näyte edustaa mitattavaa väliainetta. Huollettavuuden helpottamiseksi kannattaa käyttää palloventtiilin läpi asennettavaa anturia.[2, s.21]

Anturin pesulaite voidaan varustaa ohjauksella ohjausjärjestelmästä, jolloin anturin huuhtelu hoituu automaattisesti. pH-mittauksessa käytettävät laitteet eivät kestä korkeita

lämpötiloja ja kylmiä olosuhteita. Kuvassa 29 on esimerkki pH-anturista, joka on varustettu automaattisella huuhtelulla. [5]



Kuva 29. pH-mittauslaite varustettuna automaattisella huuhtelulla.

Vahvistin tulisi sijoittaa pilariin tai seinään, hyvälle huoltokorkeudelle ja helposti päästävään paikkaan. Vahvistimet eivät kestä korkeita lämpötiloja ja kylmiä olosuhteita.

5.14 Redox

Redox-potentiaali kuvaa nesteen hapetus-pelkistyskykyä, ja se on hapellisissa olosuhteissa korkea ja hapettomissa olosuhteissa matala. Redox-potentiaali on epätarkka kokonaissuure. Mittaustekniset vaatimukset ovat samankaltaiset kuin pH- mittauksilla. Useilta laitevalmistajilta löytyy malleja, joissa pH- ja redoxmittaus onnistuvat samalla laitteella.

Mittaustekniset vaatimukset

Onnistuneen mittauksen edellytys on seoksen hyvä edustavuus mittauskohdassa, joka voi olla päävirtauksessa, säiliössä tai näytelinjassa. Mikäli anturi asennetaan suoraan päävirtaukseen, anturin lämpötila- ja painekestoisuus täytyy tarkistaa. Anturin mittaus-

pinta saa olla kosketuksissa vain mitattavan väliaineen kanssa. Mitattavan nesteen pH-arvon täytyy olla vakaa. [2, s.21; 21]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Mittausanturin on oltava kokonaan mitattavassa nesteessä. Anturin asento on valittava siten, ettei mittauskohtaan muodostu ilmakuplia. Virtausnopeus ei saa olla anturin kohdalla suuri, jottei synny kavitaatiota tai prosessiaine kuluta anturia. Anturi tulee sijoittaa helposti päästävään paikkaan siten, että se voidaan vetää ulos. [2, s.21]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Näytteenotto on järjestettävä mahdollisimman lähelle mittauskohtaa niin, että näyte edustaa mitattavaa väliainetta. Huollettavuuden helpottamiseksi kannattaa käyttää palloventtiilin läpi asennettavaa anturia.[2, s.21]

Vahvistin tulisi sijoittaa pilariin tai seinään, hyvälle huoltokorkeudelle ja helposti päästävään paikkaan. Vahvistimet eivät kestä korkeita lämpötiloja ja kylmiä olosuhteita.

5.15 Näytteenotto

Näytteenottoa tarvitaan mittalaitteiden viritystä, kalibrointia ja prosessiaineiden ominaisuuksien mittausta tai analysointia varten.

Mittaustekniset vaatimukset

Sakeusmittauksen ja muiden laatumittauksien läheisyyteen pitää putkistoon järjestää näytteenotto, huomioiden mittauksen vaatimat häiriöttömät putkiosuudet. Käsikäyttöinen näytteenotin on sijoitettava helposti päästävään paikkaan. Tarvittaessa näytteenotin voidaan varustaa pneumaattisesti toimivalla toimilaitteella, jolloin näytteenotin voidaan sijoittaa paikkaan, joihin on muuten hankala päästä. Kuvassa 28 on pneumaattisesti toimiva näytteenotin. [2, s.25; 23]

Näyte tulisi johtaa turvalliseen paikkaan esimerkiksi tekemällä näytteenottopiste, joka varustetaan huuhtelulla ja viemäröinnillä. Näytteenotin sijoitetaan putkistoon mittauslaitteen jälkeen, laitevalmistajan suosituksen mukaisesti siten, että prosessiviive on mahdollisimman lyhyt eikä näytteenotin häiritse itse mittausta. [2, s.25]

Kattilan näytekeskuksissa on huomioitava, että anturi on aina paineeton. Näytteenottojärjestelmään kuuluvan yhteen sijoitus putkistoon pitää tarkastella tapauskohtaisesti. [5]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Vaakaputkessa sakeusmittauksen näytteenotin tulisi sijoittaa mittauskohdan vastakkaiselle puolelle putken sivulle, ei kuitenkaan putken alapintaan. Näytteenottimen etäisyys mittauskohdasta on valmistajakohtainen. [24]

Pystyputkessa sakeusmittauksen näytteenotinta ei tulisi sijoittaa samaan linjaan mittauskohdan kanssa. Näytteenottimen etäisyys mittauskohdasta on valmistajakohtainen. Massapumpun jälkeen on jätettävä 45° kulma pumpun akselin suunnasta sille puolelle putkea, mihin massa syöksyy pumpusta, kuten kuvassa 28 on esitetty. [24]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Näytteenotosta tapahtuva tieto on saatava prosessin ohjausjärjestelmään [5].

5.16 Kemikaalikierron kemikaalijäännös- ja vaaleusmittaukset

Mittaustekniset vaatimukset

Kemikaalijäännös- ja vaaleusmittauksien asennuspaikat tulisi valita aina laitevalmistajien suositusten mukaisesti. Liian suuri paine, kemikaaliväkevyys ja lämpötila saattavat rikkoa anturin. [25]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Kemikaalijäännös- ja vaaleusmittauksissa anturin kärjen tulisi olla jatkuvasti massavirrassa. Asennus tulisi suorittaa vaaka- tai pystyputkeen laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Yleisesti voidaan todeta, että vaakaputkessa asennus tulisi tapahtua putken sivulle ja pystyputkessa nousevaan virtaukseen. Häiriöttömät putkiosuudet ovat myös valmistajakohtaiset, mutta niiden tulisi olla vähintään tulopuolella $3 \times D$ ja jättöpuolella $1 \times D$. [25]

Anturi tulee sijoittaa helposti päästävään paikkaan siten, että se voidaan vetää ulos. Poistoa ja huoltoa varten on varattava runsaasti tilaa laitteen ympäriltä, jopa 2,0 m. Yhteelle tulisi asentaa tuet. Jos laitteet joutuvat suurten lämpötilavaihteluiden kohteeksi, ne on syytä eristää. Eristykset ovat usein hyvin kookkaita, tämä on myös syytä ottaa huomioon tilavarauksia tehtäessä. [25]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Anturi asennetaan prosessiin asennusyhteen ja palloventtiilin kanssa [25].

5.17 Öljyä vedessä

Öljyä vedessä mittaus perustuu johtokyvyn mittaamiseen tai optisiin menetelmiin. Mittaus voidaan tehdä, laitevalmistajasta riippuen, näytelinjatyypillisesti ohivirtauksesta, suoraan prosessiputkesta tai säiliöstä ns. ”kattokruunulla”. Kuvassa 30 on esimerkki ns. ”kattokruunusta”. Sijoituksessa tulisi aina erikseen huomioida laitevalmistajien vaatimukset.

Mittaustekniset vaatimukset

Näytelinjatyypillisessä mittauksessa näytteen tulisi olla mahdollisimman edustava. Näytelinjatyypillisessä mittauksessa näytteen tulisi sijoittaa prosessiputken alareunaan 45° kulmaan, jotta ilmaa ja likaa ei joudu anturiin. Näytelinjatyypillisessä mittauksessa on otettava huomioon myös näytteenpalautus. [26]

Suoraan prosessiputkessa tapahtuvan mittauksen anturi sijoitetaan mahdollisimman edustavaan ja pyörteettömään kohtaan prosessiputkea.

Säiliössä kellovalle mittalaitteelle on järjestettävä säiliön kattoon miesluukku asennusta ja huoltoa varten, kuten kuvassa 30. Kaapelien läpiviennit on huomioitava jo suunnitteluvaiheessa. Laitevalmistajasta riippuen säiliön kattoon on hitsattava ohjaimet, jotka pitävät mittalaitetta paikoillaan, kuten kuvassa 30, eikä näin ollen pinnan pyörteily häiritse mittausta. [5; 27]



Kuva 30. Öljyä vedessä mittausta ns. kattokruunulla. Säiliön katossa on miesluukku asennusta ja huoltoa varten sekä hitsatut ohjaimet, jotka pitävät mittalaitetta paikallaan.

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Suosittelavat suorat osuudet eri mittaustavoilla ovat valmistajakohtaiset. Sijoituksessa ollaan hyvin pitkälti laitevalmistajien ohjeiden varassa.

