

# Pinnan tasolta

Tieto pinnan korkeudesta on yksi teollisuusprosessien mitatuimmista suureista.

Usein mittaus on prosessin haastavimpien mittausten joukossa ympäristöolosuhteiden takia ja niinpä ratkaisut ovat monasti tapauskohtaisia ja kokemuksen kautta parhaaksi haettu.

**P**innankorkeus on teollisissa prosesseissa yleisin mitattu muuttuva lämpötila-, paine- ja virtausmittausten ohessa. Kun ollaan tekemisissä jauheiden tai irtomateriaalien kanssa, voi pinnanmittausten lukumäärä olla pääparametreista suurin. Pinnanmittaus on edellä mainituista usein myös se haasteellisin moninaisten olosuhteidenyhdistelmien vuoksi. Pinnan korkeutta mitataan lukuisilla eri mittauseriäätteillä.

Vaihtoehtoja mittauksen suorittamiseen on runsaasti. Tästä voi päätellä, että kaikkiin tapauksiin hyvin sopivaa mittaustapaa ei ole vielä tarjolla. Vaatimukset vaihtelevat suuresti. Prosessiteollisuuden sovellukset ovat yksilöllisiä ja tapauskohtaisesti joudutaan miettimään, mikä ja miten toteutettuna laiteratkaisusta tulisi käyttäjälle mahdollisimman suuri hyöty. Tällöin hinta ei ole ratkaisevin hankintakriteeri. Kone- ja laitevalmistuksessa hinnalla taas on suuri merkitys. Mahdollisimman edullista anturia käytetään koko ajan suuria määriä samaan sovellukseen.

Tässä mittaustekniikan artikkelisarjassa käsitellään eri menetelmiä ja toimintaperiaatteita, niille tyypillisiä käyttökohteita, hyviä ominaisuuksia ja puutteita sekä soveltamiseen ja asennukseen liittyviä asioita käytännönläheisestä näkökulmasta unohtamatta kuitenkin perusfysiikkaa, johon kaikki tavalla tai toisella ovat sidoksissa.

## Mittausluokittelua

Pinnanmittauslaitteet voidaan toimintatavan perusteella jaotella esim. seuraavansiin ryhmiin:

### 1. Mekaaniset ja sähkömekaaniset mitaustavat

Nämä käyttävät hyväksi mekaanista liiket-

tä tai muutosta, jonka mitattava aine aiheuttaa anturin tunto-osaan. Näin toimivat esim. uimurit, siipikytkimet, mekaaniset luotaimet ja värähtelyyn perustuvat mitaukset.

### 2. Sähköiset, ainetta koskettavat menetelmät

Mitattavan aineen fysikaalinen ominaisuus tai tämän ominaisuuden muutos vaikuttaa anturin tunto-osaan siten, että sen sähköinen lähtösignaali muuttuu suoraan verrannollisena pinnan korkeuteen. Sähköisiä mittaustapoja ovat esim. dielektrisyteen, johtokykyyn, paineeseen, lämpötilamuutokseen ja vaimennukseen perustuvat mitaukset.

### 3. Täyttöainetta koskettamaton mittaus

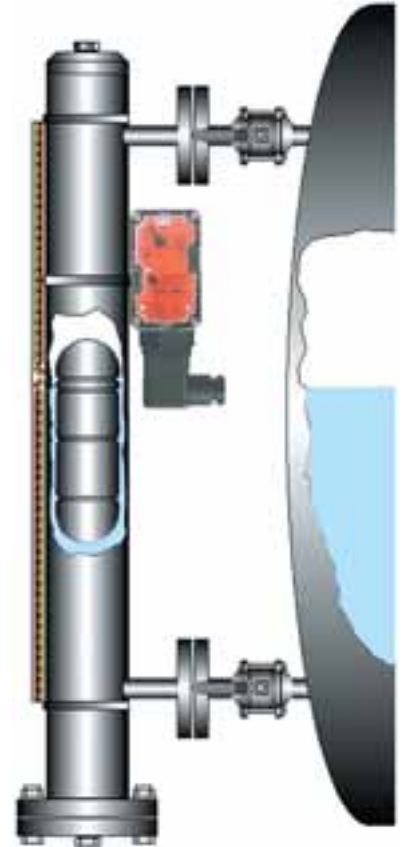
Pintaa mittaava anturi ei ole suorassa kosketuksessa mitattavaan aineeseen. Tähän ryhmään voidaan luokitella mm. äänen tai ultraäänen, mikroaallon tai valon kulkunopeuden mittaukseen tai vaihe-eroon perustuvat laitteet sekä täyttöaineen vaimennukseen perustuvat, kohteen ulkopuolelta gammasäteilyä, mikroaaltolähetystä tai ultraääntä hyväksikäyttävät laitteet. Samaan ryhmään kuuluu myös materiaalin määrän mittaaminen säiliön rakentamisen yhteydessä tai jälkikäteen jalkaan asennettavilla punnitusantureilla.

