

# KAATONOUSUJEN PINNANMITTAUS

Kaivosteollisuus

Hinkkainen Eetu

Opinnäytetyö  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikan ja liikenteen ala  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Eetu Hinkkainen	<b>Vuosi</b>	2018
<b>Ohjaaja</b>	DI Matti Paaso		
<b>Toimeksiantaja</b>	Outokumpu Chrome Oy Mikko Kauppila		
<b>Työn nimi</b>	Kaatonousujen pinnanmittaus		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	63 + 5		

---

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää Kemin kaivoksen, maanalaisten kaatonousujen pinnanmittaukseen paras vaihtoehto ja tehostaa mittauksen tarkkuutta. Näiden vaihtoehtojen, muutosten ja materiaalien perusteella rakennettaisiin toimivin mutta myös kustannustehokkain tapa tai laitteisto, joilla kaatonousujen pintaa voitaisiin mitata mahdollisimman tarkasti.

Työssä perehdyttiin ultraääni- ja mikroaaltomittauksiin ja tutkittiin vaijerimittauksien sovelluksia käytännön kohteissa. Työssä käsiteltiin myös ohjaukseen liittyviä laitteistoja sekä ohjelmia.

Opinnäytetyön tuloksena selvisi, että pinnanmittauksien suurimpana ongelmana olivat kohteen epäpuhtaudet, malmin kasautumisen ongelmat sekä sakeasti ja voimakkaasti ilmentyvä kivipöly, joka heikensi ja joissain tapauksissa jopa kokonaan merkitsi täysin toimimatonta laitetta. Lisäksi louhinnan tuottamat ongelmat kaatonousuissa lisäsivät aiheen haasteellisuutta.

Avainsanat

Outokumpu Chrome Oy, kaivosteollisuus, louhinta, kaatonousut, pinnanmittaus.

Technology, Communication and Transport  
Electrical and Automation Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Eetu Hinkkainen	<b>Year</b>	2018
<b>Supervisor</b>	Matti Paaso M.Sc. (Tech.)		
<b>Commissioned by</b>	Outokumpu Chrome oy Mikko Kauppila		
<b>Subject of thesis</b>	Ore pit surface-level measurement		
<b>Number of pages</b>	63 + 5		

---

The subject matter of this thesis, was to find out a way to measure and monitor the surface levels accurately in the ore pits of Kemi mine and find a way to make the measurement more efficient and reliable. With the conclusions, materials and findings, a new system would be implemented in the measurement areas.

In the thesis the usage of ultrasonic and microwave measurements and technology are explored. Wire measurement machinery will be also under research and the automation control programs and instruments in mine environment will also be reviewed.

The largest obstacles are the unclean and harsh conditions, especially the thick stone dust that blocks almost all attempts of surface measuring. The uneven piling of the stones and ore is also a big problem, and can cause a false reading in the measurement, as well as break the measurement equipment. In addition, the problems of the ore pit mining increased the challenge of the subject itself.

**Key words** Outokumpu Chrome Oy, mining industry, mining, ore pits, surface-level measurement

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
2	OUTOKUMPU OY .....	9
2.1	Outokumpu Chrome Oy .....	9
3	KEMIN KAIVOS .....	10
3.1	Historia .....	12
3.2	Louhintaprosessi .....	13
4	KAATONOUSUT .....	14
4.1	Sorminousut .....	17
4.2	Kaatonousujen pinnanmittaus .....	18
4.3	Mittalaitteet .....	19
4.4	Endress Hauser micropilot .....	19
4.5	Sensortechnik UPK 5000PDPS .....	21
4.6	Mittaus .....	23
4.6.1	Mapping .....	26
4.6.1	Paineilmasuojaus .....	28
5	OHJELMISTO .....	29
5.1	Simatic S5/S7 .....	31
5.2	Ethernet IP .....	32
5.3	Modbus TCP/IP .....	32
5.4	Profibus/Profinet .....	34
5.5	OPC .....	35
6	AUTOMAATIOLAITTEISTO .....	37
6.1	PCS7 V9.0 .....	38
7	UUDET LAITTEET .....	39
8	LAITEVERTAILU .....	40
8.1	Sensortechnik UPK 5000PDPS .....	40
8.2	Rosemount 5708 3D .....	42
8.3	UWT Nivoradar .....	43
8.4	Sultan 234 .....	45
8.5	Endress Hauser Micropilot FMR67 .....	46
8.6	SITRANS LVS 200 .....	47
8.7	APM RL2000 .....	49

8.8	APM 3D LEVEL Scanner II MV.....	51
8.9	PPT-Vegapuls 69.....	53
8.10	Toimittajat.....	55
9	MUUTOKSET.....	56
10	UUSI JÄRJESTELMÄ.....	57
10.1	Asennus.....	57
11	KUSTANNUSARVIO.....	58
12	POHDINTA.....	60
	LÄHTEET.....	61
	LIITTEET.....	63

## ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyö mahdollisuudesta Outokumpu Chrome Oy:tä ja opinnäytetyö aiheesta Mikko Kauppilaa, Juha Nevalaista sekä Ari Prusilaa. Ohjauksesta ja aiheen avustamisesta haluan kiittää Matti Paasoa. Opastuksesta ja kaisvosperehdytyksistä kiitokset koko osastolle, että organisaatiolle. Kiitokset haluan antaa myös Lapin AMK:n kirjastopalveluille.

Kemissä 12.03.2018

Eetu Hinkkainen

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

APL	Advanced Process Library
COM	Component Object Model
DCOM	Distributed Component Object Model
IP	Internet Protocol
IRT	Isochronous Realtime
Kn1	Kaatonousu 1
Kn2	Kaatonousu 2
NRT	Non-Realtime
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	Open Connectivity
PC	Personal Computer
PCS	Process Control System
RT	Realtime
WinCC	Windows Control Center

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Outokumpu Chrome Oy ja sen aiheena on maanalaisten kaatonousujen pinnanmittauksien selvitys ja kartoitus sekä mahdollinen mittausten parantaminen tutkimusten ja testien avulla. Työssä syvennytään kaatonousujen toimintaan ja niiden merkitykseen maanalaisessa kaivosympäristössä ja luodaan katsomusta niiden pinnanmittauksien ja yleisen toiminnan seuraamisen parantamiseen ja toiminnan tehostamiseen sekä käyttövarmuuteen. Työ on merkittävä jokapäiväisessä kaivostyössä ja sen avulla on mahdollista parantaa kaatonousujen toimintaa ja käyttöä missä kaivoksessa tai ympäristössä tahansa. Työ on ajankohtainen ja tärkeä Kemin kaivoksen koko ajan laajenevaa operaatiota ajatellen sekä mahdollisia tulevia ongelmia silmällä pitäen. Työ tehtiin paikan päällä Kemin kaivoksessa ja materiaaleihin ja toimialueisiin henkilökohtaisesti tutustuen.

Kaikki tulokset ja niiden toiminnan kuvaus ovat kenttätöiden ja aktiivisen tutkimustyön tulosta ja niillä saadaan varma sekä aiheellinen toiminnankuvaus kohteista ja niiden laitteistoista. Tärkeimpänä tavoitteena oli saada tieto siitä, mikä olisi mittausten paras vaihtoehto tai että kannattaako mittauksia edes käyttää. Tutustuminen kaatonousuihin ja niiden laitteistoihin sekä eri valmistajien ja toimittajien laitteisiin mahdollisti parhaan vaihtoehdon selvittämisen.

Raportti on suuntaa antava katsaus kaatonousujen toimintaan ja rakenteeseen ja etenkin Kemin kaivoksen tulevaa deep-mine-projektia ajatellen. Saaduista tuloksista tulee olemaan käytännön hyötyä projektia koskien, ja se voi antaa jopa uusia ideoita deep-mine-suunnitteluun liittyen.



## 2 OUTOKUMPU OY

Outokumpu on yksi raakateräksen tuotannon johtavia yrityksiä maailmassa. Teräs on vahva ja luotettava materiaali ja sitä käytetään maailman joka kolkassa lähes jokaisessa rakennus- ja tuotantoprosessissa. Raakateräksen tuotannossa Outokumpu on yksi maailman suurimpia, yli 3.1 miljoonan tonnin tuotantokapasiteetillaan. Sen lisäksi että teräs on vahva sekä korroosionkestävä materiaali, on se myös hygieeninen. Tästä syystä Outokummun terästä käytetään muun muassa ateriointi välineisiin ja sairaala tarvikkeisiin, ei pelkästään suuriin rakennusprojekteihin tai tehtaisiin. (Outokumpu 2018c)

Outokummun tuottaman teräksen valmistus tapahtuu Suomessa, Saksassa, Ruotsissa, Isossa-Britanniassa, Yhdysvalloissa ja Meksikossa ja sen liiketoiminta on maailmanlaajuista. Suomen, Tornion alueen tehtaan kuuluvat maailman suurimpiin tuotantolaitoksiin. Vuonna 2016 Outokummun liikevaihto oli noin 6 miljardia euroa. (Outokumpu 2018a.)

### 2.1 Outokumpu Chrome Oy

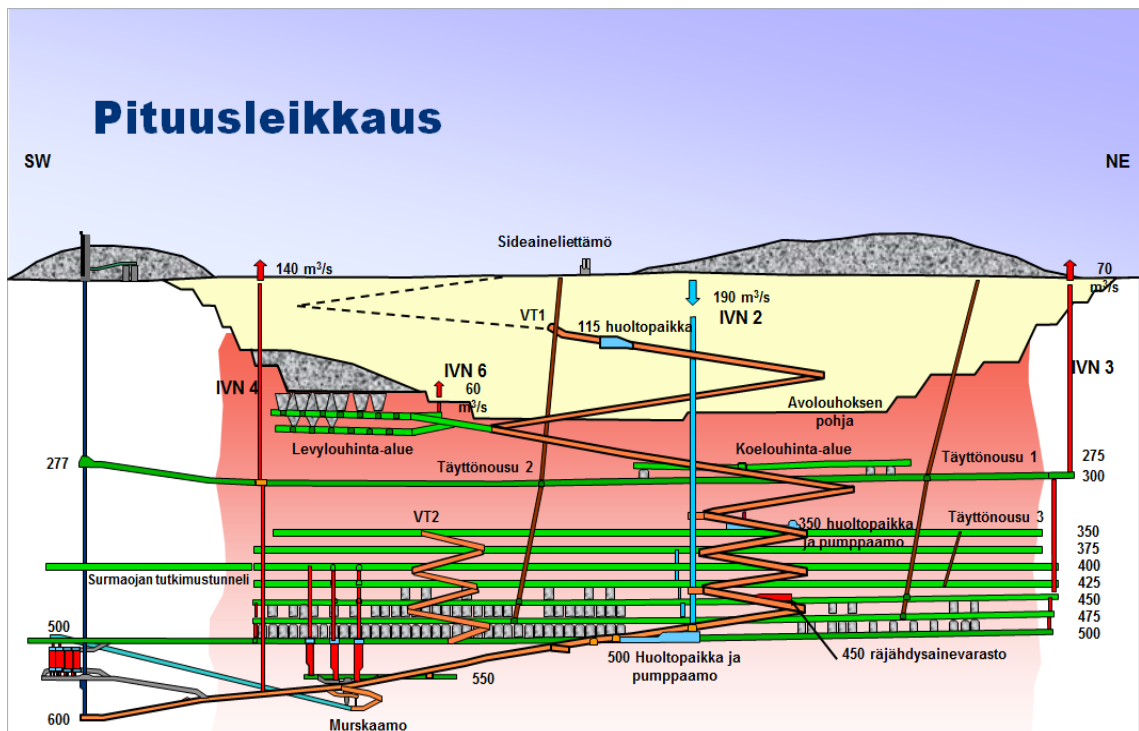
Outokumpu Chrome on Outokumpu Oyj:n omistama tytäryhtiö ja toimi tämän opinnäytetyön työnantajana. Outokumpu Chrome on vastuussa kromin ja nikkelin tuotannosta Tornion tehtaille Suomessa. Chrome omistaa Keminmaan kunnan alueella sijaitsevan Elijärven kaivoksen, josta se saa tarvitsemansa malmivaranon teräksen valmistamiseen. Se on osa Outokummun raakateräksen valmistuksen kokonaisketjua. (Kaivosvastuu 2017.)

Chrome omistaa myös rikastamoketjun, joka toimii malmin rikastajana kaivoksen alueella ja toimittaa valmiin tuotteen, joka kuljetetaan malmi kuorma-autoilla Tornioon terästehtaille.

### 3 KEMIN KAIVOS

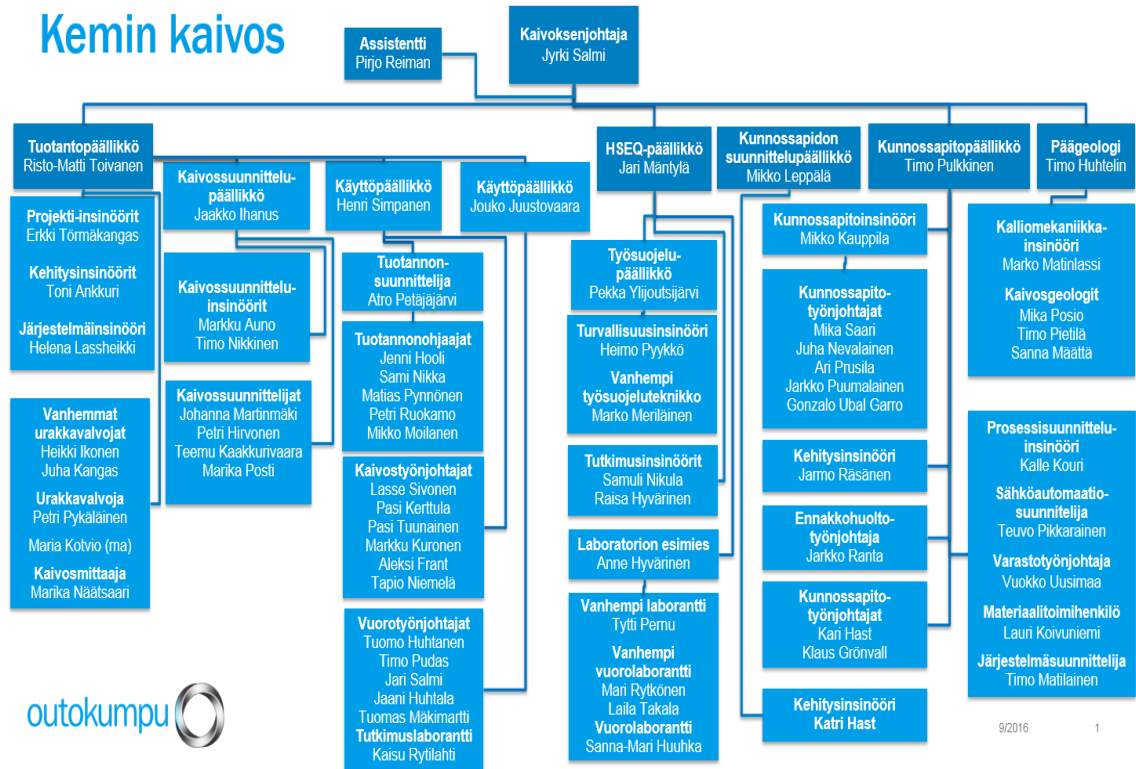
Kemin kaivos joka tunnetaan myös nimellä Elijärven kaivos, on Outokumpu Oyj:n tytäryhtiö Outokumpu Chromen omistama kromikaivos. Se sijaitsee Lapissa, Keminmaan kunnan alueella Elijärvellä. Kaivos on elintärkeä osa Outokummun Tornion tehtaiden toimintaa, sillä se toimittaa raakateräksen tuotantoon tarvittavan kromimalmin suoraan tehtaille. Se on koko Euroopan alueen ainoa kromi kaivos ja toimii tällä hetkellä myös Suomen suurimpana maanalaisena kaivoksena. Kaivoksen pituusleikkaus on esitetty kuvassa 1.