5.18 Refraktometri

Mustalipeän kuiva-ainepitoisuutta mitataan prosessirefraktometrillä. Sijoituksessa tulisi aina erikseen huomioida laitevalmistajien vaatimukset.

Mittaustekniset vaatimukset

Refraktometrin mittauskohta tulisi valita siten, etteivät sakka ja ilmakuplat häiritse mitausta. Prosessiputkeen sijoitettaessa vähimmäisvirtausnopeus mittauskohdassa tulisi olla 1,5 m/s, jotta anturin prisma pysyy puhtaana. Asennus tulisi suorittaa pystyputkeen. [28]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Pieniin prosessiputkiin tehdään mittauskohtaa varten laajennukset. Prosessiputkissa, joiden läpimitta on 80..150 mm, anturinkärki asennetaan hieman yläviistoon. Säiliöissä anturinkärjen asennus tehdään sekoittajien läheisyyteen, jotta mitattava neste pysyy liikkeessä anturin kohdalla. [28]

Voimakas putkistotärinä häiritsee mitausta ja rikkoo helposti anturin. Refraktometri vaatii huoltoa ja viritystä, joten siihen on päästävä helposti käsiksi. [28]

Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Korkeissa ympäristölämpötiloissa refraktometri tulisi varustaa jäähydyksellä. Refraktometri tarvitsee usein höyry- tai vesipuhdistuksen. [28]

5.19 Sameuden mittaus

Mittaus perustuu optisiin menetelmiin.

Mittaustekniset vaatimukset

Sameusmittauksen asennuksessa ja sijoituksessa ollaan hyvin pitkälti laitevalmistajien vaatimusten varassa. Sameusmittauksen läheisyyteen asennetaan usein näytteenotin.

Asennettaessa prosessiputkeen anturi tulisi sijoittaa mahdollisimman edustavaan virtaukseen. Prosessiputken tulisi olla koko ajan täynnä mitattavaa nestettä. Ilmakuplat ja voimakas pyörteily häiritsevät mittausta. Prosessiputkessa sameuden mittaus vaatii tietyn virtausnopeuden mittauskohdassa, joten vähimmäisvirtausnopeus on syytä tarkistaa laitevalmistajan ohjeista. [29; 30]

Putkisuunnittelussa huomioitavaa

Sameuden mittauksen suositeltavin asennuspaikka on pystyputkeen nousevaan virtaukseen. Vaakaputkessa asennus tulisi tapahtua putken sivulle. Häiriöttömät putkiosuudet ovat valmistajakohtaiset, pääsääntöisesti tulopuolella $3 \times D$ ja jättöpuolella $1 \times D$. [29; 30]

Asennettaessa säiliöön anturi tulisi sijoittaa siten, että se on koko ajan mitattavassa nesteessä. Anturin vähimmäisupotussyvyys on otettava huomioon. Avoimissa säiliöissä tulisi huomioida, ettei anturin optiseen osaan kohdistu suoraa valoa. Anturi tulisi sijoittaa huoltoystävälliseen ja helposti päästävään paikkaan. [29]

5.20 Analysaattorit

Analyysi- ja erikoismittaukset on jaettu paperi- ja sellutehtailla kuitulinja-, kemikaali-kierto-, massa- ja erikoismittauksiin. Analysaattorien tuotekehitys on tällä hetkellä hyvin nopeaa. Tästä syystä on hyvä perehtyä aina laitevalmistajien ohjeisiin.

Analysaattorimittauksia ovat tässä ohjekirjassa kaikki sellaiset mittaukset, joissa aineen ominaisuuksien mittaaminen ei tapahdu suoraan prosessiputkessa. Näytteet johdetaan prosessiputkesta näytelinjaa pitkin analysaattorikaappiin, jossa näytteet käsitellään ja niistä tehdään mittauksia. Näytteet voidaan mittausten jälkeen palauttaa sopivaan kohtaan prosessia tai ohjata talteenottoon. Näytteiden palautus tapahtuu joko hydrostaattisen paineen tai pumpun avulla.

Analysaattorin asennuspaikan tulisi olla mahdollisimman käyttö- ja huoltoystävällinen. Analysaattorien vaatima asennustila on esitetty valmistajien ohjeissa. Analysaattorit ovat usein raskaita ja suurikokoisia, ja niiden siirtämiseen tarvitaan trukkia tai nostolaitteita, mikä pitää ottaa huomioon tilavarauksia tehtäessä.

Analysaattorimittauksien mittaussijat tulisi sijoittaa näytteen kannalta mahdollisimman edustavaan kohtaan prosessia, jotta mittauksen laatu, toistettavuus ja tarkkuus ovat riittävällä tasolla. Useimpien analysaattorien mittaussyhteet ovat joko erikoisyhteitä tai putkiston juuriventtiilejä. [10, s.19]

Analysaattorit varustetaan usein huuhtelulla. Huuhteluvesille on valmistajasta riippuen asetettu vaatimuksia esimerkiksi lämpötilan suhteen. [10, s.19]

Kiinteiden aineiden tai korkean viskositeetin omaavien aineiden näytteenottopisteet tulisi sijoittaa pumpun jälkeen, ja näytteenpalautuksen prosessiin tulisi tapahtua pumpun imupuolelle tai säiliöön. [10, s.19]

Prosessiputki tulisi tukea huolella analysaattorien näytteenottimien kohdalta, koska näytteenottimet eivät kestä kovaa putkistotärinää. Analysaattorien ympäristön, näytteen ja huuhteluvien lämpötila on otettava huomioon. Yleisesti analysaattorit eivät kestä korkeita tai matalia lämpötiloja.

Näytteenotinten asennuspaikat tulisi valita aina laitevalmistajien suositusten mukaisesti. Näytteenottimia asennettaessa tulee ottaa huomioon asennus- ja ylläpitotehtävien vaatima tilantarve.

5.20.1 Kuitulinjan analysaattorit

Analysaattorimittauksia kuitulinjalla ovat kappaluku, keittoliuoksen eri mittaukset, valkaisu kemikaalijäännökset, vaaleus, kuitupituus ja roskaluku.

Kappaluku

Kappalukumittaus tapahtuu analysaattorilla, johon johdetaan näytelinjoja pitkin näytteet, ja sen toiminta perustuu optisiin menetelmiin. Kappaluku pystytään analysoimaan pestystä massasta tai arkista. Sijoituksessa ollaan hyvin pitkälti laitevalmistajien ohjeiden varassa. [14; 31]

Kappalukuanalysaattoriin voidaan johtaa useampia näytelinjoja. Näytteenottimet vaativat ilmasyötön sekä vesisyötön näytteenkuljetusta varten. Vedelle näytteenkuljetusta varten on usein valmistajakohtaisia erityisvaatimuksia, kuten lämpötila. Analysaattori tarvitsee toimintaansa ilma-, lämminvesi- ja kylmävesisyötön sekä joissain tapauksissa tislattun vedensyötön. [31]

Keittoliuos

Keittoliuoksesta mitataan alkalipitoisuutta ja ligniinin määrää. Analysaattorit tulisi asentaa lähelle prosessilinjoja, jolloin vältytään pitkiltä putkilinjoilta. Sijoituksessa ollaan hyvin pitkälti laitevalmistajien ohjeiden varassa. [14]

Kemikaalikierron kemikaalijäännös- ja vaaleusmittaukset

Kemikaalikierron kemikaalijäännös- ja vaaleusmittaukset voidaan tehdä analysaattoreilla tai suoraan putkistoon asennettavilla antureilla. Suoraan prosessiputkeen asennettavat anturit on käsitelty kohdassa 5.16.

Kuitupituuden mittaaminen

Kuitupituudenmittaus tapahtuu analysaattorilla, johon johdetaan näytelinjoja pitkin näytteet. Yleensä analysaattoriin liitetään yksi runkolinja, johon on liitetty useita näytelinjoja. Näytelinjoilla ja runkolinjalla on määritelty enimmäispituus, jotta näytteensiirtoaika ei kasva kohtuuttoman pitkäksi. Analysaattorin ilma- ja vesilinjoihin tulee asentaa sulkuventtiilit. [32]

Runkolinja tulisi kiinnittää huolella, ja sen tulisi olla mahdollisimman lyhyt. Jyrkkiä mutkia ei saa esiintyä. Liitokset runkolinjaan tulisi suorittaa aina alhaaltapäin. [32]

Näytteenotinten asennuspaikat tulisi valita aina laitevalmistajien suositusten mukaisesti. Näytteenottimia asennettaessa tulee ottaa huomioon asennus- ja ylläpitotehtävien vaatima tilantarve. [33]

Näytteenotin tulisi sijoittaa mahdollisimman edustavaan virtaukseen. Vaakaputkessa näytteenottimen asennuksen tulisi tapahtua putken sivulle ja pystyputkessa nousevaan virtaukseen. Näytteenotinta ei tulisi koskaan asentaa laskevaan virtaukseen tai virtauksen katvealueelle. Näytelinja näytteenottimelta analysaattorille on oltava mahdollisimman lyhyt ja suora. Laitevalmistajilla on usein vähimmäis- ja enimmäisvaatimukset niin prosessipaineen kuin prosessiputken läpimittojen suhteen. [33]

Roskaluku

Roskalukumittaukset kyetään tekemään massasta tai arkista. Analysaattorin sijoituksessa ollaan hyvin pitkälti laitevalmistajien ohjeiden varassa.