## Mekaniikka ei koskaan katoa

Mekaaniset ja sähkömekaaniset mittaustavat olivat ensimmäisiä automaattisia pinnanvalvontalaitteita. Niiden käyttö alkoi jo 1930 luvulla. Kultakuusi ajoittui automaatiotekniikan alkutaipaleelle 1950–1960 luvuille. Aluksi laitteista saatiin vain paikallinen indikaatio, johon sitten tekniikan kehittyessä on vuosikymmenten mittaan lisätty erilaisia sähköisiä signaali-muuntimia ja tunnistimia. Muuntimien kautta mittaustieto on voitu siirtää kulloinkin käytössä olevan automaatiotason mukaiseksi viestiksi: aluksi pneumaattiseksi viestiksi, sitten sähköiseksi, esim. 4–20 mA, ja nykyisin digitaaliseksi viestiksi.

Vielä tänäkin päivänä, esim. petrokeemian uusissa projekteissa näkee sovellettavan paljon tämän kategorian laitteita Sinuhe Egyptiläisen periaatteella ”Näin se on aina ollut ja näin se on aina oleva”, vaikka luotettavia uusia tekniikoita on paljonkin tarjolla.

Mekaaniset pinnanvalvontalaitteet eivät tosin koskaan tule katoamaan, koska niillä



**Magneettivälitteinen nestepinnanosoitin on käyttökelpoinen pinnanvalvontalaitte siellä missä paikallista pinnanosoitusta tarvitaan. Osoittimen voi varustaa kammion ulkopuolelta säädettävillä pinnatarajoilla ja myös kammion ulkopuolelle asennettavilla jatkuvatoimisilla lähettimillä joissa uimurin magneetin paikka mitataan reed-rele-vastusanturilla tai magnetostruktivisellä anturilla.**

on eräs lyömätön ominaisuus; ne pystyvät osoittamaan pinnan myös sähkökatkoksen sattuessa.

## Elektroniikka uudisti mittauksen

Kuusikymmenluvulla elektroniikan kehitys oli nopeaa. Se toi mukanaan uusia sähköisiä mittaustekniikoita teollisten sovellusten piiriin varsinkin nestepintojen mittaukseen.

Suurimpana etuna edellisen sukupolven ratkaisuihin oli, että päästiin eroon liikkuvista osista. Tämä aikakausi tuotti valikoimaan mm. sähköiset, paineeseen perustu-

vat pinnanmittaukset ja esim. kapasitiivisen pinnanmittauksen, jota alettiin soveltaa myös irtomateriaalien mittaamisessa. Näitä menetelmiä sovelletaan ja kehitetään eteenpäin edelleenkin, varsinkin suurten volyymien sovelluksissa.

### Kosketukseton tapa innovoi

Optimaalinen tapa mitata pinnankorkeutta on tehdä se kosketuksettomasti tai mikäli mahdollista kokonaan kohteen ulkopuolelta. Tämä ideaali tapa mitata on innoittanut tuotekehittelyä kautta aikain. Laitetarjontaa kosketuksettomaan mittaukseen on ollut 1970-luvun alkupuolelta lähtien, mutta analogitekniikalla toteutettuna laitteista tuli erittäin mutkikkaita ja hankalia virittää. Lisäksi analogisten komponenttien ryömintä toi mukanaan epäluotettavuutta.