Kaivoksen malmituotanto on hieman vajaat 3 miljoonaa malmitonnia vuodessa. Todetut malmivarat ovat 50 miljoonaa tonnia, mutta kokonaisten mineraalivarojen on arvioitu käsittävän melkein 100 miljoonaa tonnia. Geologisen tutkimusten mukaan malmivaraannot voivat syvimmillään ulottua jopa 4 kilometrin syvyyteen. Kaivoksen omien työntekijöiden määrä on 190 henkilöä mutta, kaiken kaikkiaan kaivosalue työllistää yli 550 henkilöä. (Outokumpu 2018a.)



Kuva 1 Kemin kaivos maanalainen kartta 2009. (Outokumpu 2018b.)

Kaivoksen johtajana toimii Jyrki Salmi ja kaivoksen organisaatio on jaettu eri osa-alueisiin, sekä näiden esimiehiin. Organisaatio kuvattu kuvassa 2.



Kuva 2 Kemin kaivoksen työorganisaatio (Outokumpu 2018b.)

### 3.1 Historia

Kemin kaivos ei kuitenkaan ole ollut ainoa tai ensimmäinen Outokummun omistama kaivos. Ensimmäinen perustettiin vuonna 1910, kun Kuusjärveltä Itä-Suomesta löydettiin lupaava kuparimalmiesiintymä, josta kuparia alkoi valmistaa ensin Suomen valtio ja jota jatkoi sittemmin Outokummun konserni. Jo 1920-luvun lopulle tultaessa oli kaivoksesta kehittynyt suurtuotantolaitos. 1950-1960-luvulla Outokummusta kehittyi monimetalliyhtiö kun se avasi useita uusia tehtaita ja kaivoksia. Outokumpu alkoi louhia ja jalostaa muun muassa nikkeliä, sinkkiä, kuparia ja kobolttia. (Outokumpu 2018a.)

Ensimmäiset kaivostoiminnan aloitukseen liittyvät rakennukset ja toimenpiteet Kemissä saatiin valmiiksi 1966, mutta malmiesiintymään liittyvistä viitteistä saatiin ensimmäistä kertaa vihiä jo 1959, jolloin sukeltaja Martti Matilainen toi testattavaksi näytteitä alueelta, jotka todettiin malmipitoisiksi. Tuotanto käynnistettiin vuonna 1968 ja ensimmäinen virallinen tuotantovuosi oli 1969. Maanalaisen kaivoksen rakennustyöt oli aloitettu jo vuonna 1999, mutta alun perin tuotanto oli avolouhintaa, joka kuitenkin lopetettiin vuonna 2005, kaivoksen siirryttyä kokonaan maanalaiseen louhintaan. Tuolloin suoritettiin myös avolouhoksen viimeiseksi jäänyt räjäytys. (Outokumpu 2018a.)

### 3.2 Louhintaprosessi

Maanalaisen louhinnan suunnittelu ja toteutus vievät paljon aikaa. Kohteesta on selvitettävä kiven laatu ja koostumus, sekä mahdollisten räjäytyksien ja porausten sietokyky. Kaivos täytyy kartoittaa tarkasti ja ilmanvaihto täytyy suunnitella.

Malmia louhitaan monilla erilaisilla menetelmillä, riippuen malmin ja isäntäkiven luonteesta, rakenteesta ja asennosta. Elijärven kaivoksella malmia louhitaan tunneleista tasolta 500 kohti avolouhoksen pohjaa ja kaikki louhinta toteutetaan näin samalla tekniikalla. Malmia irrotetaan poraamalla ja räjäyttämällä. Tämä toteutetaan tällä menetelmällä siksi, että malmi on syvällä ja repaleisesti paikoittunut. Täten saadaan tarkasti louhittua malmia hyvin pienillä tappioilla. tekniikan huonopuoli verrattuna esimerkiksi avolouhintaan on, että se on hitaampi ja vaatii usein tunnelien ja perien lujittamista.

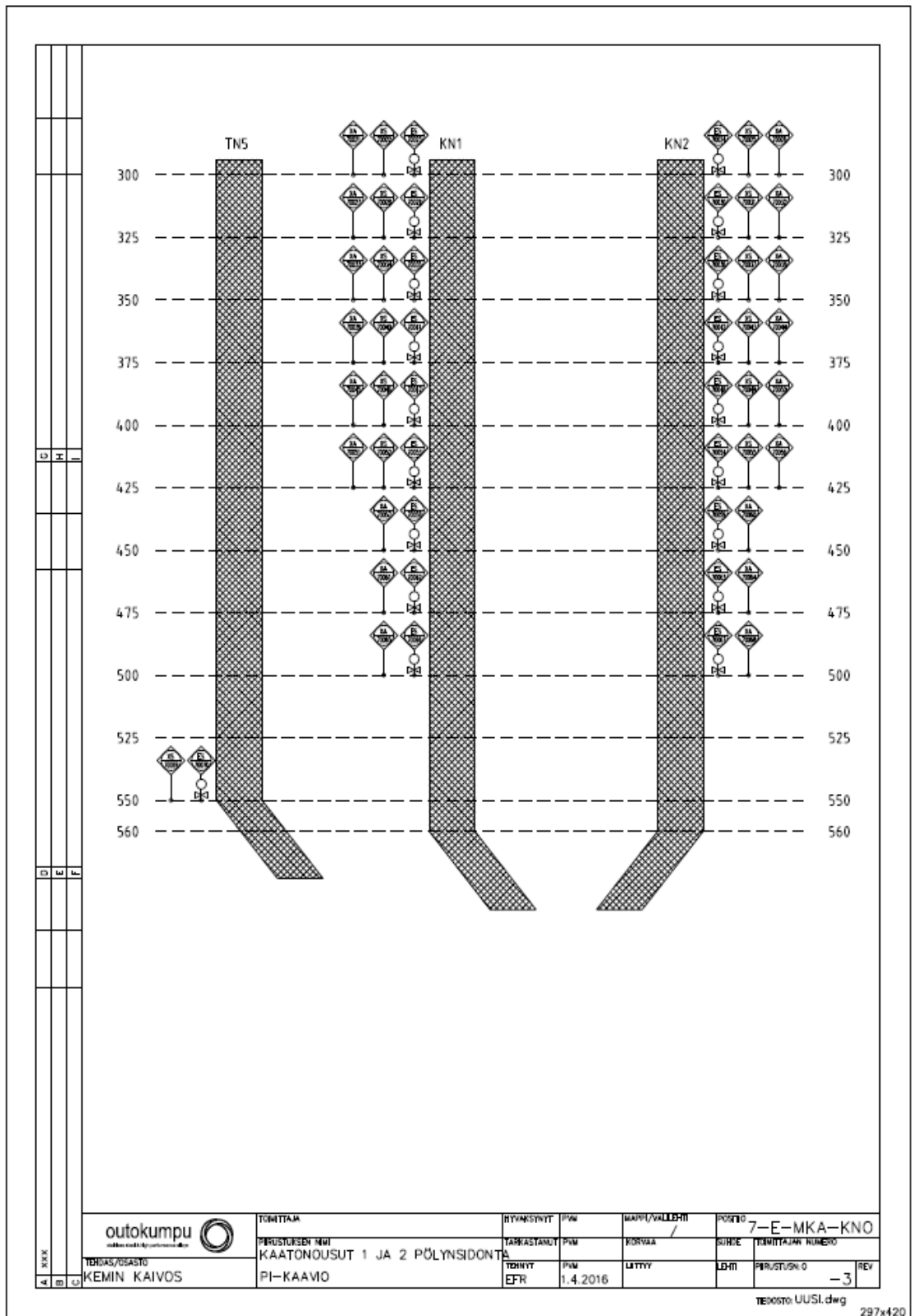
Avolouhintaa käytettiin pintakerroksen louhimiseen ja kun esiintymä todettiin syvemmällä, siirryttiin maanalaisiin tekniikkoihin. Avolouhostoiminta on yleensä aina halvempaa kuin maanalainen louhinta. (Kaiva 2014.)

Outokummun käyttämää louhintatekniikkaa kutsutaan pengertäyttölouhinnaksi. Tekniikassa yritetään seurata malmirajoja tarkkaan ja tehdä tunneliperät malmialuetta vastaaviksi.

#### 4 KAATONOUSUT

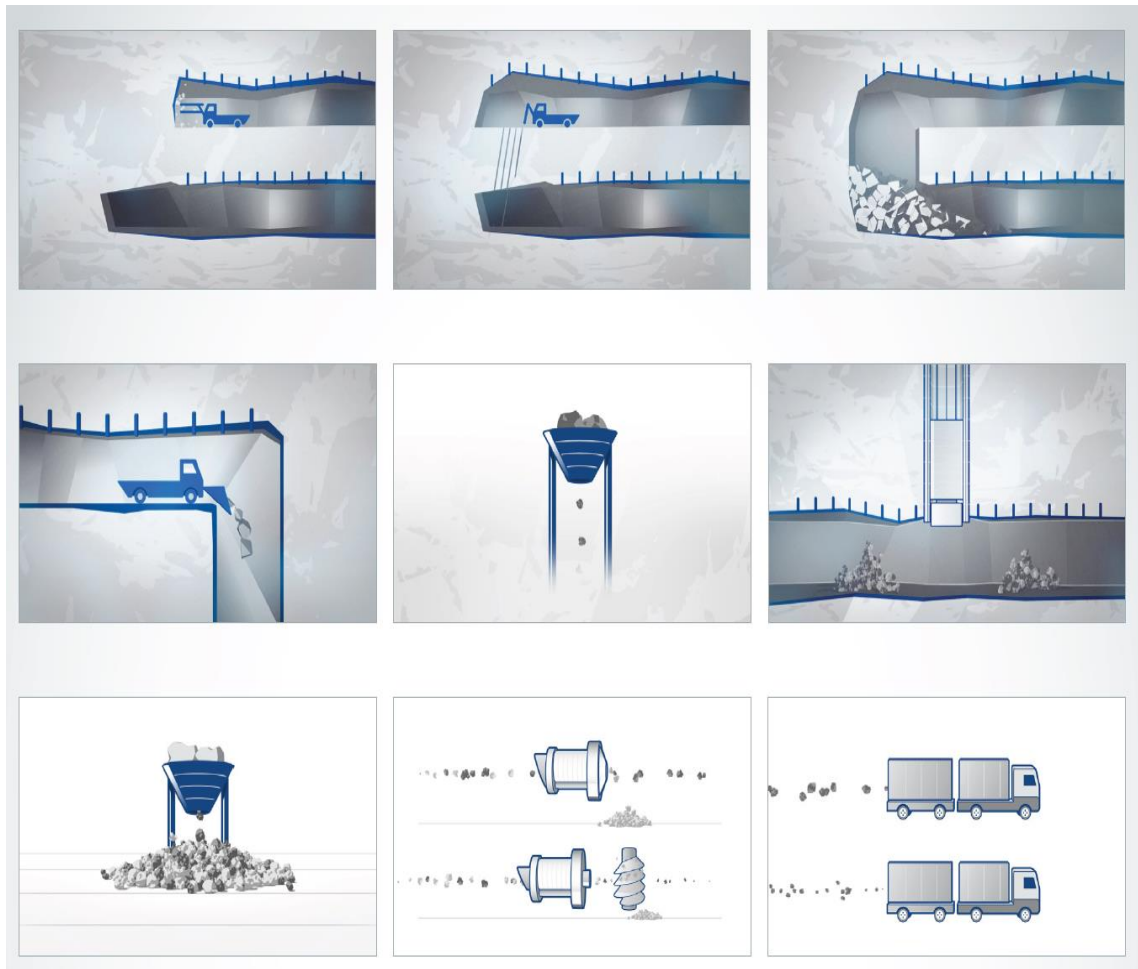
Kaatonousut toimivat maanalaisessa kaivoksessa malmin siirtokuiluina. Nousut louhitaan siten, että ne kattavat usean tason ylhäältä alaspäin mennessä. Tämä toteutetaan siksi, että malmia voidaan tuottaa nousuille useammalta eri tasolta yhtä aikaa. Louhittu malmi lastataan kauhakuormaajien ja lastauskoneiden avulla kuorma-autoihin, jotka puolestaan ajavat ne kaatonousuille ja kippaavat malmin kuiluun. Tällä tavoin nousut täyttyvät ja malmia on aina suuri määrä käytettäväksi. Useat täyttötasot ovat hyödyllisiä myös silloin kun malmia on saatu kuiluun niin paljon, että alemmat tasot täyttyvät kokonaan eikä alemmilta tasoilta nousua voida enää täyttää. Malmi kuljetetaan kaatonousujen pohjimmaiselta tasolta tärysyöttimelle josta se jatkaa matkaa maanalaiseen murskaimeen. Murskain hajottaa malmin hienommaksi, jotta se pystytään kuljettamaan kuljettimilla eteenpäin rikastusprosessia varten. Ylös rikastamo kohden malmi lähtee noin 600 metrin syvyydestä.

Kemin kaivoksessa toimii kaksi kaatonousua, kn1 ja kn2. Molemmat nousut alkavat tasolta 275, eli ne alkavat 275 metrin syvyydestä. Lastaus alueita on molemmilla nousuilla 10 (yhteensä 20). Alimpana käytössä oleva paikka on tasolla 500 ja nousu loppuu tasolle 560. Täten molempien nousujen pituudeksi tulee 285 metriä. Jokaiselle tasolle on erikseen rakennettu kippausvalot sekä kastelujärjestelmät. Valot ilmaisevat kuljettajille sekä ulkopuolisille, milloin nousuilla on lastaus käynnissä ja milloin kippauskielto on voimassa. Kastelujärjestelmä toimii pölyn estämiseksi. Kippauksen aikana syntyy runsaasti pölyä, joka leviää joka puolelle. Järjestelmä ruiskuttaa kippauksen aikana vettä kuorman päälle, jolloin neste sitoo itseensä pölyä ja täten estää suurempien pölypilvien syntymistä ja niiden leviämistä. Kaatonousut sekä maanalainen toiminta esitettyinä kuvissa 3 ja 4.



Kuva 3 Kaatonousut 1 & 2 (Outokumpu 2018b.)

Kuva 4 on esimerkki pengertäyttölouhinnan prosessista.



Kuva 4 Louhinta ja kuljetus (Outokumpu 2018b.)



#### 4.1 Sorminousut

Sorminousuiksi kutsutaan vinoja lastaustunneleita jotka, ovat yhteydessä kaatonousuihin. Sorminousu toimii luiskana, johon kivimalmi kaadetaan ja josta täytetään kaatonousua. Malmilla lastatut autot peruuttavat sorminousujen eteen, johon on valettu betoninen toppari, joka estää putoamisen kuiluun. Sorminousuun kaadettavat lastatut kivet menevät luiskan kautta suoraan kaatonousuun, josta ne kerätään eteenpäin vietäviksi. Sorminousujen pinnanmittausta vaikeuttaa kivien kasaantuminen siten että, ne muodostavat seinämän, jota mittalaitteet luulevat täydeksi lastausalueeksi. Vaikka kaatonousu olisi tasolla tyhjä, eivät kivet ole liikkuneet sorminousun kohdalta minnekään. 500 tasolla on käytössä pinnanmittaus mikroaaltoanturilla, mutta aikaisemmin mainittu kasaantuminen vaikeuttaa tarkkaa mitoitusta. Sorminousut ovat louhittu vinoon lastaustunnelista kohti kaatonousua, jotta malmi liukuisi helposti kuiluun. Lastausongelmia voi aiheuttaa keskellä oleva louhimaton kivimassa (liite 1.) Tämä siksi että ylhäältä kaadetut kivet ja sorminousuun lastattu malmi voi tukkia lastausaukot antaen jopa tyhjästä kaatonoususta väärää tietoa mittalaitteistolle. Ongelman yksinkertaisin ja luultavasti toimivin ratkaisu olisi louhia keskellä oleva kivimassa kokonaan pois, jotta sorminousut yhdistyisivät suoraan kaatonousuihin. Tämä mahdollistaisi paljon enemmän tilaa ilman että kivien kasaantuminen olisi niin helppoa. Kun lastausalueet saisivat louhinnan vuoksi näin paljon lisätilaa, ei lastausmääristä koituisi mitään ongelmaa ja kuilujen mittauslaitteistojen toimintavarmuus parantuisi.