5.20.2 Sellutehtaan muut analysaattorit

Muita sellutehtaan analysaattorimittauksia ovat esimerkiksi eri savukaasupäästöjen hiukkaspitoisuusmittaukset ja kaustisoinnin alkalimittaus.

Savukaasupäästöjen hiukkaspitoisuusmittaukset

Ilmapäästöjen mittaukset tehdään joko suoraan kaasukanavan läpi mittavilla analysaattoreilla tai johdetaan näytelinjoilla analysaattoreille. Asennuksessa ja sijoituksessa ollaan hyvin pitkälti laitevalmistajien ohjeiden varassa.

Sijoituspaikka on valittava laitevalmistajien suositusten mukaisesti. Hiukkasmonitorit tulee sijoittaa siten, että näyte on edustava. Sijoituspaikkaa valittaessa on huomioitava, ettei manuaalisen vertailumittauksen teko häiritse jatkuvatoimista mittauksia ja päinvastoin. [34]

Mittauskohdassa kaasun virtaussuunta ei saa poiketa yli 15° kanavan akselin suunnasta. Mittauskohdassa ei saa esiintyä takaisinvirtausta. Virtausnopeuksien suhde mittapisteesä tulee olla pienempi kuin yksi kolmasosa. Asennus- ja huoltotoimenpiteitä varten laitteiden luokse tulee olla helppo ja turvallinen päästä. Tarvittaessa rakennetaan työtasot. [34]

Kaustisoinnin alkalimittaus

Kaustisoinnin alkalimittaukset voidaan tehdä refraktometrillä tai analysaattorilla. Refraktometrin sijoitus löytyy kohdasta 5.18. Analysaattorien toiminta ja sijoitus on samankaltainen kuitulinjan keittoliuoksen alkalimittauksien kanssa.

5.20.3 Massan analysaattorit ja erikoismittaukset

Massan analysaattorimittauksia ovat sakeus, kuitu- ja tuhkasakeus, varaus, freeness, kuidun pituus ja tikkupitoisuus.

Sakeus

Sakeuden mittausta voidaan tehdä analysaattoreilla tai suoraan putkistoon asennettavilla antureilla. Suoraan putkistoon asennettavien sakeusantureiden sijoitus löytyy kohdasta 5.11.

Kuitu- ja tuhkasakeus

Kuitu- ja tuhkasakeuden mittausta tapahtuu analysaattorilla, johon johdetaan näytelinjoja pitkin näytteet. Analysaattorien mittaustaikohteet ovat viiravesi tai muut viiraosan vedet, perälaatikko, laimennusperälaatikon laimennusvesilinja ja sakeat massat. [35]

Analysaattorin asennuspaikan tulisi olla mahdollisimman suojainen ja keskeinen näytteenottimiin nähden. Joidenkin laitevalmistajien analysaattoreille voidaan viedä enemmän kuin yksi näytelinjo, tosin tällöin joudutaan käyttämään näytteenjakomodulia. Näytelinjan tulisi olla mahdollisimman lyhyt ja suora. Analysaattorin näytelinjassa ei saa olla T-haaroja. Näytevirtausnopeuden tulisi täyttää laitevalmistajan vaatimukset, mikä tapahtuu asentamalla näytteenotin analysaattoria korkeammalle tai käyttämällä näytteenottopumppua. [35; 36]

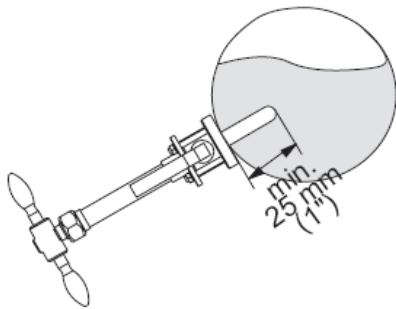
Kuitu- ja tuhkasakeusanalysointien näytteenottoa varten on erilaisia näytteenottimia. Näytteenottimen valinta riippuu mitattavan massan sakeudesta. Sakeille massoille käytetään erikoisnäytteenotinta, jolla kyetään laimentamaan analysaattorille menevää näytettä. Näytteenotintien sijoituksessa tulisi ottaa huomioon erityyppisten näytteenotintien hieman erilainen asennus ja sijoitus. [4; 35; 36]

Näytteenottimen yhteen asennuspaikkaa valittaessa on otettava huomioon laitevalmistajien erityisvaatimukset. Näytteenottimen yhde tulee asentaa mahdollisimman edustavaan virtaukseen. Yhdettä ei saa asentaa virtauksen katvealueelle, eikä se saa olla yhteinen minkään toisen mittauslaitteen kanssa. Yhteen kärjen tulisi olla kaikissa tilanteissa nestepinnan alapuolella. Yhdettä ei saa asentaa pumpun tai muita painesykkeitä aiheuttavien laitteiden lähelle, jotta näytevirtaukseen ei aiheudu häiriöitä. Yhteen tulee olla tarpeeksi kaukana prosessivirtauksen risteyskohdista, jotta saadaan tasaisesti sekoittunut

ja edustava virtaus. Häiriöttömät putkiosuudet molemmin puolin yhdettä tulisi olla vähintään $3 \times D$. [35; 36]

Perälaatikko- ja viiravesianalysaattoreiden asennukset eroavat toisistaan mm. näytelinjojen ja virtausten suhteen. Analysoitu näyte palautetaan joko viirakanavaan tai -kaivoon. Perälaatikko- ja viiravesianalysaattorien näytteenpoistossa saatetaan joutua käyttämään poistopumppua. [35]

Näytteenottimen asennus perälaatikon ohikiertoon: Asennus mieluiten vaakaputkeen, putkiosuuden loppupuolelle sekä putken alapuolelle hieman viistoon, kuten kuvassa 31 on esitetty. Yhde tulisi asentaa ennen ohikiertolinjojen paineensäätöventtiiliä. [4; 35; 36]



Kuva 31. Näytteenottimen asennus perälaatikkoon. Yhde asennetaan vaakaputkeen hieman alaviistoon. [36]

Näytteenottimen asennus yläviiraränniin: yhde asennetaan hieman vinoon, jottei yhde seisokin jälkeen tukkeudu putkeen jääneestä kiintoaineesta. [4; 35; 36]

Näytteenottimen asennus alaviiraränniin: yhde asennetaan keskelle viiraränniä, viirarännin pohjaan. Mikäli viirarännejä on useita, tulisi asennus suorittaa siihen ränniin, mikä edustaa keskimääräisesti parhaiten viiravesivirtausta. [4; 35; 36]

Viiravesiasennuksessa on syytä ottaa huomioon, että riittävän ja stabiilin näytevirtauksen saavuttaminen voi olla vaikeaa. Laadukkaan näytevirtauksen saavuttamiseksi on käytettävä näytepumppua tai analysaattori, ja näytteenottopiste on sijoitettava siten, että näiden väliin tulee korkeuseroa 7,0 m. [35; 36]

Näytteenottimen asennus sakeille massoille: Voidaan asentaa vaaka- tai pystyputkeen. Asennus tulisi suorittaa vaakaputkessa putken sivulle. Prosessinpaineen on oltava 1..5 bar. [35; 36]

Varaustila

Kationisen/anionisen varaustilanmittauksen analysaattori tulee sijoittaa käytön ja huollon kannalta keskeiseen paikkaan. Asennuspaikkaa valittaessa on tärkeää huomioida valmistajan tarkat ohjeet sijoituksesta. Tilavarauksiin on syytä ottaa huomioon myös pumppuyksikön ja pesuainesäiliön sijoituspaikat, koska nämä tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle analysaattoria. [37]