Vasta digitaalielektronikan ja erityisesti prosessoritekniikan kehittyminen on avannut aivan uuden tason kosketuksettoman pinnanvalvontatekniikan soveltamisessa. Kun 1970-luvulla ainut tämän kategorian laite oli radioaktiivinen menetelmä, on tänä päivänä tarjolla mm. akustista, ultraääni-, mikroaalto- ja laserteknologiaa pinnanmittaukseen. Nykyisin pystytään tekemään esim. kulkuajan mittausta nanosekunti ympäristössä, analysoimaan raakadataa monipuolisesti ja tarkasti vain murto-osalla siitä hinnasta, mitä vastaavien,



Kuvan tiivistetyn jätelietteen betonisessa varastosäiliössä on paksua vaahtoa, kaasutilassa on kylläistä vesihöyryä ja paljon erilaisia rikkiyhdisteitä. Säiliössä on myös voimakas sekoitus ja muuta kuvassa näkyvää "tavaraa". Tässä tarvitaan erittäin suorituskykyinen päältä mittaava, kosketukseton pinnanmittausjärjestelmä.



Taulukko 1. PINNANKORKEUDEN MITTAUSMENETELMIÄ

NIMITYS	PRIMÄÄRINEN MITTAUSSUURE tai ELEMENTTI	SOVELTUVUUS			
		NESTEET		IRTOMATERIAALIT	
		Jatkuva	Kytkin	Jatkuva	Kytkin
NÄKÖLASI	Suora osoitus	x			
UIMURIMITTAUS	Noste/vastus	x	x		
- DISPLACER	Noste/voima, asentomittaus	x	x		
- SERVO	Noste/absoluuttianturi	x			
- MAGNETOSTRIKTIIVINEN	Noste/ kulkuaikamittaus	x			
MEKAANINEN LUOTAIN	Aseman mittaus			x	x
VÄRÄHTELY	Vaimennus/taajuusmuutos		x		x
JOHTOKYKY	Johtokyky/ vastus	x	x		x
PAINEANTURI	Hydrostaattinen paine	x	x		
KAPASITIIVINEN	Kapasitanssi	x	x	x	x
- RF-MITTAUS	Kapasitanssi/oskillointitaajuus	x	x	x	x
- ADMITTANSSI	Kapasitanssi/oskillointitaajuus	x	x	x	x
OPTINEN	Taitekerroin/prisma		x		
- LASER	Etäisyysmittaus	x		x	
- IR	Etäisyysmittaus	x		(x)	
TERMINEN	Lämmön siirtymä		x		
KAIKULUOTAIN	Kulku aika	x	x	x	x
ULTRAÄÄNI	Kulku aika/vaimennus	x	x	x	x
AKUSTINEN TUTKA	Kulku aika	x	x	x	x
MIKROAALTO	Vaimennus/vaihesiirto		x		x
- MIKROAALTOTUTKA	Kulku aika/ vaihesiirto	x		x	
- GWR- TUTKA	Kulku aika	x		x	
RADIOAKTIIVINEN	Säteilyn vaimeneminen	x	x	x	x
PUNNITUS	Voima/massa	x		x	

Taulukossa 1 on luettelo yleisimmistä teollisissa sovelluksissa käytetyistä mittaustavoista.

huonompilaatuisten toimintojen aikaansaaminen 70-luvun analogitekniikalla maksoi.

Uusi kosketukseton mittaustekniikka on korvaamassa mekaanisia ja sähköisiä menetelmiä hyvien ominaisuuksiensa sekä kilpailukykyisen hinnan vuoksi, varsinkin jatkuvatoimisissa mittauksissa.

### Mittausmenetelmien rakenteellisia etuja ja heikkouksia

Eri pinnanmittausmenetelmillä on tietyt hyvät ominaisuutensa ja lisäksi ne piirteet, joita ei esitteissä juurikaan korosteta. Käyttösovelluksia ajateltaessa on verrattava, voidaanko kunkin mittaustavan edut hyödyntää ja haitoilta vältyä. Anturi- ja tunnistinrakenteita, elektroniikkaa ja ohjelmallista signaalimuokkausta muuntelemalla voidaan poistaa tai vähentää toimintaperiaatteelle tyypillisiä haittoja. Näin vanhastakin perustekniikasta saadaan enemmän irti.

Suorituskykyä kuvaavia tunnuslukuja ja vaatimuksia määriteltäessä tulisi huomioida todelliset prosessiolosuhteet. Ensimmäisenä on ratkaistava, mikä on oleellista prosessin kannalta. Tarvitaanko jatkuvaa mittaustietoa vai voidaanko tarvittavat toiminnot hoitaa pintakytkimillä. Yleensä pinta-kytkin on helppo ja edullinen toteuttaa ja luotettava toiminnaltaan.