## 4.2 Kaatonousujen pinnanmittaus

Kaatonousujen pintaa mitataan, jotta pystyttäisiin tarkkaan seuraamaan missä, tasoissa malmia voidaan kuiluun lastata. Malmin kokonaismäärän tarkka seuraminen helpottaa louhintaa ja kuljetusprosessia ja antaa tarkan määritelmän esimiehille, sekä työntekijöille tavaran määrästä ja siihen liittyvien kuljetusten kiireydestä. Tämän lisäksi saadaan tieto myös siitä, kuinka paljon murskaimelle ja siitä eteenpäin menevälle linjalle on malmia käytettävissä.

Pintaa seurataan ultraäänikytkimillä ja mikroaaltoanturilla ja joka tasolla on oma mittalaitteistonsa mikroaaltoanturia lukuun ottamatta, joka on käytössä vain tasolla 500. Kytkimet ja anturi mittaavat kivipintaa suoraan kaatonoususta sekä sorminoususta, mikä toimii kippauspaikkana kuiluun.

Kuilu on pimeä ja kipeät kivet tekevät pinnasta erittäin epätasaisen, sen lisäksi nousut ja niihin lastaus tuottavat suuret määrät pölyä ja lentäviä kiven palasia. Suuret kivet myös pudotessaan voivat osua mittalaitteisiin. Kivien hajoaminen lennättää suuriakin kiven kappaleita vaakatasossa. Suuret malmimäärät kasaantuvat myös usein kiinteiksi tasoiksi muodostaen kivisiä seinämiä estäen tarkkaa pinnanmittausta tapahtumasta. Tämän takia paikka on haasteellinen ja vaikea pinnanmittauksille ja pitempi aikaisemmille koneistoille.

### 4.3 Mittalaitteet

Mittalaitteina toimii Endress Hauserin, micropilot ja Sensortechnikin UPK 5000PDPS. Näissä laitteissa käytetään kahta eri tyyppiä, jotka vastaavat toimintaperiaatteeltaan paljon toisiaan. Micropilot toimii mikroaaltotekniikalla ja se mittaa sorminousun kivipintaa. Sorminousuilla tarkoitetaan vinoa lastaustunnetta jotka joka tasolla johtavat kivet kaatonousuun (Liite 2). Sensortechnikin UPK5000, käyttää puolestaan ultraäänitekniikkaa. UPK5000 mittaa vaakatasossa kaatonousun pintaa suoraan, eli se ilmoittaa milloin nousun kokonaispinta on saavuttanut lastaustason ylärajan. Ylärajan saavutettuaan ei lastausta yleensä suoriteta täydellätasolla.

### 4.4 Endress Hauser micropilot

Kuvassa 5 on Kemin kaivoksella käytössä oleva FMR67 mikroaaltotutka. Tämä malli on käytössä tasolla 500.



Kuva 5 Endress hauser micropilot FMR67(Endress Hauser 2018.)

Continuous / Solids	
Measuring Principle	Level radar solid
Characteristic / Application	Reliable, non-contact level measurement for high silos, bunkers or stockpiles, especially with many obstacles long measuring range and buildup-forming media
Specialities	Heartbeat Technology, SIL 2/3 according to IEC 61508, Safety and reliability with Multi- Echo Tracking, HistoROM, RFID TAG for easy identification, Very small beam angle, Air purge connection, Alignment device
Supply / Communication	2-wire (HART)
Frequency	W-band (~80 GHz)
Accuracy	+/- 3 mm (0.12 in)
Ambient temperature	-40...+80 °C (-40...+176 °F)
Process temperature	-40...+200 °C (-40...+392 °F)
Main wetted parts	PTFE, 316L Alignment device: Alu
Process connection	Thread: G1-1/2", MNPT1-1/2";  Flanges: DN80...DN100 ASME 3"...4" UNI DN80...DN250 (3"...10")
Max. measurement distance	125 m (410 ft)
Communication	4...20 mA HART Additional switch
Certificates / Approvals	SIL2, SIL3

Kuva 6 Micropilot tekniset tiedot(Endress Hauser 2018).

Endress Hauserin micropilot toimii kemin kaivoksessa sorminousun pinnan mitaajana tasolla 500. Se on mikroaltoaanturi ja toimii mikroaltoaanturin periaatteella. Se on asennettu lastaustason kattoon noin 50°:n kulmaan ja kiinnitys on toteutettu pulteilla suoraan ylläolevaan kiveen.

#### 4.5 Sensortechnik UPK 5000PDPS

Kuvassa 7 on sensortechnikin ultraäänikytkin, joka vastaa kaatonousujen ylärajan mittauksista.



Kuva 7 Sensortechnik UPK 5000PDPS.

Sensortechnik UPK5000 on ultraäänikytkin ja sitä käytetään Kemin kaivoksessa esimerkiksi kaatonousujen lastaustasojen pinnanmittauksiin. Se käyttää hyväkseen ultraäänitekniikkaa ja mittaa pinnan tasoa suoraan vaakatasossa. Se asennetaan suoraan lastaustason kattoon pulttikiinnityksin.

<input type="checkbox"/>	<b>Mittausalue</b>	400...5000 mm
<input type="checkbox"/>	<b>Tunnistusetäisyys maks.</b>	5000 mm
<input type="checkbox"/>	<b>Tunnistusetäisyys min.</b>	400 mm
<input type="checkbox"/>	<b>Lähtö</b>	PNP, NO
<input type="checkbox"/>	<b>Liitäntä</b>	4-pole M8
<input type="checkbox"/>	<b>Käyttöjännite</b>	15...30 VDC
<input type="checkbox"/>	<b>Toimintalämpötila</b>	0...+50 °C

	<b>Kytkenäettäisyys min.</b>	400 mm
	<b>Kytkenäettäisyys maks.</b>	5000 mm
	<b>Suojausluokka</b>	IP 67
	<b>Kotelonmateriaali</b>	Polyamidi (PA/nailon) Lasikuitua (GF)

Kuva 8 UPK 5000 tekniset tiedot (elfadistrelec).

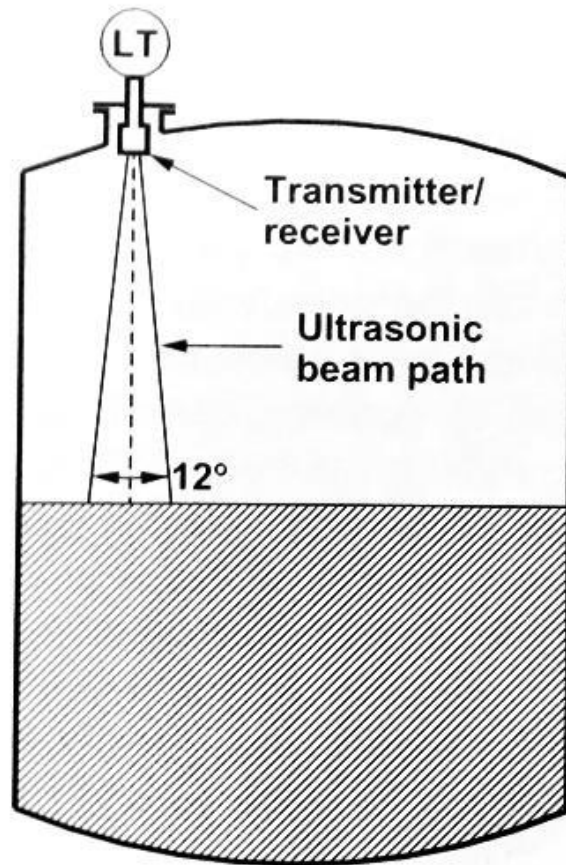
#### 4.6 Mittaus

Sekä mikroaaltomittaus että ultraäänimittaus toimivat samalla periaatteella. Laite lähettää tarkasteltavaan kohtaan tai materiaaliin ultraääntä tai mikroaaltoja, jonka takaisinheijastus paljastaa kohteen sijainnin. Heijastettavassa kohteessa ääni etenee mekaanisena värähtelynä ennen takaisinheijastumista. Ultraäänen soveltuvuus vaihtelee ja tuloksia on erilaisia. Veden tai muun nestemäisen pinnan mittaamiseen ultraääni soveltuu loistavasti. Kaivosympäristössä ultraäänen haitaksi muodostuu paksu pöly, joka tarttuu anturipintoihin ja muodostaa paakkuja. Ultraäänianturia ei voi myöskään peittää esimerkiksi jätesäkillä, sillä ultraääni heijastuu heti säkin pinnasta takaisin sekoittaen tuloksia. Mikroaaltoanturilla päinvas-toin ei ole tätä ongelmaa, vaan se pystyy läpäisemään ohuita esteitä. Ultraääntä voidaan hyvin käyttää myös hitsausseamujen tarkastelussa.

Mikroaaltomittaus vastaa ultraääntä monin tavoin. Laite lähettää mikroaaltoja kohteeseen, jolloin saadaan niiden heijastusten kautta takaisin tieto kuvattavan kappaleen sijainnista, eli tässä tapauksessa pinnankorkeuden tasosta ja siitä mahtuuko sorminouslyun ja sitä kautta kaatonousuun enää malmia. Mikroaallot ovat ultraääniaaltoja parempia siinä mielessä, että ne läpäisevät pienet esteet niiden edessä. Tämän vuoksi monet kaivoksessa olevat anturit ovat peitettyinä pusseilla ja jätesäkeillä pölyämisen estämiseksi. Koska aallot läpäisevät pussin pinnan ja pystyvät silti heijastua takaisin mitattavasta malmista ei niiden peittäminen muodosta ongelmia pinnanmittaukseen. Kuitenkin epätasainen pinta ja todella saka kivi-pöly voi aiheuttaa ongelmia mittauksen tarkkuudessa. Mikroaaltotutkia käytetään paljon esimerkiksi paperin valmistuksessa, sillä ne ovat riippumattomia monista prosessimuuttujista, kuten esimerkiksi puulajin tai aineen sa-keuden muutoksista.

Usein mittausten toimintaan vaikuttaa myös laajat huoltotyöt, sähkökatkokset ja seurantaohjelmien jäätyminen tai ohjelmointivirheet.

Molempia mittauksia voidaan verrata kaikuluotaukseen, sillä mittaustapa toimii samoin. Se maalaa lähetettyjen aaltojen kautta kuvan mitattavasta kohteesta ja ilmoittaa missä tai kuinka paljon mitattua kohdetta on. Ultraäänimittaus sekä muut teollisuus mittaukset ja niiden toiminta ovat havainnollistettuna kuvissa 9 ja 10.

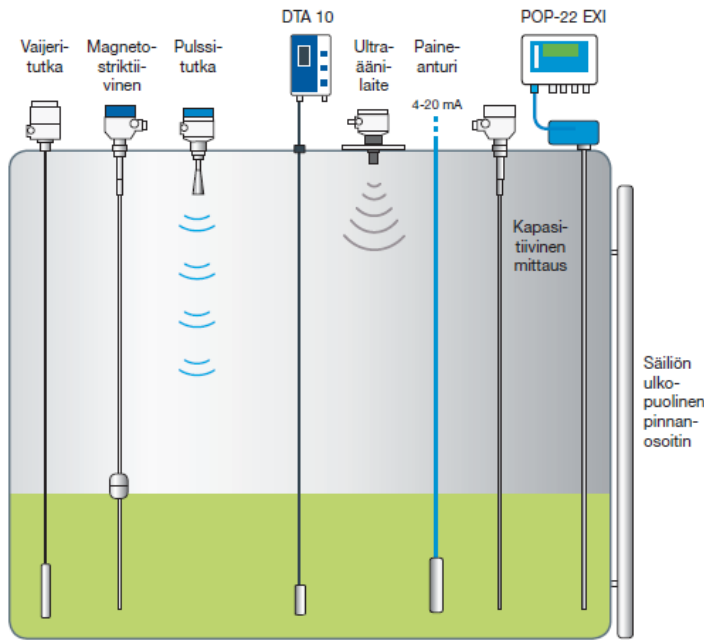


Kuva 9 Ultraäänimittaus (Rasi 2012.)

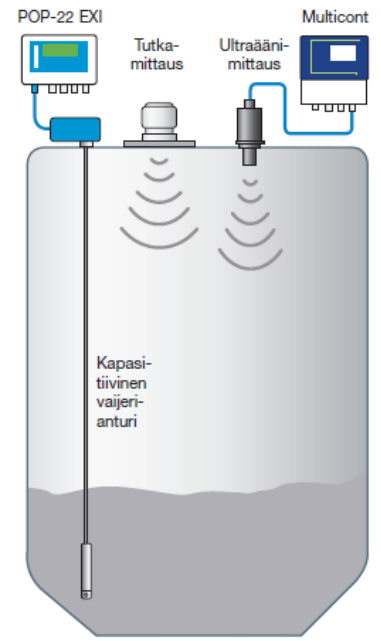


## Pinnanmittaus käytännössä

### Pinnanmittaus nesteille



### Pinnanmittaus kuiva-aineille



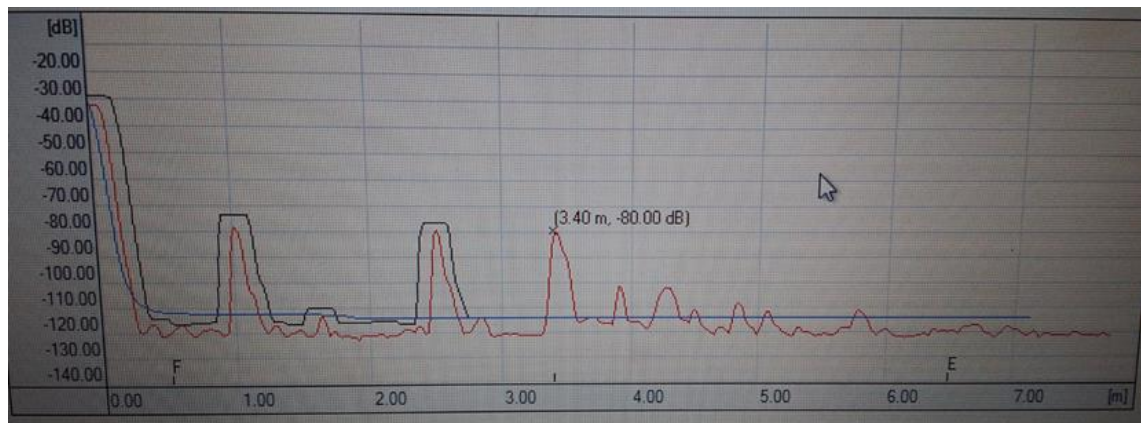
Kuva 10 Pinnanmittaus käytännössä (Labkotec)

#### 4.6.1 Mapping

Endress Hauserin laitteistolla on käytössä sovellus, jolla voidaan ”mäpätä” eli laitetta säätämällä jättää huomiotta monikaikuja tai peilauksia. Monikaiuilla tarkoitetaan toimintaa, jossa mikroaaltolaitteisto vastaanottaa lähettämiään aaltoja, mutta vastaanotettu data näyttää useita eri kaikuja. Tämän voivat aiheuttaa joko kaikujen tiellä olevat ontot tilat, välitasot tai hieman suuremmat kiinteät objektit. Mapping-toiminnolla voidaan manuaalisesti jättää huomiotta näitä kaikuja ja antaa laitteiston keskittyä vain haluttuun kohteeseen. Sovellusta käyttämällä nähdään myös kaikujen etäisyys.