Analysaattori tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle viiravedestä otettavaa näytteenottopistettä. Jo asennusvaiheessa olisi syytä huomioida, mistä suunnasta analysaattorille tuodaan kaapeloinnit ja letkutukset. Analysaattori vaatii vähintään 1,0 l/min näytevirtauksen. Tämä tapahtuu sijoittamalla näytteenotin ja analysaattori siten, että niiden välille tulee korkeuseroa. Näytevirran ollessa riittämätön näytelinjaan tulee liittää näytepumppu. Näyte- ja näytteenpoistolinjan tulee olla mahdollisimman suora ja lyhyt. [37]

Varaustilanmittauksen analysaattorin näytteenottimen yhteen asennuspaikkaa valittaessa on otettava huomioon laitevalmistajien erityisvaatimukset. Näytteenottimen yhde tulee asentaa mahdollisimman edustavaan virtaukseen. Yhdettä ei saa asentaa virtauksen katvealueelle, eikä se saa olla yhteinen minkään toisen mittauslaitteen kanssa. Yhteen kärjen tulisi olla kaikissa tilanteissa nestepinnan alapuolella. Yhdettä ei saa asentaa pumppun tai muita painesykkeitä aiheuttavien laitteiden lähelle, jotta näytevirtaukseen ei aiheudu häiriöitä. Yhteen tulee olla tarpeeksi kaukana prosessivirtauksen risteyskohdista, jotta saadaan tasaisesti sekoittunut ja edustava virtaus. [37]

Yhde asennetaan joko viiraputkeen tai -ränniin. Viiraputkessa yhde asennetaan hieman vinoon, jottei yhde seisokin jälkeen tukkeudu putkeen jääneestä kiintoaineesta. Viirarännissä yhde asennetaan keskelle, viirarännin pohjaan. Mikäli viirarännejä on useita, tulisi asennus suorittaa siihen ränniin, mikä edustaa keskimääräisesti parhaiten viiravesivirtausta. [37]

Freeness

Freeness-mittauksen analysaattorit on tarkoitettu joko pelkästään freeness-mittaukseen, tai niillä pystytään mittamaan myös muita laatusuureita. Analysaattorin, joka pystyy mittamaan myös muita laatusuureita, asennusohje on samankaltainen kuin kuitulinjan kuitupitoisuuden mittaamiseen tarkoitettulla analysaattorilla sekä massan analysaattorilla, jolla pystytään mittaamaan kuidun pituutta ja tikkupitoisuutta, koska kyseessä on sama analysaattori lisävarusteineen.

Ainoastaan freeness-mittaukseen tarkoitettujen analysaattorin asennuksessa täytyy ottaa huomioon valmistajan vaatimukset. Freeness-mittauksien analysaattorit voivat olla joko suoraan putkeen kiinnitettäviä tai näytelinjalla erilliseen analysaattorikaappiin johdettuja mittauksia. Erityisesti suoraan prosessiputkeen kiinnitettävä analysaattori tulee tukea huolella. [38]

Freeness-mittauksen analysaattorit tarvitsevat toimintaansa vesi- ja ilmaliitännät sekä poistoliitännän talteenottoon. Prosessiputkessa virtaavalle massalle on usein määritelty valmistajakohtaisia erityisvaatimuksia sakeuden, virtausnopeuden, paineen ja lämpötilan suhteen. [32; 38; 39]

Analysaattorien yhteiden asennuksessa on otettava huomioon laitevalmistajan vaatimukset. Yhde tulisi sijoittaa mahdollisimman edustavaan virtaukseen, mieluiten pystyputkeen nousevaan virtaukseen, tosin uusimmissa malleissa tätä vaatimusta ei välttämättä ole. Pystyputkessa yhdettä ei saa asentaa laskevaan virtaukseen. Vaakaputkessa asennus tulisi suorittaa putken sivulle. Häiriöttömät osuudet ovat valmistajakohtaiset, kuitenkin pääsääntöisesti tulopuolella $3 \times D$ ja jättöpuolella $1 \times D$. Yhteen kohdalla ei saa esiintyä takaisinvirtausta. [32; 38; 39]

Kuidunpituus ja tikkupitoisuus

Kuidunpituus- ja tikkupitoisuusmittaukset ovat analysaattorissa tapahtuvia mittauksia. Analysaattorin, joka pystyy mittaamaan näitä laatusuureita, asennusohje on samankaltainen kuin kuitulinjan kuitupitoisuuden mittaamiseen tarkoitetuilla analysaattorilla sekä

massan analysaattorilla, jolla pystytään mittaamaan freeness, koska kyseessä on sama analysaattori lisävarusteineen.

5.20.4 Muut analysaattorit ja erikoismittaukset

Muita analysaattorimittauksia ovat esimerkiksi johtokyky, pH, redox ja ilmanpitoisuus.

Johtokyky, pH ja redox

Johtokyky-, pH- ja redox-mittaukset voidaan tehdä analysaattoreilla tai suoraan putkistoon asennettavilla antureilla. Suoraan prosessiputkeen asennettavat anturit on käsitelty kohdissa 5.12, 5.13 ja 5.14.

Ilmapitoisuus

Ilmapitoisuusmittaukseen tarkoitetun analysaattorin asennuksessa täytyy ottaa huomioon laitevalmistajien vaatimukset. Näytteenotin tulisi asentaa pystyputkeen, nousevaan virtaukseen. Näytteenottoyhde tulisi sijoittaa mahdollisimman pyörteettömään virtaukseen. Häiriöttömän putkiosuuden tulisi olla vähintään 2,0 metriä. Näytteenottimen ja analysaattorin välisen näytteenottolinjan tulisi olla koko ajan nouseva. Näytteenottolinjan tulisi olla mahdollisimman suora ja lyhyt. Näytteenottolinjalle on, laitevalmistajasta riippuen, määritelty enimmäispituus. Prosessiputkissa on oltava laitevalmistajan vaatimusten mukainen prosessipaine ja virtausnopeus. [40]

5.20.5 Automaatiosuunnittelussa huomioitavaa

Analysaattorit ja erikoisnäytteenottimet vaativat usein vesi- ja ilmasyötön. Vesi- ja ilmasyötölle on usein asetettu valmistajakohtaisia laatuvaatimuksia, kuten mahdollisimman tasainen paine ja lämpötila. Muita huomion arvoisia seikkoja vesi- ja ilmasyötölle ovat suodatus, kemikaalipesu ja turvallisuusasiat. [41]

6 Julkaisumuoto

6.1 Ehdotukset uuden ohjeen julkaisumuodosta

Toimivia julkaisumuotoja pohdittaessa oli jo alkuvaiheessa aika selvää, että uusi ohje julkaistaan internetselaimella toimivana verkkosivuna. Pöyry Forest Industry Oy:n työntekijät kannattivat, tai jopa vaativat, tämän tyylistä lähestymistapaa. Ohjetta ei edes haluttu julkaista tulostettuna kirjallisena versiona.

Julkaisumuotoon löytyi kaksi järkevää lähestymistapaa. Toinen olisi Wikipedia-sivuston tyylinen vapaan sisällön tietosanakirja, joka perustuisi wiki-tekniikkaan. Toinen lähestymistapa olisi niin sanottu ”tikapuu-idea”, jossa ohjeen käyttäjä etenisi kohta kohdalta ja näin ollen saisi aina vain halutun tiedon esille. Muut vaihtoehdot ovat näiden kahden julkaisumuodon yhdistelmiä.

6.1.1 Wiki-tekniikkaa hyödyntävä ohje

Wikit ovat kokoelmia toisiinsa liitetyistä internet-sivuista, joita kuka tahansa voi muokata. Wikeillä kyetään keräämään, tarjoamaan ja kehittämään informaatiota kenen tahansa asiasta kiinnostunein voimin. Wiki-tekniikka tekee mahdolliseksi suunnittelevan kirjoittamisen. Tekstiä laatiessa voidaan lisätä linkkejä uusiin sivuihin. Uusille sivuille kyetään lisäämään ns. tynkää tietoa, jota voidaan täydentää myöhemmin. Tiedon täydennyksen ja lisäyksen voi suorittaa kuka tahansa muu wikin käyttäjä.