Käyttötarkoituksesta riippuen voidaan määrittää ne tunnusluvut ja suoritusarvot, jotka ovat oleellisia ko. sovellusta ajatellen. Näitä ovat esimerkiksi tarkkuus mittaolosuhteita huomioiden, toistuvuus, mekaaniset vaatimukset, luotettavuuden ja pitkäaikaispysyvyyden arviointi, huollon tarve ja huollettavuus prosessin käydessä.

Tarkkuusvaatimusta ja vastaavaa laitespesifikaatiota verrattaessa on syytä tutkia, missä vertailuolosuhteissa annettu laitetarkkuus on määritelty - siis pätekö esitteessä ilmoitettu tarkkuus aiotussa sovelluksessa. Useimpien valmistajien ja markkinointihenkilöiden helmasyntinä on aliarvioida prosessia ja yliarvioida laitteiden tarkkuutta. Käyttäjäpuolella taas on välillä epärealistisia odotuksia siitä, mikä tarkkuus on käytännössä saavutettavissa.

### Prosessi ratkaisee

Suurimmat pinnanmittauslaitteita häiritsevät ja suoritusarvoja heikentävät tekijät tulevat prosesseista ja asennusympäristöstä, jossa laite käytännössä joutuu toimimaan.

Eri pinnanmittausapojen soveltamisen mahdollisuudet ja sovellustuntemus ovat ratkaisevassa asemassa lopputulosta ajatellen. Suorituskykyarvojen todentamien on useimmiten käytännössä lähes mahdotonta ja lopulliset suoritusarvot jäävät useasti ns. "uskon varaan". Tästä syystä esi- ja sovellussuunnittelu on tehtävä mahdollisimman perusteellisesti, lähtien sopivimman mittaustapa- ja valinnasta, jatkuen asennuksen oikeellisuuteen sekä oikeaan, prosessiolosuhteita vastaavaan kalibrointiin.

Vaikka käytössä olisi hyvinkin tarkka ja suorituskyvyltään pätevä mittalaite, proses-



**Petrokemian teollisuudessa yleisesti käytetty pinnanmittaus tapa.**  
Kohteeseen ei haluta suoraan asentaa anturia. Sivulle mitta-kammioon toteutettu pinnanvalvonta mahdollistaa aina käynnin aikaisen huollon. Perinteinen mittaelementti on ns. uppouma-anturi (Displacer), joka on kiinteästi kytketty joko differentiaalimuuntaja-anturiin tai leikkausvoimaa mittaavaan tunnistimeen.  
Viime aikoina yhä enenevässä määrin mittausturina käytetään mikroaltopinnanmittausta toteutettuna ns. GWR-sauvatutkalla (kuvassa).

siolosuhteissa on monia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa suorituskykyä heikentävästi.

Mitattavan aineen ominaisuudet vaikuttavat mittaustapa- ja valintaan. Kannattaa huomioida esimerkiksi tiheys, viskositeetti, lämpötilan suorat ja välilliset vaikutukset, kemiallisen koostumuksen mukaan määrittyvät materiaali- ja vaatimukset, sähköjohtavuus tai dielektrisyys, räjähdysvaarallisuus, raekoko, mekaaninen kuluttavuus, pöly, lika, holvaukset ja niin edelleen.

Mittaustapa- ja valintaan tulisi ottaa huomioon ainakin ympäristön lämpötila, käyttöpainne, täyttötapa, sekoitus ja aaltoilu, värinä tai mahdolliset iskut. Mittauspaikan ilmakin saattaa olla esim. happosumujen tai höyryjen kyllästämää, jolloin mate-

riaalivalinnoissa kannattaa olla tarkkana ja tehdä ns. "varman päälle"-ratkaisuja.

Kolmas tärkeä tekijä on anturin eri asennusmahdollisuudet. Anturi voidaan asentaa mittaustapa- ja valintaan, päälle tai pohjaan. Asennusyhteiden sijoituksessa on huomioitava aiotun anturirakenteen yhteelle asettamat erityisvaatimukset. Lisäksi kannattaa jo tässä vaiheessa miettiä huollettavuutta käynnin aikana.

Yleisperiaatteena on, ettei mittausta häiritä prosessin normaalia kulkua.