Mäppäys on siitä hyödyllinen sovellus, että se parantaa laitteiston tarkkuutta ja mahdollistaa keskittymisen haluttuun kohteeseen. Tämä systeemi on ideallinen kaivosolosuhteissa, sillä esteitä ja monikaikuja tulee mittauksissa paljon.

Sovellus on myös yhteensopiva matkapuhelimen kanssa. Tämä mahdollistaa sen, että laitteen voi bluetoothin kautta kalibroida matkapuhelimella, kunhan käyttäjällä on tiedossa laitteen sarjanumero. Etäkäytön avulla voidaan myös mahdollisesti välttää henkilötapaturmia.



Kuva 11 Mapping toiminto.

Kuvassa 11 on Kemin kaivoksella käytössä oleva säiliön pinnanmittaus, jossa käytetään mapping toimintoa. Kuvassa näkyy useat kaiut, mutta laitteen kalibrointia hyväksi käyttäen on pinnan mittaus kohdistettu haluttuun paikkaan. Näin saadaan tarkka mittaus ilman häiriötekijöitä. Kuvassa pinnankorkeus on 3,40m ja

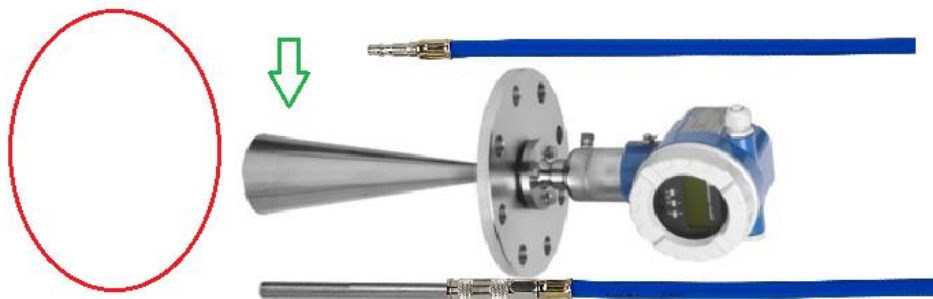
punaiset piikit kuvastavat kaiuja. Kuvan kaiut on saatu kuvan 12 laitteesta, jonka tehtävänä on mitata vesisäiliön pintaa.



Kuva 12 Säiliömittaus Kemin kaivoksella.

#### 4.6.1 Paineilmasuojaus

Mittalaitteiden puhtaanapitoon ja niiden pölynpoistoon suunniteltiin myös paineilmaratkaisua. Laitteet kytkettäisiin siten että kompressointi laitteilta saataisiin jatkuvaa ilmanpainetta laitteelle joka pitäisi pölyn poissa ja laitteen puhtaana. Idea kuitenkin päätettiin jättää toteuttamatta, sillä paineilmaa olisi täytynyt tuoda hyvin pitkän matkan päästä, koska alueen pölyäminen tukkeutti kompressorilaitteiden ilmansuodatusta ja ylikuumensi moottoreita. Myös ilmaputkien kesto oli kyseenalainen, sillä yksikin suuri kivi pystyisi mahdollisesti rikkomaan tuuletuksen ilmaputkiin osuessaan. Alla olevassa kuvassa näkyy ilmanpaineeseen liittyvä, yksinkertainen kuvaus (Kuva 13).

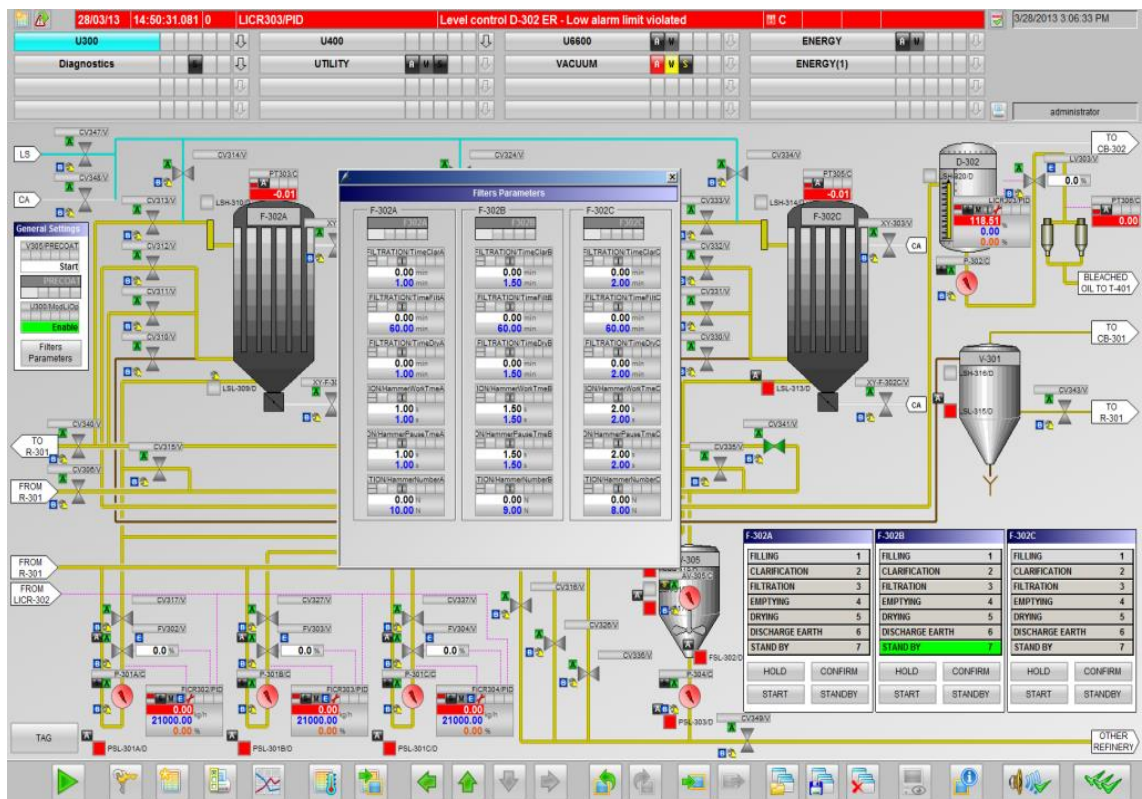


Kuva 13 Paineilma puhdistuksen periaate.

Kuten kuvassa 13 on esitetty, puhaltaisi paineilma punaisella ympyröityyn kohtaan suurella paineella pitäen epäpuhtaudet ja pölyn poissa. Nuolella osoitettu kohta on mittalaitteen pää, jonka puhtaus tulisi priorisoida. Kuten edellä mainittu toi tämä menettely ongelmia ilmanpuhdistimien ja ylikuumentumisien takia. Myös laitteiden virran kulutus kasvoi erittäin paljon jatkuvan ilmansyötön takia sekä pienten tukkeutumisien ja letkujen pituuden vuoksi.

## 5 OHJELMISTO

Lähes kaikkia kaivoksen tuotantoon ja kulkemiseen sekä ilmanvaihtoon liittyviä asioita voidaan tarkastella 500 tason työnjohtotiloista. Näin on myös kaatonousujen kohdalla. Kaatonousujen pintaa ja niiden täyttöä seurataan ohjaus tietokoneelta, mikä käyttää WinCC järjestelmää (Windows Control Center). WinCC:n käyttöliittymä on kuvassa 14.



Kuva 14 WinCC käyttöliittymä säiliöohjauksessa/mittauksessa (Siemens)

WinCC on 32 bittinen käyttöjärjestelmä joka voi vaihtaa tietoja muiden järjestelmien kanssa. Sen sovelluskohteet ovat laajat ja sitä voidaan käyttää monenlaisiin prosesseihin ja teollisuus laitoksiin tai omakotikäyttöön, esimerkkinä:

- ilmastointi ja lämmitys
- materiaalin hallinta
- vesilaitokset
- teräs teollisuus
- kemian teollisuus
- elintarviketeollisuus.

WinCC asema toimii laitteistossa käskynantajana automaatiolaitteistolle. Se pystyy vaihtamaan tietoja laitteiston kanssa ja käyttää yleensä MPI-yhteyttä automaatiolaitteiston välillä. Win CC:n tiedonhallinta eli Data Manager pystyy hallitsemaan muuttujia käytön aikana. Eli jos jokin laitteeseen liitetty sovellus tai toiminto pyytää muuttuvaa arvoa pystyy ohjelma tekemään sen itse. Esimerkiksi vesisäiliön hallinta ilmoittaa veden puutteesta voi ohjelma lisätä säiliöön tietyn määrän vettä itse ongelman ratkaisemiseksi.

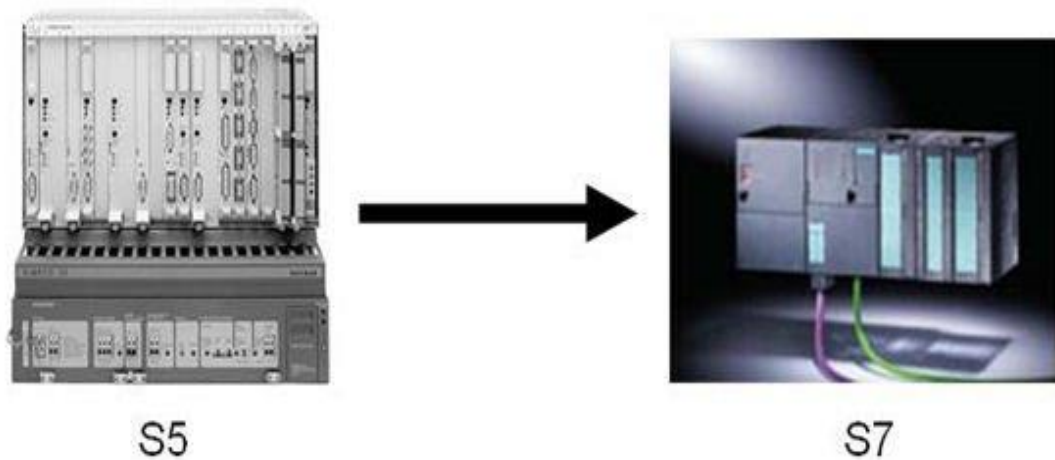
Kommunikaatiokanavina WinCC:llä on mm. Simatic S5/S7, Ethernet IP, Modbus TCP/IP sekä Profibus/Profinet ja OPC.

Ohjelma kaatonousujen kohdalla perustuu lähes kokonaan pinnan tarkkailuun ja kivi määrään. Mutta tilanteessa jossa kivipinta tippuu alle 5 metrin, sulkee ohjelma kivien syötön kuljettimelle siksi ajaksi, kunnes malmia saadaan lisää. Kun pinta ylittää 5 metrin rajan ja ohjelma saa laitteilta tästä tiedon jatkuu kuljetus murskaimelle normaalisti.

## 5.1 Simatic S5/S7

Simatic S5 tuoteperhe julkaistiin vuonna 1979. Monia tuotantolaitoksia ja prosesseja ohjataan yhä tällä lähes 40 vuotta vanhalla logiikkaohjaimella. S5 on poistettu tuotemarkkinoinnista jo vuosia sitten eikä varaosien saatavuutta voi enää taata. (Siemens 2017.)

Simatic S7 on yksi siemensin tunnetuimmista tuotteista. Sen käyttökohteet ovat lukuisia ja se soveltuu hyvin kappaletavara- ja prosessiteollisuuteen, mutta on myös käytettävissä koulutus- ja koti olosuhteissa. Se on otettu yleisesti käyttöön ympäri Suomea ja vanhat S5 projektit pystytään migroimaan eli siirtokopioimaan uudelle S7 laitteistolle. Laitteiston rakenteeseen voi itse vaikuttaa, sillä I/O moduulit valitaan tarpeen mukaan. S7 ei myöskään tarvitse muistiin paristovarmennusta, joka vanhassa S5 laitteistossa oli tarpeellinen. (Siemens 2017.)



Kuva 15 Yksinkertainen kuva Siemens laitteistojen päivityksestä (MES 2017).

Kuvassa 15 on yksinkertainen esimerkki logiikkaohjaimen päivityksestä uudempaan S7 malliin.

## 5.2 Ethernet IP

Ethernet IP:llä, (IP= Industrial Protocol) tarkoitetaan teollista tietoliikenneverkkoa, joka on muunne Common Industrial Protocol (CIP) -perheen tiedonsiirtoprotokollista. Nämä on valmistettu automaatiolaitteistojen valvontaan ja hallintaan. Ethernet tiedonsiirtojärjestelmässä painotetaan hyvään reaaliaikaiseen käyttöön ja ominaisuuksiin. (ABB 2018)

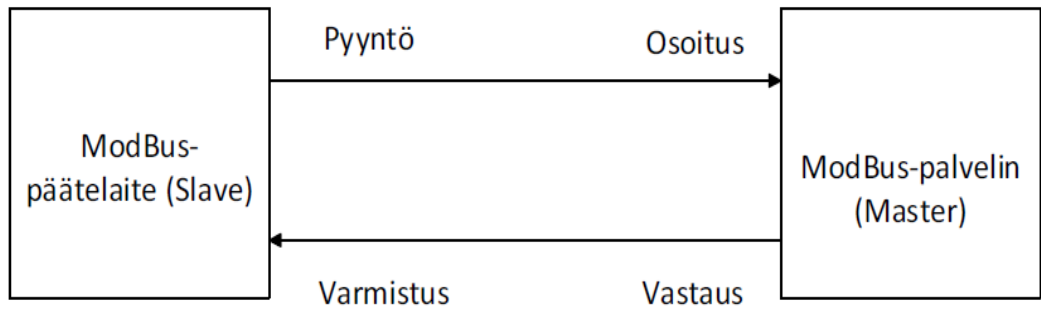
Ethernet sopii mainiosti suurten verkkojen toteutukseen, koska sen laitevaraus on suuri verrattuna perinteisiin kenttäväyliin. Se myös mahdollistaa rinnakkaisten protokollien käytön samassa väylässä. Minimi koko ethernet paketille on 64 tavua ja sillä saavutetaan helposti 100Mb/s bittinopeus. Ethernet IP verkossa käytetään CAT5-, Cat5e- ja Cat 6 kaapeleita. (Apiainen 2015.)

## 5.3 Modbus TCP/IP

Modbus TCP kehitettiin Schneider Electricin toimesta, väyläprotokollaksi. Se on avoimen arkkitehtuurin tiedonsiirtojärjestelmä teollisuusympäristössä. TCP on TCP/IP pohjainen muutos Modbus RTU protokollasta. Protokolla käyttää TCP:ä tiedonsiirrossa. TCP/IP vastaa yhteyden avauksesta, sen sulkemisesta ja ylläpidosta. Modbus taas huolehtii keskinäisten laitteiden välisestä kommunikoinnista. TCP:n protokolla käyttää binäärikoodattua dataa, kun taas TCP/IP käyttää virheetunnistusmenetelmää tiedonsiirrossa tapahtuvien virheiden tunnistamiseen.