Wiki-tekniikka tukee nopeaa ja avointa tiedon tuottamista. Wikit soveltuvat sosiaaliseen vuorovaikutukseen, opetukseen ja oppimiseen. Oppimisympäristönä wikejä voidaan pitää vapaamuotoisena opiskelijalähtöisenä lähestymistapana. Wikin vahvuutena voidaan pitää sen soveltuvuutta kollektiivisen tiedon rakenteluun, vapaamuotoiseen projektin- ja tiedonhallintaan ja oppimateriaalin tuotantoon ja ylläpitoon. [42]

Yksi wiki-tekniikkaa puoltava seikka on myös eri kulttuureista tulleiden ihmisten laaja tuntemus wikien käytöstä. Tarkkoja lukuja wikien maailmanlaajuisesta käytöstä ei ole tiedossa, mutta pelkästään Wikipedia-sivustolla on maailmanlaajuisesti noin 9 miljoon-

naa rekisteröitynyttä käyttäjää. Esimerkiksi maaliskuussa 2007 yli 46 miljoonaa eri vierailijaa kävi Wikipedia-sivustolla. Vierailijoiden lukumäärä on varmasti noussut vuoteen 2009 mennessä. [43; 44]

6.1.2 ”Tikapuu-ohje”

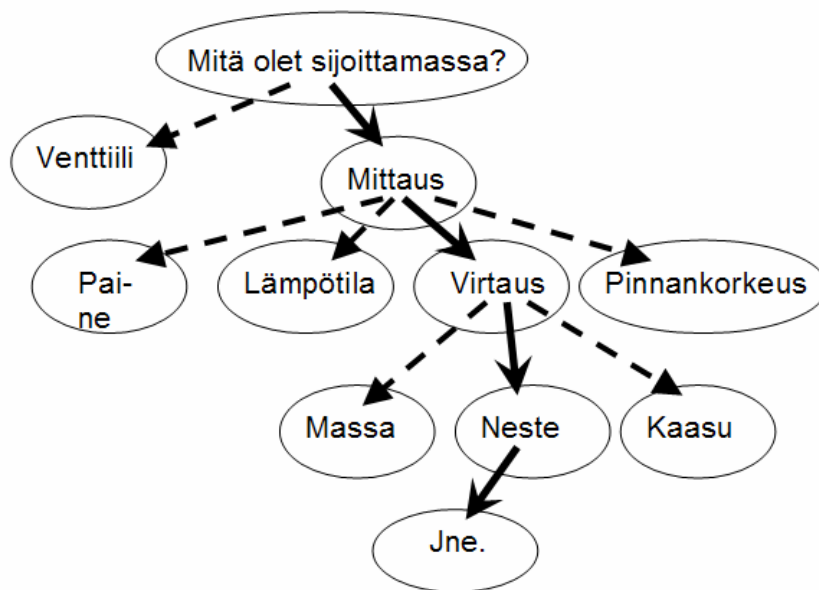
Verkossa toimivan tikapuu-ohjeen toiminta on helppoa selittää esimerkin ja kuvan avulla. Seuraavassa on käyty läpi esimerkki tikapuu-ohjeesta ja kuvassa 32 esitetään sama asia piirroksella. Ohjeen käyttö lähtisi käyntiin siitä, että käyttäjältä kysyttäisiin esimerkiksi ”Mitä instrumenttia olet sijoittamassa?”.

1. Venttiiliä
2. Mittausta
3. Näytteenottoa
4. Analysaattoria.

Kun käyttäjä on vastannut kysymykseen, tässä esimerkki tapauksessa mittauksesta, siirrytään seuraavaan kysymykseen. Seuraava kysymys on esimerkiksi ”Mikä mittaus on kyseessä?”.

1. Pinnankorkeus
2. Virtaus
3. Paine
4. Ja niin edelleen.

Tämän jälkeen siirrytään seuraavaan kysymykseen. Lopuksi käyttäjälle näytetty tieto olisi todella yksityiskohtainen. Höytyinä tästä seuraisi se, että käyttäjä saisi näkyville haluamansa tiedon nopeasti sekä ohjeessa esitetty tieto pysyisi hyvin rajoitettuna. Haittapuolena olisi hyvin pitkälti se, että tieto todella pysyisi rajoitettuna, jolloin instrumentoinnin kokonaiskuva jäisi kokemattomalta suunnittelijalta pintapuoliseksi. Toisena haittapuolena tämänkaltaisessa lähestymistavassa olisi myös kokemattomien käyttäjien sekaannukset, jotka aiheutuisivat siitä, etteivät käyttäjät tiedä, missä päin ohjetta he liikkuvat.



Kuva 32. "Tikapuu-ohjeen" etenemismalli.

6.1.3 Yhdistelmäratkaisu

Yhdistelmäratkaisu tarkoittaa periaatteessa wiki-tekniikkaa hyödyntävää ohjetta, jossa toteutetaan myös tikapuu-mallin mukainen lähestymistapa. Yhdistelmäratkaisussa käyttäjä voisi itse valita, kumman lähestymistavan hän haluaa ottaa.

Koska wiki-tekniikka ja tikapuu-ohje kytetään helposti toteuttamaan yhdeksi ja samaksi ratkaisuksi, tämän kaltainen lähestymistapa koettiin kaikkein parhaimmaksi. Yhdistelmäratkaisu tarjoaisi yksinkertaisen lähestymistavan sitä haluaville, ja ratkaisusta löytyisi myös uuden ohjeen tiedot ns. wiki-muodossa.

6.2 Laatuwiki

Pöyryllä ollaan käyttöönottamassa, ja osittain jo otettu, ns. laatuwiki. Laatuwikiin siirretään kaikki Pöyryllä käytössä olevat laatukäsikirjat. Tulevaisuudessa laatuwikiä on tarkoitus laajentaa myös muulla tiedolla. Koska tämänkaltainen laatuwiki oli otettu jo osittain käyttöön, koettiin yksinkertaisimmaksi ja halvimmaksi ratkaisuksi julkaista uudet ohjeet laatuwikissä.

Laatuwikiä laaditaan Confluence-ohjelmalla, joka on wiki-sivujen tekoon tehty verkossa toimiva tietokoneohjelma. Confluence-ohjelma tarjoaa hyvät mahdollisuudet wiki-tekniikkaa hyödyntävien sivujen tekoon.

6.2.1 Ohjeen muokkaus

Confluence-ohjelmalla kyetään luomaan toimivat wiki-sivut hyvin yksinkertaisesti, vaikkapa word-tiedostosta. Tekstin, kuvien, linkkien ja muun materiaalin lisääminen kyetään tekemään helposti. Confluence-ohjelmalla luotu wiki-sivusto tarjoaa myös laajat muokkaamismahdollisuudet ohjeen ulkoasulle. Periaatteessa ohjeen ulkoasusta voidaan tehdä juuri käyttäjien vaatimusten mukainen.

Confluence-ohjelmalla tehty wiki-sivusto toimii kuten muutkin vapaan sisällön tietosanakirjat. Ohjeen sisältöä ja ulkoasua käyttäjät voivat itse muokata. Sisällön muodolle, jota laatuwikiin lisätään, ei ole periaatteessa rajoituksia, koska ohjelmaan voidaan ladata erilaisia päivityksiä. Sisältö voi olla esimerkiksi kuvia, eri tiedostotyyppisiä videoita.

Laatuwikistä löytyvät toiminnot tiedonhakuun ja perusmuokkaustyökalut wiki-sivustojen laatimiseen. Muokkaustyökaluilla, kyetään lisäämään linkit wikin sisälle ja ulkopuolisille internet-sivuille, kuviin, laitevalmistajien manuaaleihin, 3D-malliin, mitoitushjelmiin ja niin edelleen. Instrumenttien sijoitusohjeet voidaan myös siirtää ohjelmalla takaisin word-tiedosto muotoon, josta ne ovat muokattavissa tai tulostettavissa.

6.2.2 Käyttäjät ja ohjeen ylläpito

Pöyryllä laatuwikin käyttäjät jaetaan kahteen ryhmään. Toisessa ryhmässä ovat peruskäyttäjät ja toisessa ylläpitäjät. Ylläpitäjillä on täydet oikeudet sivujen muokkaamiseen. Peruskäyttäjät eivät pysty muokkaamaan wikissä olevaa pohjatietoa, mutta he pystyvät lisäämään kommentteja ja ehdotuksia erilliseen kommentointi-ikkunaan.

Uuden ohjeen kohdalla käyttäjät tulisi myös jakaa kahteen ryhmään: ylläpitäjiin ja peruskäyttäjiin. Ylläpitäjät pystyisivät lisäämään sivustolle tekstiä, valokuvia, laitevalmis-

tajien manuaaleja, linkkejä muihin sivustoihin ja niin edelleen, toisin sanottuna ylläpitäjillä olisi täydet oikeudet ohjeiden muokkaamiseen. Ylläpitäjien tulisi suorittaa myös niin sanottuja siivoustoimia, kuten vanhentuneen ja epäasiallisen sisällön poisto. Peruskäyttäjät pystyisivät ainoastaan kommentoimaan ja ehdottamaan uutta sisältöä ohjeelle. Näin toimittaessa kyettäisiin välttämään mahdolliset erimielisyydet suunnittelijoiden kesken.