Useimmiten ainetta koskettavista antureista ei ole tässä suhteessa ongelmaa, mutta on paljon kohteita, joissa anturi ei saa olla kosketuksessa mitattavaan aineeseen, koska siitä voi seurata sekoittumista, holvaantumista, epätasainen materiaali-



**Kuvassa turvesiilon miesluukku on avattuna ja noin 100-asteinen vesihöyry purkautuu ulos, jolloin siilon katolle syntyy kondenssia. Sen ja turvepölyn vuorovaikutuksena kaikkiin pintoihin syntyy ajan oloon paksuja tarttumia. Turvepöly on lisäksi räjähdysvaarallista. Kyseessä on siis maksimaalisen haasteellinen pinnanmittauskohte.**



taus, anturiosan kemiallinen tai mekaaninen vaurio, mittauksen luotettavuuden heikkeneminen likaantumisen tai tarttumien seurauksena.

### Mittauksen elinkaarikustannus

Mittattava aine, olosuhteet ja asennusmahdollisuudet ovat perustekijöitä, jotka tulisi aina tarkistaa ja verrata niitä eri periaatteilla toimivien laitteiden ominaisuuksiin. Laitehinnan lisäksi on monia tekijöitä, jotka vaikuttava mittauksen laatuun ja kokonaishintaan sekä niin sanottuun elinkaarikustannukseen.

Jo ennen mittauksen käyttöönottoa on syntynyt suunnittelu- ja asennuskustannuksia, joiden suurus saattaa ylittää varsinaisen mittalaitteen yksikköhinnan moninkertaisesti. Yhteet, impulssiputkitukset, asennusventtiilit ja muu mekaaninen asentaminen maksaa sekä materiaalina että työn hintana. Asennusfirman laskutushinta saattaa nousta jopa 100 euroon tunnilta. Esimerkiksi kattilan höyrylierion pinnanmittaus toteutettuna paine-erolähettimellä maksaa luokkaa 4000 euroa, josta paine-erolähtetimen osuus on huippulaitteillakin reilusti alle 1000 euroa.

Käytön aikaisia kustannuksia kertyy muun muassa huollosta, korjauksista, uusintakalibroinneista. Eniten käytön aikaisia kuluja aiheuttaa sovelluksista, jotka toimiaukseen edellyttävät jatkuvaa ilmausotusta. Kulut tästä saattavat nousta jopa tuhansiin euroihin vuodessa. Luotettava, ominaisuutensa pitkään säilyttävä mittalaite on yleensä elinkaarikustannuksiltaan se edullisin.

Lisätietoja: hannu.toroi@hantor.fi



Irtomateriaaleilla ei haluta käyttää materiaalin kulkua haittaavia koskettavia antureita. Kuvan suppilossa biopoltoainesuppilon pintaa mitataan kosketuksettomasti sekä akustisella pintatutkalla että radioaktiivisella pintalähettimellä. Molemmat menetelmät toimivat kohteessa hyvin. Mittaustuloksessa on ajoittaista keskinäistä poikkeamaa silloin kun materiaali pakkautuu suppilon toista seinämää vasten. Radioaktiivinen mittaus perustuu gammasäteilyn vaimenemiseen mittaustielä; holvaus seinämällä näkyy ulostulossa pintana kaikissa käyttötilanteissa. Akustinen pintatutka on suora menetelmä, jossa mittaustulos saadaan aina suoraan todellisesta pinnasta.



# pizzato elettrica

## Koneturvallisuutta 20 vuoden kokemuksella



 Welcome to [www.pizzato.com](http://www.pizzato.com) Italy

### AAA TAUSEN OY

Salakkakuja 4 A 13, 00210 HELSINKI  
Puh. (09) 58426300, Faksi: (09) 53400706  
e-mail: [esa.laurila@tausen.inet.fi](mailto:esa.laurila@tausen.inet.fi)  
<http://personal.inet.fi/yrittys/tausen>

**Dimetix • Durant • Cutler-Hammer • Gentech  
Hytech • Kuhnke • Pil • Pizzato • Yamatake**

### Perusteena mittalaitteiden hankinnalle on:

- varmistaa, että prosessiin saadaan kaikki raaka-aineet oikea-aikaisesti
- varmistaa ja parantaa lopputuotteen laatua
- ehkäistä tuotantokatkokset
- optimoida varastokapasiteetin käyttö
- ehkäistä ympäristöhaitat ja -vahingot
- säästää energiaa
- tarkistaa myydyt ja ostetut tavaramäärät
- antaa tietoa prosessiohjausta varten
- parantaa työympäristöä ja työturvallisuutta
- vähentää huolto- ja korjaustarvetta