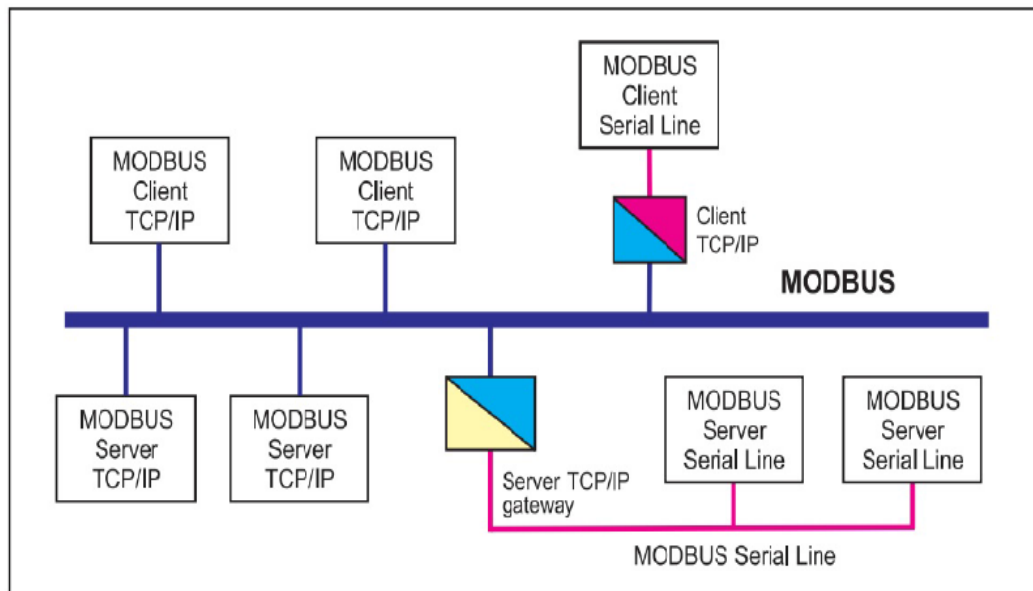
Tiedonvälityksessä käytetään neljää eri viestityyppiä: pyyntö, varmistus, osoitus sekä vastausviesti. Tämä toimii isäntä-orja periaatteella, ja yhdellä isännällä voi olla kytkettynä jopa 247 orjalaitetta.





Kuva 16 Modbus isäntä-orja tiedonsiirto (Apiainen T, 2015)

Järjestelmä toimii siten että, orjalaite viestittää pyyntöviestien avulla isäntälaitteelle mitkä se vastaanottaa. Laite käsittelee ne osoitusviesteinä ja palauttaa orjalaitteelle vastausviestin. Orjalaite käsittelee vastausviestin ja mikäli mahdollinen virhe ilmenee tai järjestelmän tiedonsiirto katkeaa, isäntä sulkee yhteyden ja yrittää viestin lähetystä uudelleen. Tämä on esitetty kuvassa 16.

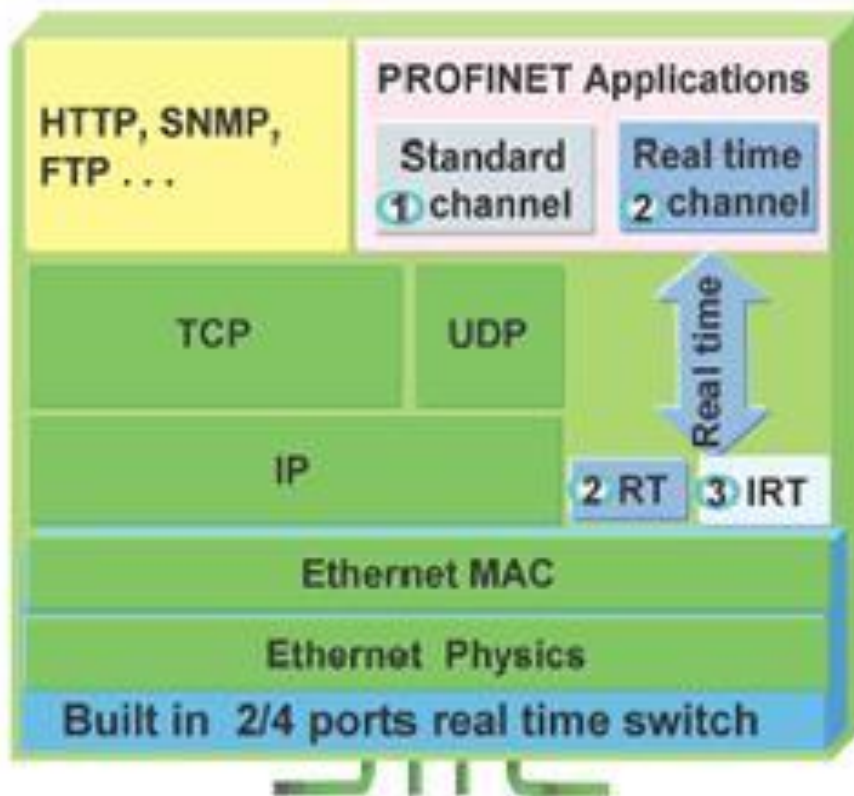


Kuva 17 Modbus TCP/IP kommunikointi (Apiainen 2015.)

Modbussin datatieto perustuu rekisteriin. Siinä on neljä eri datataulukkoa. Kaikki taulukot omaavat omat erikoispiirteensä. Taulukoita voidaan käsitellä joko yksit-  
tään tai yhdessä kokonaisuutena.

#### 5.4 Profibus/Profinet

Profinet kehitettiin yhteistyössä Profibus Internationalin ja Siemensin kanssa au-  
tomaation yleisratkaisuksi. Se on Euroopan laajimmalle levittäytynyt teollisuus  
Ethernet pohjainen protokolla. Profinet sisältää älykkään laiteviestinnän, sekä  
profinet I/O ratkaisut. Se on määritelty kolmeen eri aikatasoon: Non-realtime,  
Realtime ja Isochronous realtime, (NRT, RT, IRT). Profinetin standardi on havain-  
nollistettuna kuvassa 18.

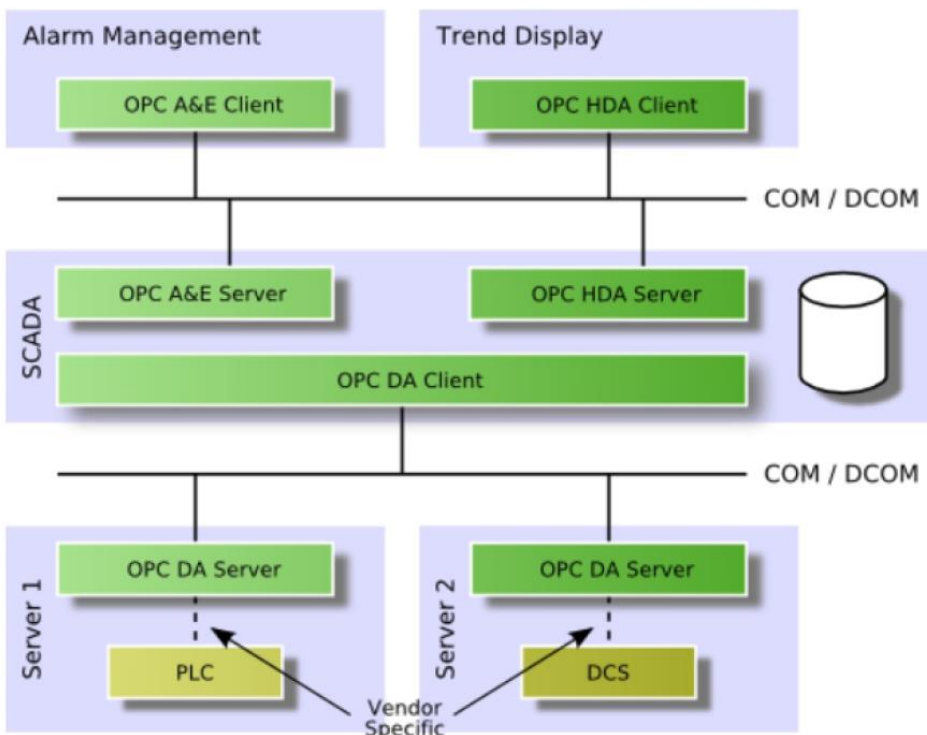


Kuva 18 Profinetin Standardi ja reaaliaikadatan protokollapino (Industrial ethernet book 2018.)

Profinet RT soveltuu sovelluksiin, missä ei tarvita reaaliaikaista dataa. Profinet IRT soveltuu liikenneohjaukseen ja se mahdollistaa kovan reaaliaikaisen datan aikavaatimuksen. Profinet IRT on kellojen synkronointiin tarkoitettu ja synkronointi perustuu sync-master-sync slave toimintaan.

## 5.5 OPC

OPC eli open connectivity, on tiedonsiirto liittymä ja avoimen tiedonsiirron standardi. Sitä käytetään teollisen toiminnan ja tuotantolaitosten automaatio-sovelluksissa. Sitä käytetään lähinnä PC-valvomoiden ja logiikkalaitteistojen (ohjelmoitavat logiikat) välillä. OPC standardi määriteltiin teollisuusautomaatio toimittajien ryhmän toimesta vuonna 1996. Se määrittää reaaliaikaisen tuotantotiedonvälityksen eri valmistajien automaatiojärjestelmistä. OPC-standardi perustuu OLE, COM sekä DCOM tekniikoille, jotka ovat Microsoftin kehittämiä. OPC lukee sen ohjelmoitavan logiikan tietoliikennettä ja rekistereitä mille ohjelma on tehty. Se suunniteltiin alun perin tarjoamaan yhteisen tiedonsiirtomenetelmän sovellusten ja prosessilaitteiden välille. OPC ympäristö kuvassa 19.

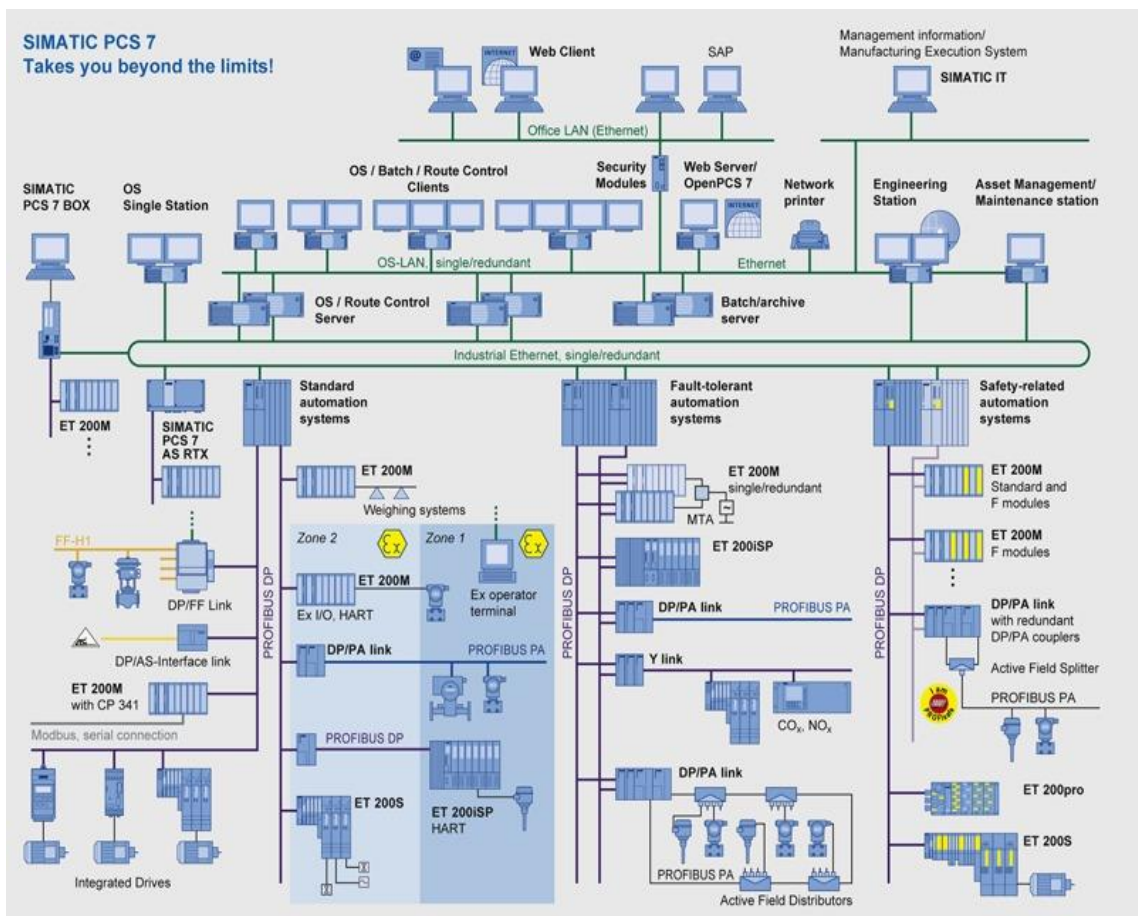


Kuva 19 Asiakas/palvelin käyttötapaus OPC ympäristössä. (Unified Automation)

Nykyään laajalti käytössä oleva OPC classic on laajasti hyväksytty ja valmistajasta riippumaton avoimen tiedonsiirron standardi automaatioteollisuudessa.

## 6 AUTOMAATIOLAITTEISTO

Kaatonousujen sekä kaivoksen pää ohjelmoitavana logiikkalaitteistona toimii Siemens simatic PCS7. PCS7 on prosessinohjausjärjestelmä, joka on helppo sopeuttaa ohjattavaan prosessiin ja sen laajennuspaketit eri prosessien vaatimukseen. Sen mahdollisuudet kahdentaa kaikki järjestelmän komponentit ja sen integroitu turvateknikka takaavat sen, että PCS7 soveltuu myös vaativien turvallisuuskriittisten prosessien ohjaukseen. (Siemens 2017.)



Kuva 20 PCS7 Kenttäkuva esimerkki (Siemens 2017.)

PCS7 on skaalautuva automaatiojärjestelmä, jolla on loistavat jousto ominaisuudet. Tämä tarkoittaa sitä, että kokonaista laajaa kenttäprosessia voi käyttää vain yksi tietokone, mikä lisäksi voi samalla toimia operointi- ja suunnitteluasemana joka sisältää kaikki automaatiojärjestelmän ominaisuudet. Simatic PCS7 sisältää tehokkaat suunnittelutyökalut ja se on suurimmilta osin käyttäjäystävällinen. Siemensin kenttäkuva esimerkki on kuvassa 20. Sen avulla käyttäjä voi sekä valvoa että operoida prosessia useita eri näkymiä käyttäen. (Siemens 2017.)

Kuten aikaisemmin mainittu, on simatic PCS7 yleisesti käytössä Kemin kaivoksella. Kuitenkin käytössä olevan version lisenssit ovat päättymässä mikä tarkoittaa, että vanhaan versioon ei tule enää päivityksiä tai lisäominaisuuksia. Vanha käytössä oleva versio on PCS7 7.7. Kevään ja kesän aikana päätetään, otetaanko uusi versio V9.0 käyttöön vai onko laitteistoon tulossa suurempia muutoksia tai mahdollisesti jopa laitteiston täysi uusiminen.

## 6.1 PCS7 V9.0

PCS7 automaatiojärjestelmä on kehittynyt version 9 myötä ja se pohjautuu APL (Advanced Process Library) kirjastoon. Jos päivitys hyväksytään Outokummun puolesta, tapahtuu päivitys siten että vanha versio 7.1 päivitetään versioon 8.0 mistä se muutetaan edelleen versioksi 8.1 aina V9.0:n saakka. Laiteohjaukset, sekvenssit, lukitukset, näytöt yms. Pysyvät ennallaan, mutta näyttöihin ja ohjausikkunoihin tulee pieniä visuaalisia muutoksia. Päivityksien kautta myös operointi resoluutio kasvaa.