Jatkoa varten kaikille automaatio-osaston työntekijöille tulisi saada luku- ja kommentioikeudet laatuwikiin. Ohjeelle tai koko laatuwikin automaatio-osiolle tulisi valita ylläpitäjä tai ylläpitäjiä, jotka alkavat huolehtia laatuwikin automaatio-osuuteen lisättävästä informaatiosta. Instrumenttien sijoittaminen putkistoon -ohjeen ylläpidosta voisi huolehtia kenttäsuunnittelun competence-team, joka tekisi esimerkiksi kokouksissaan päätökset, mitä ohjeisiin lisätään tai miten niitä muokataan.

Laatuwikin automaatio-osuus voitaisiin jakaa osiin competence-teameittain samalla tavalla kuten automaatio-osaston tämänhetkiset kotisivut. Tällöin jokainen competence-team saisi vastattavakseen oman osuuden laatuwikiin lisättävästä materiaalista. Competence-teamien tavoitteiksi on asetettu osaamisen levittäminen, työtapojen ja työkalujen kehittäminen ynnä muuta sellaista. Tämä tapahtuu mielestäni helpommin wiki-tekniikalla toteutetuilla sivuilla kuin nykyisillä automaatio-osaston kotisivuilla.

6.3 Prototyyppi

Tämän insinööriyön puitteissa laatuwikiin pyrittiin tekemään muutama sivu, instrumentin sijoitusohje, kokonaan toimivaksi ns. prototyyppisivuiksi. Prototyyppisivuiksi valittiin paineen- ja lämpötilan mittaus, koska näiden kahden mittauksen sijoitusohjeet ovat suhteellisen lyhyet ja kevyet. Kuvassa 35 on laatuwikiin kokonaisuudessaan toteutettu prototyyppisivu lämpötilan mittauksesta.

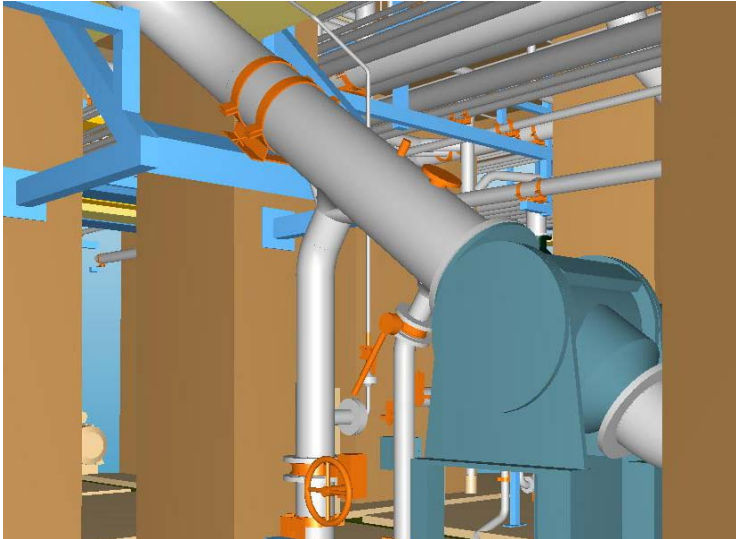
Prototyyppisivujen tarkoitus ei ole olla viimeinen versio instrumenttien sijoitus - ohjesivuista, vaan niiden tarkoitus on opastaa ja näyttää esimerkkiä wiki-tekniikalla toteutettujen sivujen toiminnasta ja mahdollisuuksista. Kenttäsuunnittelun competence-team voi tehdä lopulliset päätökset uusista sivuista.

6.3.1 Prototyypissä olevat linkit

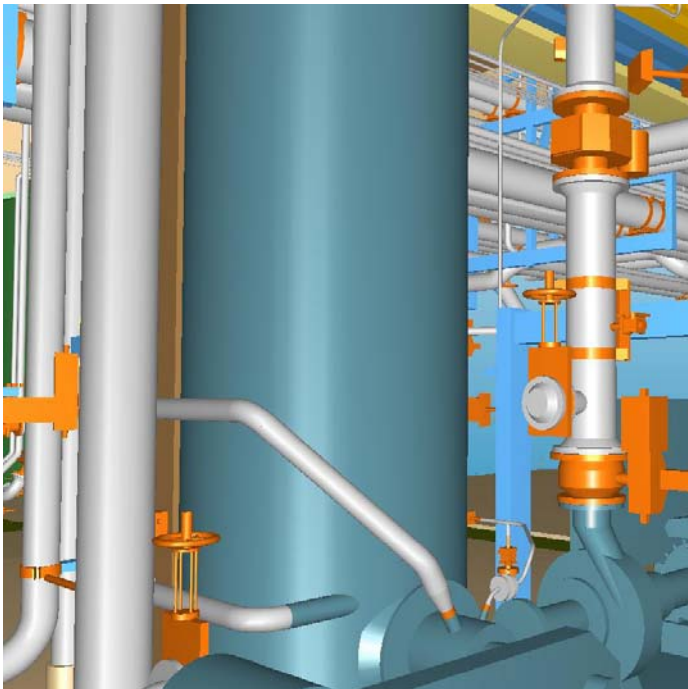
Kuvasta 35 voidaan havaita prototyypisivulle tehtyjä toimintoja, kuten linkit laatuwiikin sisä- sekä ulkopuolelle. Kuvassa näkyvistä pienistä linkkikuvista, ns. thumbnail-
linkeistä, avautuvat suuremmat versiot kuvista. Tekstin seassa esiintyvät kuvalinkit linkittyvät vanhan ohjeen ”rautalankakuviin”.

6.3.2 Valokuvat ja 3D-malli

Valokuvia ja 3D-mallia hyväksikäyttäen prototyypisivuille tehtiin malli suunnitellusta ja toteutuneesta instrumenttien sijoituksesta. Tämä toteutettiin siten, että otettiin kuva 3D-mallista ja digitaalinen kuva oikeasti toteutuneesta tilanteesta. 3D-mallista otettu kuva näyttää, miten instrumentointi on suunniteltu toteutettavaksi. Digitaalisesta kuvasta havaitaan, miten instrumentointi on toteutunut todellisuudessa. Kuvia vertaamalla automaatio- ja putkisuunnittelija saavat esimerkkejä onnistuneista ja epäonnistuneista sijoitussuunnitelmista. Automaatiosuunnittelija saa myös kuvan siitä, miten instrumenttien sijoitussuunnitelmat tulisi tarkistaa. Kuvissa 33 ja 34 on esimerkit 3D-mallista otetuista kuvista. Näitä kuvia voidaan verrata aiemmin esitettyihin kuviin 5 ja 19, joissa näkyvät oikeasti toteutuneet tilanteet. Kuvista 33 ja 34 voidaan myös havaita, ettei 3D-mallissa näytetä antureita vaan pelkät instrumenttiyhteet.



Kuva 33. Esimerkki 3D-mallista otetusta kuvasta. Vertaa kuva 5.



Kuva 34. Esimerkki 3D-mallista otetusta kuvasta. Vertaa kuva 19.

Tulevaisuudessa ohjeeseen lisättävistä valokuvista voisi löytyä suunnittelijan lyhyt selostus, miten instrumentin sijoittaminen onnistui tai epäonnistui. Kun selostuksen ja valokuvan ohkeen lisätään kuva 3D-mallista, voidaan esimerkiksi selvittää, mikä instrumentin sijoituksessa on mennyt oikein tai väärin.

Siirtyminen 3D-malliin, kuvan kautta, ei ole mahdollista prototyypissä. Tämän kaltainen toiminto voitaisiin tulevaisuudessa lisätä ohjeeseen, koska siirtyminen 3D-malliin olisi

hyvin opettava toiminto kokemattomille ja erilaisista tehdasympäristöistä tulleille suunnittelijoille.

6.3.3 Dokumentit

Laatuwikiin, instrumenttien sijoittaminen putkistoon -ohjeosuuteen, luotiin oma paikka, toisin sanottuna sivu, laitevalmistajien manuaaleille ja muille ohjeille. Tästä paikasta löytyvät tulevaisuudessa kaikki laatuwikin automaatio-osuuteen ladatut tiedostot. Myös pelkästään yhdelle sivulle kyetään luomaan niin sanottu liitetiedostokirjasto, josta liitetiedostoja voidaan tarkastella. Prototyypisivuille liitetiedostokirjastoon lisättiin muutamia laitevalmistajien manuaaleja sekä kuvia. Tästä liitetiedostokirjastosta voisi tulevaisuudessa löytyä esimerkiksi laitevalmistajien mitoitusohjelmia, jotka voisi asentaa tätä kautta käyttäjien koneelle.