Ajankohtainen päivitys olisi järkevää siksi, että 7.1:n kehitys on loppunut vuonna 2016. V9.0 on vapautettu toimitukseen vuonna 2017.

## 7 UUDET LAITTEET

Uusien laitteiden ominaisuuksien vaatimukset painottuivat toimintavarmuuteen pölyävissä tiloissa, sekä koteloimisluokkaan joka olisi suunniteltu kestäämään koviakin iskuja. Liikaa hylkivä pinta ja suojattu kovakotelointi tulisi laittaa etusijalle laitteen hankinnassa. Laitteita ja eri vaihtoehtoja tutkittiin omatoimisesti, mutta ammattitaitoa ja osaamista kysyttiin alan ammattilaisilta ja Outokummun työntekijöiltä. Erilaisia vaihtoehtoja verrattiin keskenään ja eri toimittajien tarjoamia tuotteita selvitettiin ja niiden ominaisuuksia tutkittiin. Monia erilaisia menetelmiä ja laitteita, sekä mittaustekniikoita harkittiin kohteeseen käyttöönotettaviksi, mutta parhaaksi vaihtoehdoksi muodostui jo nyt käytössäoleva Endress Hauser Micropilot laitteisto. Mikroaaltojen käyttäminen kohteessa osoittautui tehokkaaksi ja tarkaksi menetelmäksi. Sensortechnikin ultraäänikytkimet tulisi vaihtaa Micropilot laitteistoon, tai koko mittaus tulisi joka tasolla hoitaa vain yhdellä mikroaaltotutkalla. Näin kustannukset olisivat paljon pienemmät kuin silloin jos joka tasolla olisi kaksi eri tutkaa mikä olisi tarpeetonta, mutta takaisi erinomaisen tarkkuuden mittauksia ajatellen. Näin ollen mikroaaltotutkat mittaisivat jokaisella lastaustasolla, sekä sorminousun pintaa, että suoraa pinnankorkeutta vaakatasossa.

## 8 LAITEVERTAILU

Vaikka lopulta hyväksi havaittu Micropilot laitteisto tulisi ottaa käyttöön kaatonousujen pinnanmittauksiin, erilaisia vaihtoehtoja vertailtiin varsinkin työn alkuvaiheessa. Harkittaviksi vaihtoehtoiksi nousivat myös akustiset pintatutkat.

Endress Hauserin mikroaaltolaitteiston lisäksi, vertailun pääkohteiksi muodostuivat Autrollin toimittama UWT Nivoradar akustinen pintatutka, Hantorin akustinen Sultan tutka sekä APM RL2000 tutka Sintrolilta. Tällä hetkellä käytössä oleva UPK ultraäänikytkin suurimmalla herkkyydellä Sensorolalta, sekä Rosemountin 5708 3D että AMP 3D skanneri, jonka toimittajana toimi Sarlin sekä Sintrol. Myös Siemensin LVS 200 vaijerianturia mietittiin mahdolliseksi vaihtoehdoksi.

### 8.1 Sensortechnik UPK 5000PDPS

Kuten jo aikaisemmin mainittu, tuli UPK laitteistosta selville, että sen toiminta häiriintyy helposti kerääntyvästä paksusta kivipölystä ja laitteisto oli altis kivien iskuille vain 6 metrin kantamansa takia.



Kuva 21 Sensortechnik UPK 5000PDPS(Elfa distrelec).



UPK:n hyviä puolia oli taas saatavuus ja edullinen hinta, verrattuna muihin verrattaviin laitteisiin. Laitteiston helppo asennus oli myös positiivinen asia, mutta se ei silti pystynyt kilpailemaan muiden tuotteiden kanssa, jotka olivat olosuhteisiin nähden luotettavampia ja omasivat paremman kantaman. Ilmiselvä syy laitteiston hylkäykselle on, että se on jo käytössä Kemin kaivoksella eikä ole pystynyt täyttämään tarkoitettua tehtäväänsä.

Verrattavista laitteista laadittiin aina yhteenveto, missä laitteiden pääasialliset piisteet ja tärkeät asiat nousivat esiin. Alle on listattu laitteessa havaitut tärkeät pääkohdat.

- kustannustehokas
- kompakti
- herkkä pölyämiselle
- lyhyt kantama
- iskualtis
- virtaviesti 4-20mA
- 24Vdc.

## 8.2 Rosemount 5708 3D

Yksi mielenkiintoisimmista vaihtoehdoista pinnanmittauksiin olisi Rosemountin 5708 3D skanneri, jonka laitteisto olisi itsestään puhdistuva ja kokonaisuudeltaan soveltuisi hyvin pölyisiin kohteisiin. Myös liikkumattomien osien puuttuvuus mahdollistaisi hyvän iskunkestävyyden, varsinkin kun otetaan laitteiston 70 metrin kantama huomioon. 3D laitteistojen huonoksi puoleksi osoittautuu kuitenkin niiden liika teknisyys tarvittavaa toimintaa ajatellen. Pelkkä kiintopintojen pinnan seuraaminen on liian yksinkertainen tehtävä kyseiselle laitteistolle ja tulisi maksamaan liikaa, varsinkin jos laite otettaisiin käyttöön kaikilla 20:llä lastauspaikalla.

Myös laitekestävyys nousi kysymykseksi. Laitteisto on kallis ja jos laite saisi iskun missä se menettäisi kokonaan toimintakuntonsa tulisi se erittäin kalliiksi.



Kuva 22 Rosemount 5708 3D (sarlin).

Alle on listattu laitteessa havaitut tärkeät pääkohdat.

- Tarkka
- Itsestään puhdistuva
- Teollisuuden kiintoainemittari
- Pölyäviin tiloihin suunniteltu
- Ylitekninen
- Korkeakustanteinen
- Virtaviesti 4-20mA
- 24Vdc.

### 8.3 UWT Nivoradar

Varteenotettavaksi laitteistoksi mikroaaltotekniikalle olisi akustiset pintatutkat. Akustiset pintatutkat hyödyntävät matala taajuisia signaaleja jotka pystyvät läpäisemään pieniä esteitä ilman suuria häviöitä. Tutkat käyttävät hyväkseen suuri tehoisia akustisia impulsseja, jotka heijastuvat takaisin mitattavasta pinnasta. UWT Nivoradar ja Sultan olisivat mahdollisia vaihtoehtoja mikroaaltolaitteistolle varsinkin ominaisuuksiensa puolesta. Akustisten tutkien mitta-alueet ovat aina 80metristä jopa 180 metriin. Molemmat ovat kovakoteloituja ja kosteuden ja lian kestäviä IP68 kotelointi luokkiensa ansiosta. Laitteet on myös suunniteltu mittamaan kiintoaineita.



Kuva 23 UWT Nivoradar (Autrol).

Niwordarin huonoksi puoleksi osoittautui se, että kappalehinnaltaan se olisi samaa hintaluokkaa kuin Endress Hauserin Micropilot, mutta se ei pystyisi toimimaan pölyn kanssa yhtä tehokkaasti. Vaikka laite on suunniteltu pölyäviin tiloihin ei akustisen tutkan toiminta yllä varmuudessaan mikroaaltomittauksen tasolle.

Alle on listattu laitteessa havaitut tärkeät pääkohdat.

- Tarkka
- Akustinen
- Pöly voi aiheuttaa ongelmia
- Häviää tehossaan mikroaaltomittauksille
- Virtaviesti 4-20mA
- 24Vdc.

#### 8.4 Sultan 234

Sultan 234 olisi erittäin varteenotettava vaihtoehto. Vaikka se käyttää akustista tekniikkaa kuten UWT Nivoradar on se myös tehty pölyäviin tiloihin sopivaksi. Se on kauttaaltaan teollisuustutka ja sen mittaus kantama on 50m. Se olisi varteenotettava vaihtoehto sorminousualueiden mittauksiin. Etenkin kun otetaan huomioon, että yksi osa-alue johon laite on suunniteltu, on nimenomaan malmin mittaus kaivosolosuhteissa. Hinta tulisi kuitenkin olemaan laitteiston heikko kohta. Akustinen mittaus ei pärjää tarkkuudessaan ja luotettavuudessaan mikroaalloille mutta silti Sultanin kokonaishinta nousee reilusti yli käytössä olevan laitteiston.



Kuva 24 Sultan 234 (Hantor.)

Alle on listattu laitteessa havaitut tärkeät pääkohdat.

- Suunniteltu kaivos olosuhteisiin
- Kiintoaineiden mittari
- Korkeakustanteinen
- Akustinen tutka ei pärjää mikroaaltomittauksille
- Virtaviesti 4-20mA
- 24Vdc.

## 8.5 Endress Hauser Micropilot FMR67

Endress hauser Micropilot FMR67, oli hyväksi havaittu vaihtoehto kokemusten perusteella. Laitteisto on sama kuin jo käytössä oleva mittaus Kemin kaivoksen 500 tasolla. Laitteen valinnan perusteeksi muodostui mikroaaltotekniikan läpäisyteho pienien esteiden kohdalla, sekä laitteiston jo tutuksi tullut tekniikka ja ominaisuudet. Myös toimittajan oma esittely sekä laitteiston ominaisuuksien perehdyttäminen vahvistivat mielipiteitä siitä, että mikroaaltotekniikka olisi paras vaihtoehto kaatonousujen pinnanmittaamiseen.



Kuva 25 Endress Hauser Micropilot FMR67(Siemens).

Alle on listattu laitteessa havaitut tärkeät pääkohdat.

- Todettu hyväksi
- Pölynsietokykyinen
- Hyvä kantama
- Mapping ominaisuus
- Virtaviesti 4-20mA
- Mikroaaltomittari

- Korkea hinta
- 24Vdc.

## 8.6 SITRANS LVS 200

LVS 200 on yksi kustannustehokkaimmista vaihtoehdoista. Sen käyttämä vaijeri mittaus perustuu laskettuun vaijerin määrään, kunnes mittapää osuu mitattavan aineen pintaan. Mittaustekniikka on monipuolinen ja sitä voidaan käyttää monen eri aineiden mittaamiseen.



Kuva 26 SITRANS LVS 200 (Siemens).

Laitteisto on erittäin luotettava ja pystyy teoriassa toimimaan kaivos olosuhteissa. Ainoaksi kysymysmerkiksi muodostuu itse vaijeri. On mahdollista, että malmia mitattaessa se voi juuttua kiinni joko itse malmiin, tai mahdollisesti kaatonousun seinämiin. Tämä laskee laitteen luotettavuutta ja kannattavuutta halutussa toiminnassa. LVS 200 on myös erittäin vaikea ottaa käyttöön kaltevissa olosuhteissa, sillä painovoiman ansiosta ei tarkkaa mittausta suuressa kulmassa voi

suorittaa. Esimerkiksi sorminousujen mittaus kyseisellä laitteella tulee olemaan lähes mahdotonta.

Alle on listattu laitteessa havaitut tärkeät pääkohdat.

- Helppo käyttöinen
- Pölyllä ei vaikutusta
- Huono epätasaisilla paikoilla
- Juuttumismahdollisuus
- mahdoton käyttää kulmassa
- Kustannustehokas
- Virtaviesti 4-20mA
- 24Vdc.



## 8.7 APM RL2000

Kuten muutkin raportissa mainitsevat laitteet, on APM RL2000 myös pölyäviin tiloihin suunniteltu kiintoaineiden mittari. Mutta toisin kuin muut sen kantama on pelkästään 5 metriä. Tämä tarkoittaa, että se on auttamattomasti alakynnessä verrattuna muihin listan laitteisiin. APM RL2000 käyttää mittauksissaan hyväksien akustisia signaaleja ja pystyykin toteuttamaan tarkkoja mittauksia. Laite on myös jämerä ja kovakoteloitu. Erinomaisen hintasuhteensa vuoksi se pystyy tarjoamaan vaihtoehdon muihin laitteisiin nähden ja onkin yksi halvimmista vaihtoehdoista.



Kuva 27 APM RL2000 (Sintrol.)

RL2000:n mittaus kantama sen sijaan tarkoittaa, että se jouduttaisiin sijoittamaan lastausalueiden kattoon, suunnilleen samaan paikkaan kuin nykyinen UPK 5000. Vaikka laite on erittäin hyvin suojattu, sekä teolliseen käyttöön suunniteltu, joutuisi se liian suureen vaaraan kivien iskuja ajatellen. Kuten myös monien aikaisempien laitteistojen kohdalla, ei akustinen mittaus pärjää tarkkuudessaan mikroaaltotutkille. On myös mahdollista, että RL2000 tullaan poistamaan tuotannosta

lähivuosina, mikä tulee vaikeuttamaan mahdollisia varaosatilauksia, tai ammattilaisen apua.

Alle on listattu laitteessa havaitut tärkeät pääkohdat.

- Pölytiivis
- Kustannustehokas
- Huono kantama
- Akustinen
- Virtaviesti 4-20mA
- Mahdollisesti poistumassa markkinoilta
- 24Vdc.

## 8.8 APM 3D LEVEL Scanner II MV

Kuten myös Rosemount 3D laitteisto, tarjoaa Sintrolin 3D LEVEL Scanner laitteisto erinomaista tarkkuutta mittauksiin monipiste 3D ominaisuuksiensa ansiosta. Kolmiulotteisilla laitteilla voidaan seurata pintaa tarkasti jopa täytön aikana ja mitattavasta alueesta saadaan aina piirretty kuva. Kuvista voidaan nähdä malmin paikoittuminen tai epätasaiset pinnat ja vaikka tyhjä sorminisuus. Laitteisto on suunniteltu toimimaan teollisuusolosuhteissa ja on pölyn sekä kosteuden kestävä.



Kuva 28 APM 3D LEVEL Scanner (Sintrol).

APM laitteisto voi kuitenkin olla herkempi pölyämiselle kuin esimerkiksi Micropilot laitteisto. Sen piirto saattaa häiriintyä, jos sakeaa pölyä esiintyy runsaasti, etenkin jos pöly on sijoittunut suoraan mitattavan alueen eteen. 3D Scanner on myös kallis laitteisto ja onkin kappale hinnaltaan suurin. 3D laitteet voivat olla myös herkempiä iskuille kuin monet yksinkertaisemmat laitteet. Kuten Rosemountin laitteistonkin kohdalla, kärsii APM liika teknisyydestä. Pelkkään pinnanmittaukseen kaivosolosuhteissa on 3D mittauksien käyttäminen kustannustehotonta ja kun otetaan mahdolliset korjauskulut huomioon ei laitteistoa voi suositella tehtävään parhaaksi.

Alle on listattu laitteessa havaitut tärkeät pääkohdat.

- Erittäin tarkka
- Monipistemittaus
- Pöly voi aiheuttaa häiriötä
- Liika tekninen
- Kallis hinta
- Virtaviesti 4-20mA
- 24Vdc.

## 8.9 PPT-Vegapuls 69

Parhaaksi vaihtoehdoksi Micropilotin ohella nousi Kontramin Vegapuls 69. Sen mikroaalto ominaisuuden ovat omaa luokkaansa ja laiteessa on saatavana saman kaltainen "mapping" toiminto kuin Micropilotissakin. Laite on täysin suunniteltu kiintoaineiden pinnanmittauksiin ja omaa jopa 120m kantomatkan. Vegapuls omaa myös STC - funktion joka tarkoittaa sitä, että laite ei häiriinny, vaikka mittapää peittyisi pölystä tms. Laitteen pinnoitus on tehty likaa hylkivistä materiaaleista ja soveltuu kaivosolosuhteisiin. Korkean dynaamisen alueensa ansiosta (120dB) ja hyvän kantamansa ansiosta, kykenee laite havainnoimaan heikotkin signaalit tarkasti. Vegapuls onkin erittäin varteenotettava vaihtoehto Micropilot laitteistolle.



Kuva 29 Vegapuls 69 (Kontram).

Alle on listattu laitteessa havaitut tärkeät pääkohdat.

- Mikroaaltotutka
- Erittäin tarkka
- Suunniteltu kiintoaineille
- Mapping toiminto
- Hyvä kantama
- Kallis hinta
- Virtaviesti 4-20mA
- 24Vdc.

## 8.10 Toimittajat

Laitteiden eri toimittajina toimii usea eri yritys, joilla kaikilla on kokemusta erilaisista työympäristöistä, sekä laitteisto vaatimuksista. Toimittajien kautta laitteiden kappalehinta, massahinta sekä toimitusaika voi vaihdella huomattavasti.

Alle on listattu muutamia toimittajia, jotka ovat olleet tietolähteenä tai haastattelun kohteena opinnäytetyötä ajatellen tai toimivat yhteistyössä Outokummun kanssa.

- Autrol
- Auser
- Endress Hauser
- Hantor
- Instrumart
- Kontram
- Sarlin
- Sensorola
- Siemens.

Näitä toimittajia ja heidän tietojaan käyttäen vertailtiin hyviä laitevaihtoehtoja työhön liittyen. Vaihtoehtoina oli monia erilaisia mittaustyyplejä sekä tekniikoita ja monien eri valmistajien vaihtoehtoja. Endress Hauserin tuotteet jäivät mieleen parhaiten henkilökohtaisen tuote-esittelyn ja toimipisteen esittelyn johdosta. Osaksi tämän myötä tultiin päädyttyyn lopputulokseen.

## 9 MUUTOKSET

Kuten aikaisemmin jo työssä mainittu, suurimpana ja ehkä tärkeimpänä muutoksena pinnanmittauksia ja kaatonousujen toimintaa yleisesti koskien, olisi louhimattoman kiven poistaminen kokonaan sorminousujen ja kuilun välistä, tai suunnitella nousut siten, että ne louhittaisiin kokonaan ilman keskellä olevaa kivimassaa. Tätä toteutustapaa suosittelisin käyttämään Outokummun deep-mine-projektissa. Kun kuilu avautuisi, ei kivillä olisi niin paljon mahdollisuuksia kasautua ja kuilu täytyisi aina suoraan ilman ongelmia lastausalueille. Tällä tavoin myös irtokivien lentely ja iskeytyminen lastauksen yhteydessä tuottaisivat huomattavasti vähemmän ongelmia. Tämän lisäksi tulisi sekä vino mittaus sekä vaaka pinnanmittaus hoitaa samoilla laitteilla eikä käyttää kahta eri menetelmää, jos halutaan mitata sekä sorminouslya, että lastausalueen ylärajaa. Kumpaankin kohteeseen tulisi ottaa käyttöön mikroaaltotutka, jonka toiminta on luotettavampaa kaisolosuhteissa ja jonka voi suojata kovaa pölyämistä vastaan. Täten molemmat laitteistot olisivat aina tuttuja ja samaa mallia, eikä pölyämisestä koituisi ongelmaa. Kivimassan louhimisen ansiosta, voitaisiin myös pitäytyä yhden mittalaitteen tekniikassa, jolloin kustannukset olisivat huomattavasti pienemmät kuin kahdella laitteella ja tämä luultavasti olisikin paras vaihtoehto. Kun joka tasolla olisi mikroaaltotutka ja ultraäänikytkimet otettaisiin pois käytöstä ja kun kaatonousu avattaisiin (kivimassan poisto) olisi pinnan seuranta paljon helpompaa.



## 10 UUSI JÄRJESTELMÄ

Ehdotettujen muutosten ohella ei järjestelmään tarvitsisi tehdä suuria muutoksia. Ainoastaan uusien laitteiden asennus ja niiden etäkäytön ohjelmointi ja PCS7 lisenssien versiopäivitykset olisivat välttämättömiä. Vanhaan järjestelmään verrattuna olisi uusi järjestelmä varmempi ja mittauksissaan tarkempi kuin entinen. Suurimmat eron entiseen verrattuna olisi jokaiselle tasolle tuleva vino mittaus (sorminousujen mittaus), mikroaaltoanturilla, eli vaikka uusissa kippaus paikoissa ei sorminousuja olisikaan (kivimassan pois louhinta ja lastauspaikan avaaminen), voitaisiin pintaa mitata samalla tavalla kuin tasolla 500.

### 10.1 Asennus

Laitteiden asennuksen suorittaisivat Outokummun työntekijät ja laitteiston testaaminen ja esisuunnittelu toteutettaisiin yhdessä työntekijöiden ja esimiehien kanssa. Laitteet asennettaisiin pultti kiinnityksin lastausalueiden kattoon ja mittaus alue sekä kulma säädettäisiin sopivaksi. Asennusalustat ja muut tarvikkeet tulisivat suoraan toimittajalta laitteistojen mukana.

Mittalaitteille käytetään asennuskaapelina joko NOMAK tai JAMAK kaapelia, jotka yleisemmin tunnetaan instrumentointikaapelina. Molempien kaapelien johdotimet ovat tinattua kuparia ja eristeenä toimii PVC-muovi.

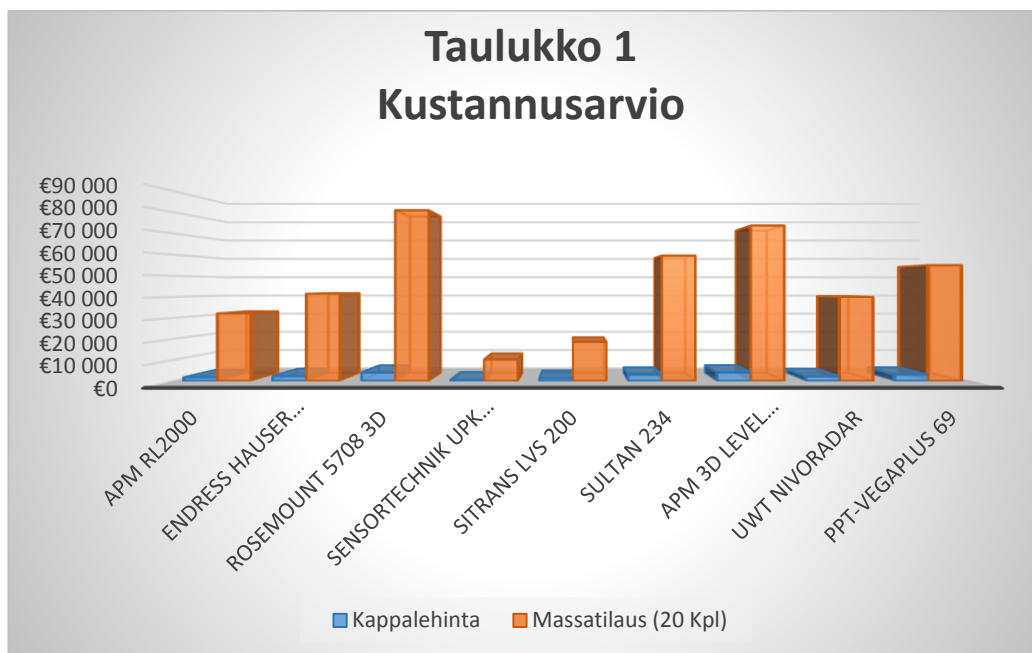
## 11 KUSTANNUSARVIO

Kustannusarvio uudelle järjestelmälle pohjautuisi suurelta osin mittauslaitteistolle ja kivien louhinta urakalle, mutta kokonaishintaan tulisi ottaa huomioon myös asennus ja toimituskulut.

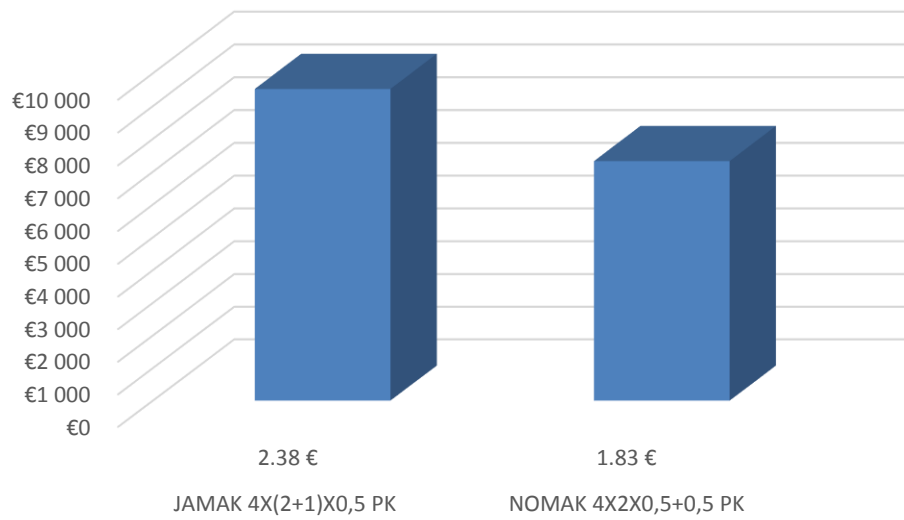
Laitteiden hinta vaihteli suuresti 500 – 4000 €:n välillä ja massa tilauksista sai jokaiselta toimittajalta alennusta noin 5-10% lopullisesta hinnasta.

Keskimääräinen kappalehinta mikroaaltoantureille oli noin 2700 €. Jos jokaiselle lastaus-alueelle asennettaisiin kyseisen tapainen laitteisto, tulisi kustannukset nousemaan keskimäärin noin 48 500 euroon. Muut kustannukset kuten toimituskulut sekä asennustarvikkeet mukaan lukien, tulisi lopullinen hinta olemaan lähellä 67 500 euroa (Liite 1).

Kivimassan louhinnan hinta olisi täysin riippuvainen urakoitsijoiden ja Outokummun välisistä sopimuksista, ja on sen vuoksi vaikea arvioida. Samoin on myös asentaja palkkioiden, jotka ovat henkilökohtaisesti eroavia. Taulukkoon 1 on lisätty eri laitteistojen hinnat ja taulukkoon 2 kaapeli hinnat.



**Taulukko 2**  
**Kaapelit**



## 12 POHDINTA

Opinnäytetyö oli alusta alkaen haastava. Omakohtaista kokemusta ei juuri ollut ja vähäisenkin tietämys aiheetta koskien, rajoittui vain satunnaisille käynneille töiden ohella, kesätöiden aikana. Paikat johon työ sijoittui, olivat erittäin haastavia eikä ratkaisuihin ollut oikoteitä tai niin sanottuja helppoja ratkaisuja. Alue oli karu ja sisälsi jatkuvia ongelmia sellaisissa muodoissa, että yhtä oikeaa ratkaisua ei ollut saatavilla. Asian ratkaisu vaati monimuotoisen suunnitelman, mikäli täysin toimiva ja tarkka mittaus haluttaisiin toteuttaa. Lopputulos oli täysin oman tutkintani ja työni takana, mutta täytäntöön pano ja käyttöönotto, riippui kuitenkin kokonaan Outokummun oman organisaation päätöksistä. Ylpeä voin olla siitä, että hyvä ratkaisu ongelmaan löytyi ja tulevat suunnitelmat kaatonousuja koskien kaikissa kaivosympäristöissä voivat ottaa mallia tämän opinnäytetyön ehdotuksista ja lopputulemista.

Eri mittausmenetelmien vertailu nousi suureksi osaksi opinnäytetyötä. Vaikka mikroaalto ja erilaiset akustiset tekniikat nousivat parhaimmiksi vaihtoehtoiksi työtä ajatellen, ei huonoja laitteistoja ollut. Kaikki mainitut laitteet pystyvät suorittamaan niille tarkoitetun tehtävän erinomaisesti, mutta kaivosalueiden ympäristö tekijät karsivat parhaat vaihtoehdot selvästi esille. Laite valinnoissa laitevertailu oli tärkeää, mutta ehkä parhaimmaksi lähteeksi nousi lopulta kaivoksen työntekijöiden kokemukset ja tietotaito aiheetta koskien. Nämä asiat vaikuttivat paljon lopputulemaan liittyen.

Kustannusarviot nousivat suureksi kysymykseksi lopullisen päätöksen tekemisessä, eikä hyvälläkään idealla ollut käyttöönotto mahdollisuuksia, jos se tulisi maksamaan liikaa. Arvioissa otettiin huomioon kappalehinnat, mutta myös yritysten tarjoamat massatilaus alennukset. Myös asennuskustannukset otettiin huomioon. Kustannusarvioon täytyy ottaa huomioon myös asentaja, kuljetus ja urakoitsija palkkiot.

Aika arvio opinnäytetyöhön liittyen osui aika nappiin. Vaikka alussa aika arvion uskottavuus omalta osaltani vaihteli, pysyttiin työssä kuitenkin hyvin kiinni ja saatiin työ ajoissa päätökseen. Henkilökohtaisesti olen tyytyväinen lopullisiin tuloksiin ja uskon että työstä tuli hyvä ja että sen sisältämät tiedot voivat olla avuksi monille teollisuus yhtiöille, sekä yksityisille henkilöille.

## LÄHTEET

ABB 2018. Kenttäväyläyhteydet. Viitattu 29.1.2018 <http://new.abb.com/drives/fi/liitettavyys/kenttavaylayhteydet/ethernet-ip>

Anundi, E. 2018. Kontram Oy. Haastattelu. Viitattu 4.4.2018

Apiainen, T. 2015. Ethernet/IP protokollan redundanttinen testaus. Viitattu 29.1.2018 Metropolia Ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Insinööriyö

Elfa Distrelec. 2018. Tuotteet. Viitattu 24.1.2018. <https://www.elfadist-relec.fi/fi/ultraaenietaeisyys-ja-laehestymisanturi-pnp-no-snt-sensorteknik-upk-5000-pdps-24/p/30088888>

Endress Hauser. 2018. Tuotteet. Viitattu 24.1.2018. <https://www.endress.com/en/Field-instruments-overview/level-measurement/Radar-Micropilot-FMR67>

Hantor.fi. 2018. Tuotteet. Viitattu 15.3.2018 <http://hantor.fi/tuotteet/pinta/sultan-akustinen-pintatutka>

Heikkilä, M. 2016. OPC UA Automaation tiedonsiirrossa. Viitattu 29.1.2018 Tampereen ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Insinööriyö

Industrial Ethernet Book. 2018. Profinet. Viitattu 29.1.2018 <http://www.iebmedia.com/index.php?id=4528&parentid=63&themeid=255&hft=21&showdetail=true&bb=1&PHPSESSID=m0pesnhfq64jckg3gh2fgak8f2>

Instrumart.com. Products. 2018. Viitattu 26.3.2018 <https://www.instrumart.com/products/41201/rosemount-5708-series-3d-solids-scanner>

Kaiva.2014. Kaivos- ja louhintatekniikka. Viitattu 24.1.2018 [https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Kaivos-ja-louhintatekniikka-kaiva\\_fi.pdf](https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Kaivos-ja-louhintatekniikka-kaiva_fi.pdf)

Kaivosvastuu. 2017. Outokumpu Chrome oy. Viitattu 16.1.2018 <https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/outokumpu-chrome-oy/>

Kontram.fi. 2018. Laitteet. Viitattu 14.3.2018 <https://www.kontram.fi/laitteet/kenttalaitteet/mikroaaltotutka-pinnanmittaukset.html>

Koramo, M. 2009. Ultraäänietäisyysmittari. Viitattu 25.1.2018 Kajaanin Ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala. Insinööriyö

Labkotec.fi. Pinnanmittaus käytännössä. Viitattu 29.1.2018 [https://www.labkotec.fi/sites/default/files/tiedostot/valintaopas\\_pinnankorkeus.pdf](https://www.labkotec.fi/sites/default/files/tiedostot/valintaopas_pinnankorkeus.pdf)