Dokumentteja, joita ohjeeseen voitaisiin lisätä, olisivat vanhat laitemanuaalit, malliprojektin sijoitus- ja kytkentäkuvat sekä mallidokumentit ja taulukot esimerkiksi instrumenttien toiminnasta, kalibroinnista ja mitoituksesta.

Live search

PROCESSES

PRODUCT DESCRIPTIONS

DESIGN INSTRUCTIONS

BOOK INDEX

Automation

- Instrumenttien sijoittaminen putkistoon
- Automaattiventtiilit
- Mittausanturit
 - Paineen mittaus
 - Lämpötilan mittaus**
 - Virtauksen mittaus
 - Pinnankorkeuden mittaus
 - Sakeuden mittaus
 - Näytteenotto
 - Johtolohky
 - PH-mittaus
 - Redox
 - Kemikaalijäännös ja vaaleus
 - Öljyä vedessä
 - Refraktometri
 - Sameuden mittaus
- Analyysiaortit
- Järjestelyt laitteiden huoltoa varten

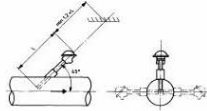
Added by [Aleksi Autere](#), last edited by [Vuori, Otto](#) on Jan 30, 2009 ([view change](#))

Lämpötilan mittaus

Mittaustekniset vaatimukset

[Lämpötila-anturi](#) on sijoitettava kohtaan, jossa mitattava aine on mahdollisimman voimakkaassa liikkeessä. Putkissa tämä vaatimus on yleensä täytetty. Putken on oltava anturin kohdalla täynnä.

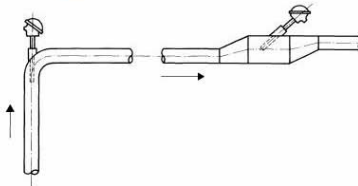
Lämpötila-anturi sijoitetaan neste- ja höyryputkessa kohtisuoraan tai vastavirtaan ([kuva](#)). Sulppuputkessa anturi sijoitetaan myötävirtaan ([kuva](#)).



Putkistosuunnittelussa huomioitavaa

Lämpötilamittausyhte sijoitetaan vaakasuoraan tai ylhäältä alaspäin, jotta valuvat nesteet eivät tunkeutuisi anturin kytkinrasiaan ja kaapelin suoja-putkeen.

Standardianturin vähimmäispituus on 160 mm. Pieniläpimittaisissa ($D < 50$ mm) putkissa standardipituinen anturi sijoitetaan putkikäyrään tai putken laajennukseen ([kuva](#)). Näissä tapauksissa olisi syytä neuvotella automaatio suunnittelijan kanssa mahdollisuuksista käyttää lyhyempää anturia.



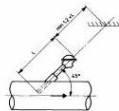
Paikallinen lämpömittari on sijoitettava siten, että se on helposti luettavissa ([kuva](#)).

Lämpötila-anturi on sijoitettava mahdollisimman lähelle [lämmönsiirtimen](#) ulostuloliitäntää, mieluiten niin, että anturi menee suoraan lämmönsiirtimen sisään ([kuva](#)).

Putkessa olevan hiljaakettäjän jälkeen anturi sijoitetaan vähintään metrin päähän höyryn ja nesteen ([kuva](#)) tai kahden nesteen sekoituspaikasta ([kuva](#)). Jäähdytettäessä höyryä vesisuihkulla anturia ei saa sijoittaa lähelle suihkutuskohtaa, koska ennen lämpötila-anturia vaaditaan veden ja höyryn mahdollisimman täydellinen sekoittuminen. Höyryn virtausnopeudesta riippuen lämpötila-anturin sijoituskohdan etäisyys suihkutuskohtasta suorassa putkessa on 10...30 m ([kuva](#)). Anturi voidaan sijoittaa myös putkikäyrän jälkeiseen suoraan putkeen, riittävän etäälle käyrästä. Eri lämpötiloissa olevien virtaussekoituskohtojen jälkeen lämpötila-anturi sijoitetaan vähintään $20 \times D$, etäisyyteen sekoituskohtasta, ellei putkistossa tätä ennen ole sekoituslaitetta.

Säiliöissä lämpötila voi olla kerrostunut, mikä on syytä ottaa huomioon mittauskohtaa valittaessa.

Lämpötila-anturin poistoa ja huoltoa varten on varattava tilaa noin 1,2 kertaa anturin pituuden verran.



Säteilyyn perustuvan lämpötilan mittauksissa tulee varmistaa, että mittauksen keilan tiellä ei ole esteitä.

Yhteenveto

1. Lämpötila-anturin kohdalla on oltava hyvä sekoittuvuus.
2. Putken on oltava anturin kohdalla täynnä.
3. Anturi sijoitetaan vaakasuoraan tai ylhäältä alaspäin.
4. Pieniläpimittaisissa putkissa anturi mahtuu vain putkikäyrään tai putken laajennukseen.
5. Paikallinen lämpömittari sijoitetaan siten, että se on helposti luettavissa.
6. Lämpötila-anturi sijoitetaan mahdollisimman lähelle lämmönsiirtimen ulostuloyhdettä.
7. Anturi sijoitetaan noin metrin päähän hiljaakettäjästä tai sekoituspaikasta putkessa.
8. Höyryn jäähdytys-suihkun jälkeen on oltava 10...30 m suoraa.

Automaatio suunnittelussa huomioitavaa

Lämpötilamittausantureiden erilaiset liitännät ja suojataskut on esitetty standardissa DIN 43772. Yhteen pituuden valinnassa on huomioitava anturin upotussyvyys ja asennuskulma, putken halkaisija ja eristyksen paksuudet.

Säteilyyn perustuvan lämpötilan mittauksissa kiinteästi asennettava laite voi tarvita jäähdytyksen, jos ympäristölämpötila on korkea.



Kuvissa tomissa sijaitseva lämpötilan mittaus. Oikeanpuoleisessa kuvassa näkyy yhde toimin sisältä.

Kuva 35. Prototyypisivu lämpötilanmittauksesta.

6.3.4 Prototyypisivujen analysointi

Prototyypisivuilla kyettiin osoittamaan, että wiki-tekniikalla toteutetuilla sivuilla saadaan tehtyä toimivat instrumenttien sijoitusohjeet. Ulkoasullisesti sivuista saatiin tehtyä selkeät ja visuaalisesti miellyttävät hyvin nopeasti ja yksinkertaisesti. Ohjelman käyttö ei periaatteessa edellytä aiempaa kokemusta wiki-sivujen teosta. Tulostetun version lukeminen, sitä halutessa, onnistuu helposti, koska laatuwikin sisältö pystytään siirtämään word-tiedostoon. Prototyypisivuilla kiinnitettyt dokumentit ovat helposti löydettävissä.

Prototyypisivuja tehtäessä laatuwikin kaikki toiminnot ei ollut käytössä tai ne eivät toimineet. Ylimääräistä työtä sivujen tekemisessä aiheutti esimerkiksi linkkien lisääminen kuviin, koska jostain syystä linkkien teko kuviin täytyi suorittaa wiki-ohjelmoinnilla eikä perustyökaluilla. Myös ohjelman toiminnassa ilmeni ongelmia muutamana kerran, kun ohjeiden päivitysvaiheessa koko internetselain lakkasi toimimasta ja niin sanotusti ”kaatui”. Välillä sivujen päivitys kesti todella kauan, johtuen joko hitaasta internetyhteydestä tai ohjelman hitaudesta reagoida muutoksiin.

7 Yhteenveto

Insinööriyön tuloksena tuotettiin uusi ohje instrumenttien sijoittamiselle putkistoon. Se julkaistiin kokonaisuudessaan uudessa julkaisumuodossa, laatuwikissä. Vanhan ohjeen puutteet täydennettiin, ja koko sisältö päivitettiin ajan tasalle. Uudessa ohjeessa otetaan kantaa erityisesti putki- ja automaatio suunnitteluun. Sen sisältö on myös pyritty järjestelmään siten, että kokemattomat ja muista tehdasympäristöistä tulleet suunnittelijat pystyvät sisäistämään ohjeen sisällön helposti.

Lisäksi uuteen ohjeeseen kerättiin kenttäinstrumentoinnin hiljaista tietoa Pöyryn työnteekijöiden haastattelujen ja kommenttien sekä työnohjaajan projekti-insinööri Esa Partasen avulla. Hiljaista tietoa kerättiin vain instrumenttien sijoituksesta. Tosin hiljaista tietoa saatiin kerättyä myös instrumenttien mitoituksesta, valinnasta ja asennusvalvonnasta. Kaikkea hiljaista tietoa ei kirjattu osaksi tätä insinööriyötä, koska työssä pyrittiin pitäytymään instrumenttien sijoituksessa.

Joitakin huomionarvoisia seikkoja instrumenttien sijoittamisesta on voinut jäädä kirjaamatta uudesta ohjeesta, jos ne eivät tulleet ilmi insinööriyötä tehtäessä. Koska uusi ohje julkaistaan helposti päivitettävänä wikinä, työstä pois jääneet instrumentit tai instrumentoinnin hiljainen tieto on helppo lisätä siihen jälkikäteen. Myös kokonaan uusin instrumenttien lisääminen onnistuu helposti.

Uuden ohjeen julkaisumuodossa päädyttiin wiki-tekniikkaa perustuvaan internetsivustoon. Valinta oli helppo, kun selvisi, että Pöyryllä ollaan julkaisemassa laatukäsikirjat wiki-muodossa. Muita wiki-tekniikkaa kannattavia asioita oli wikien soveltuvuus opetus- ja oppimiskäyttöön, helppokäyttöisyys, päivitys- ja kommentointimahdollisuudet sekä ihmisten yleistuntemus wikejä kohtaan.

Ohjeen julkaisumuodon lopullinen toteutus tullaan tekemään tulevaisuudessa. Hyvinä pohjasivustomalleina toimii kaksi prototyypisivua, jotka tehtiin osana tätä insinööriyötä. Prototyypisivuilla kyettiin osoittamaan ulkoasun ja käytettävyyden kannalta tärkeitä seikkoja, kuten valokuvien ja 3D-mallin käyttö, linkitykset wikin sisä- ja ulkopuolelle sekä dokumenttikirjastot.

Tämä insinööriö ja sen mukana tehty uuden ohjeen julkaisumuoto antavat rungon ja lähtökohdat uusien sisäisten ohjekirjojen tekoon, jotka julkaistaan laatuwikissä. Jatkokehitysideana ohjeeseen voitaisiin kirjata myös instrumentin valintaan, mitoituseseen, työmaatoimintaan ja niin edelleen liittyviä seikkoja tai julkaista kyseisistä asioista kokonaan uudet ohjeet laatuwikissä.

Henkilökohtaisesti ohjeen teko osoittautui melko vaativaksi tehtäväksi. Varsinkin kun instrumentoinnista ei ollut kovinkaan paljon omakohtaista kokemusta eikä koulussa ollut käyty läpi kovinkaan tarkasti instrumenttien sijoittamista prosessiin. Toisaalta tämä osoittautui myös vahvuudeksi. Uuden ohjeen tekeminen niin sanotusti ”ulkopuolisena” auttoi näkemään, missä uusilla suunnittelijoilla esiintyy tiedon puutteita ja minkälaisia asioita uudessa ohjeessa tulisi korostaa. Jos ohjeen olisi tehnyt henkilö, joka on vuosikaudet tottunut tekemään instrumentointia, olisivat jotkin kohdat voineet jäädä huomi-
oimatta.

Lähteet

1. Putkisuunnittelunkäsikirja PE.4. Käsikirjan päivitykset. Sisäinen käsikirja. Pöyry Forest Industry Oy, 2002.
2. SFS 5059. Instrumentointi. Instrumenttien sijoittaminen prosessiin. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2007.
3. Virtual mill. Esite. Pöyry Forest Industry Oy, 2006.
4. Rahikka, Mika. Osastonjohtaja. Pöyry Forest Industry Oy, Vantaa. Keskustelut 1.10.2008- 31.1.2009.
5. Huovila, Hannu. Suunnitteluinsinööri. Pöyry Forest Industry Oy, Vantaa. Keskustelut 1.10.2008- 31.1.2009.
6. Heikkilä, Antti. Projekti-insinööri. Pöyry Forest Industry Oy, Vantaa. Keskustelut 1.10.2008- 31.1.2009.
7. Putkistostandardi. Projektiohje. Pöyryn Forest Industry, 2007.
8. Sivonen, Markku. Teollisuuden instrumentointi rakenne ja suunnittelu. AEL, 2007.
9. Kettunen, Soini ja Peni, Hannu. Mittaus, perusmittausyhteiden sijoittaminen putkistoon. Kunnossapitolehti, numero 8, 2004.
10. Kettunen, Soini ja Peni, Hannu. Mittaus, perusmittausyhteiden sijoittaminen putkistoon, Kunnossapitolehti, numero 1, 2005.
11. Itabar flow sensor for steam type IBRD. Manuaali. Intra Automation, 2003.
12. Itabar flow sensor type IBR. Manuaali. Intra Automation, 2003.
13. Optimass handbook. Käsikirja. Krohne, 2008.
14. Knowpulp. Oppimisympäristö. VTT, 2005.
15. Universal flow meter, service handbook. Käsikirja. Krohne, 2005.
16. Deltapilot S DB50/51/52/53, technical information. Manuaali. Metso Endress+Hauser Oy, 2000.
17. Levelflex M Guided level radar, technical information. Manuaali. Metso Endress+Hauser Oy, 2006.
18. Silopilot M FMM50 electromechanical level measuring system, technical information. Manuaali. Metso Endress+Hauser Oy, 2005.
19. KajaaniROTARY, installation, operating & service manual. Manuaali. Metso Automation Oy, 2005.

20. Mek2300 with JCT-1100 Smart rotating consistency transmitter, User manual. Manuaali. BTG, 2003.
21. Smart LX optical consistency transmitter, installation and operating instructions. Manuaali. Metso Automation Oy, 2002.
22. Redox-mittaus. (WWW-dokumentti.) Prominent Finland Oy.
<www.prominent.fi>. Luettu 20.11.2008.
23. NOVE luotettavan näytteenoton standardi. Esite. Metso Automation Oy, 2001.
24. NOVE näytteenotin, käyttäjän ohje. Ohjekirja. Metso Automation Oy, 2002.
25. KajaaniCORMECi, KajaaniPOLAROXi ja Kajaani Filtrate Piston, asennusohje. Ohjekirja. Metso Automation Oy, 2000.
26. OR 42, OR 52, Installation instructions. Ohjekirja. Gestra GmbH, 1996.
27. SET/ OSK2 kapasitiivinen anturi. Käyttö- ja asennusohje. Wavin-Labko Oy, 2005.
28. Instruction manual for inline refractometer PR-23. Ohjekirja. K-Patents Oy, 2007.
29. Solitax SC, User manual. Ohjekirja. Hach Company, 2005.
30. Optec-F, User manual. Ohjekirja. TTS Technologies, 2001.
31. KajaaniKAPPAi, KajaaniBRITEi, maintenance & operation manual. Ohjekirja. Metso Automation Oy, 2003
32. Kajaani MAP asennusohje. Ohjekirja. Metso Automation Oy, 2005.
33. Kajaani SD102 asennus-, käyttö- ja huolto-ohje. Ohjekirja. Metso Automation Oy, 2005.
34. Savukaasupäästöjen jatkuvatoimiset hiukkaspitoisuusmittaukset. Luentomoniste. Kontram Oy, 2008.
35. KajaaniWEM, installation manual. Asennusohjekirja. Metso Automation Oy, 2007.
36. Kajaani RMi asennusohje. Ohjekirja. Metso Automation Oy, 2005.
37. Kajaani CATi asennusohje. Ohjekirja. Metso Automation Oy, 2005.
38. DRT-5500 Freeness inline. (WWW-dokumentti.) BTG.
<<http://www.btg.com/campaignweb/index.html>>. Luettu 19.12.2009.
39. DRT-5200-S/B, User manual. Ohjekirja. BTG, 1999.
40. Sonica Online air content analyzer, construction and installation. Ohjekirja. Savcor, 2000.

41. Analysaattoriasennus. Luentomoniste. Metso Automation Oy, 2005.
42. Majava, Jere. Blogit ja wikit, opetusteknologian uudet palvelut. Luentomoniste. Helsingin yliopisto, 12.9.2006.
43. Wikipedia is the internet's top source for news. (WWW-dokumentti.) Graham Charlton. <<http://econsultancy.com/blog/1469-wikipedia-is-the-internet-s-top-source-for-news>>. Luettu 20.1.2009.
44. Statistics from Wikipedia. (WWW-dokumentti). A Wikipedia project. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Special:Statistics>>. Luettu 20.1.2009.