MES. 2017. SIMATIC S5 to S7.now. Viitattu 30.1.2018 <https://www.m-es.de/en/migration-simatic-s5s7/>

Metso.fi. 2003. Sakeuslähettimet. Viitattu 25.1.2018 [http://www.metso.com/reports/2002/su/3\\_5\\_tutkimus\\_1\\_case2.shtml](http://www.metso.com/reports/2002/su/3_5_tutkimus_1_case2.shtml)

Outokumpu. 2018a. Historia. Viitattu 16.1.2018 <http://www.outokumpu.com/fi/yritys/historia/Sivut/default.aspx>

Outokumpu. 2018b. O'net. Viitattu 24.1.2018 <http://onet.outokumpu.com/Search/Pages/results.aspx?k=Kaatonousu>

Outokumpu. 2018c. Yritys. Viitattu 16.1.2018 <http://www.outokumpu.com/fi/yritys/Sivut/default.aspx>

Outokumpu Chrome. 2009. Kemin kaivoksen laajennus. Viitattu 25.1.2018 <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B1DF7BB2B-D80D-42D1-974C-31FB24AD32FC%7D/42614>

Rasi, M. 2012. Kiintoaineen pinnanmittaus. Viitattu 29.1.2018 Tampereen Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Automaatiotekniikka. Insinööriyö

Sarlin.com. 2018. Automaatio. Viitattu 15.3.2018 [http://www.sarlin.com/sarlin\\_products/Rosemount-3D-kiintoaineskanneri/ewum0yth/5c0f1fdf-b69f-4c42-a3c7-640341b3d605](http://www.sarlin.com/sarlin_products/Rosemount-3D-kiintoaineskanneri/ewum0yth/5c0f1fdf-b69f-4c42-a3c7-640341b3d605)

Siemens. 2017a. Automaatiojärjestelmä Simatic PCS7. Viitattu 30.1.2018 [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/automaatiojarjestelma\\_pcs7.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/automaatiojarjestelma_pcs7.php)

Siemens. 2017b. SIMATIC WinCC V7. Viitattu 29.1.2018 [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/ohjelmistot/valvomo\\_ohjelmisto\\_wincc.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/ohjelmistot/valvomo_ohjelmisto_wincc.php)

Unified Automation. Introduction to classic OPC. Viitattu 9.5.2018 <http://documentation.unified-automation.com/uasdkcpp/1.5.5/html/L2ClassicOpc.html>

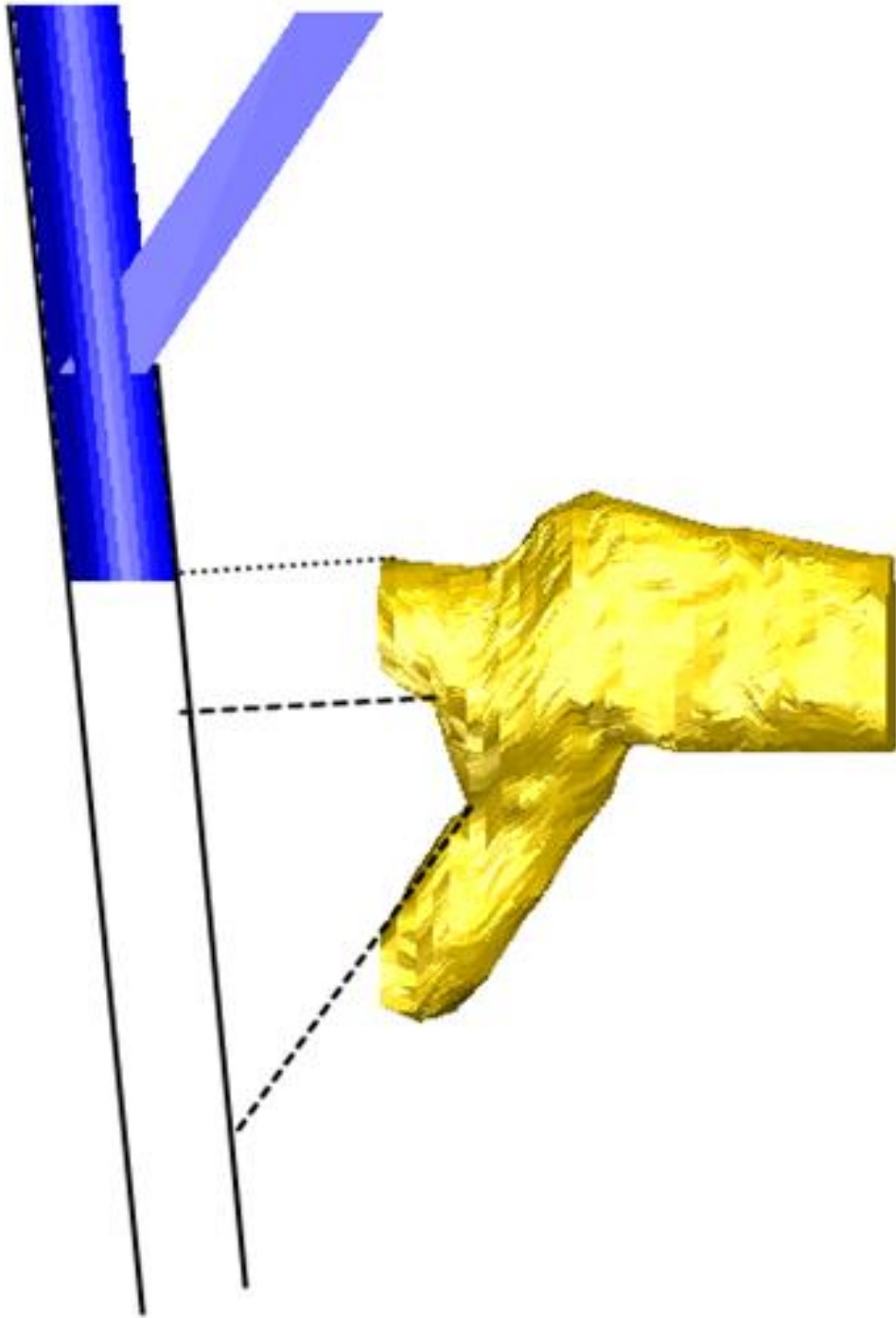
Yle Uutiset 2012. Kemin kaivoksessa riittää malmia jopa sadoiksi vuosiksi. Viitattu 16.1.2018 <https://yle.fi/uutiset/3-5709033>

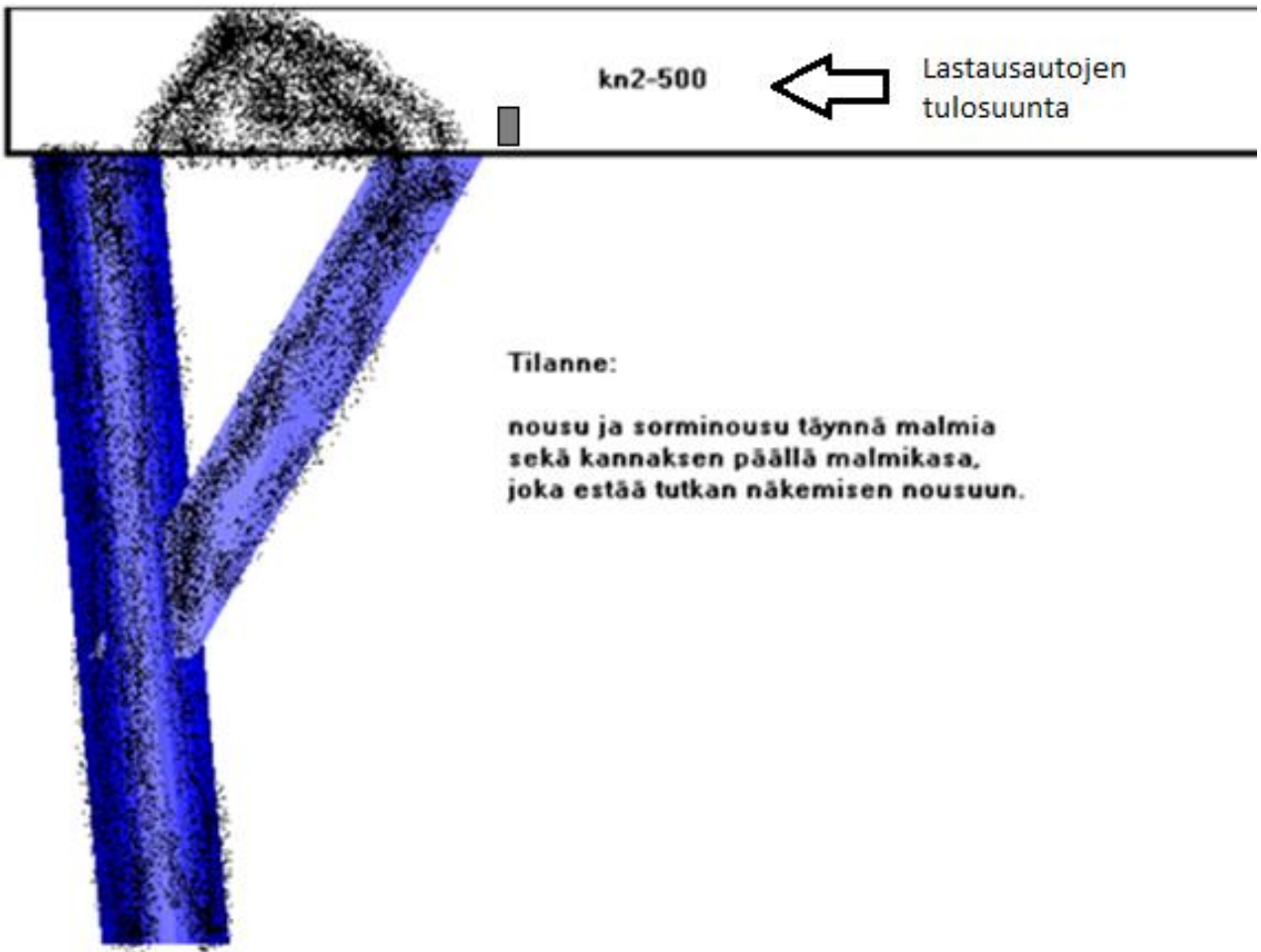
## LIITTEET

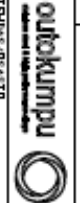
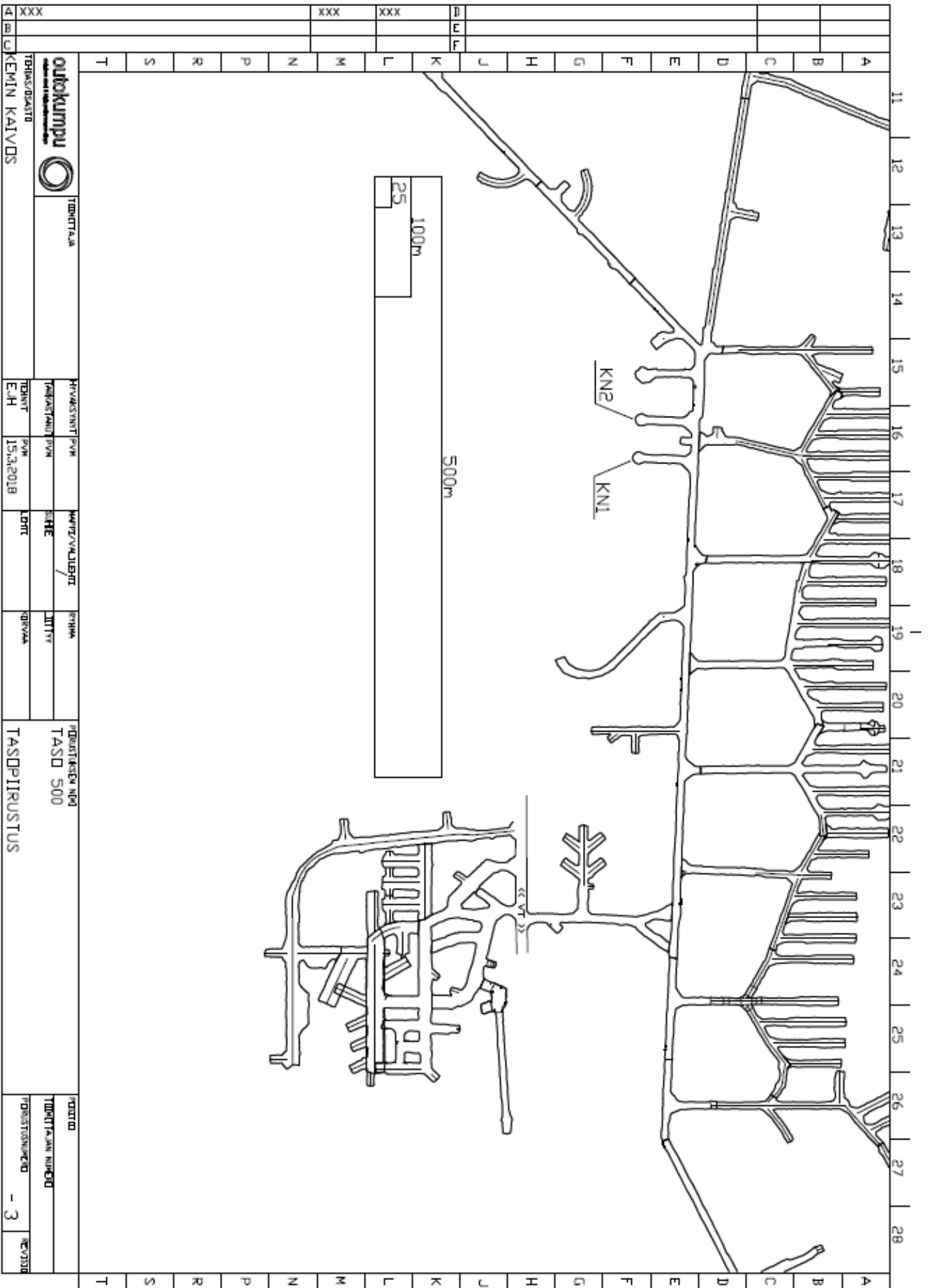
- Liite1. Laitehinnasto
- Liite2. Lastausalueen skannauskuva
- Liite3. Sorminousun 2D kuvaus / Toimintakuva
- Liite4. Kn1 & Kn2, 500 tasopiirustus
- Liite5. Pengertäyttölouhinnan kuvaus

<b>Laite</b>	<b>Kpl / Hinta</b>	<b>Massa hinta (20Kpl)</b>
APM RL2000	1 785 €	32 130 €
Endress Hauser Micropilot FMR 67	2 307 €	41 526 €
Rosemount 5708 3D	4 045 €	80 893 €
Sensortechnik UPK 5000 DPS	570 €	10 260 €
SITRANS LVS 200	1 328 €	18 593 €
Sultan 234	2 978 €	59 560 €
APM 3D LEVEL Scanner II MV	4 093 €	73 674 €
UWT Nivoradar	2 200 €	40 000 €
PPT-Vegaplug 69	3 000 €	55 000 €
<b>Kaapeli</b>	<b>Hinta / M</b>	<b>Hinta (4km/kela)</b>
JAMAK 4X(2+1)X0,5 PK	2.38 €	9 520 €
NOMAK 4X2X0,5+0,5 PK	1.83 €	7 320 €









TOIMIKKALA

TOIMIKKALA  
TASDOPIIIRUSTUS

PROJEKTI  
TASDOPIIIRUSTUS

PROJEKTI  
TASDOPIIIRUSTUS

PROJEKTI  
TASDOPIIIRUSTUS

PROJEKTI  
TASDOPIIIRUSTUS

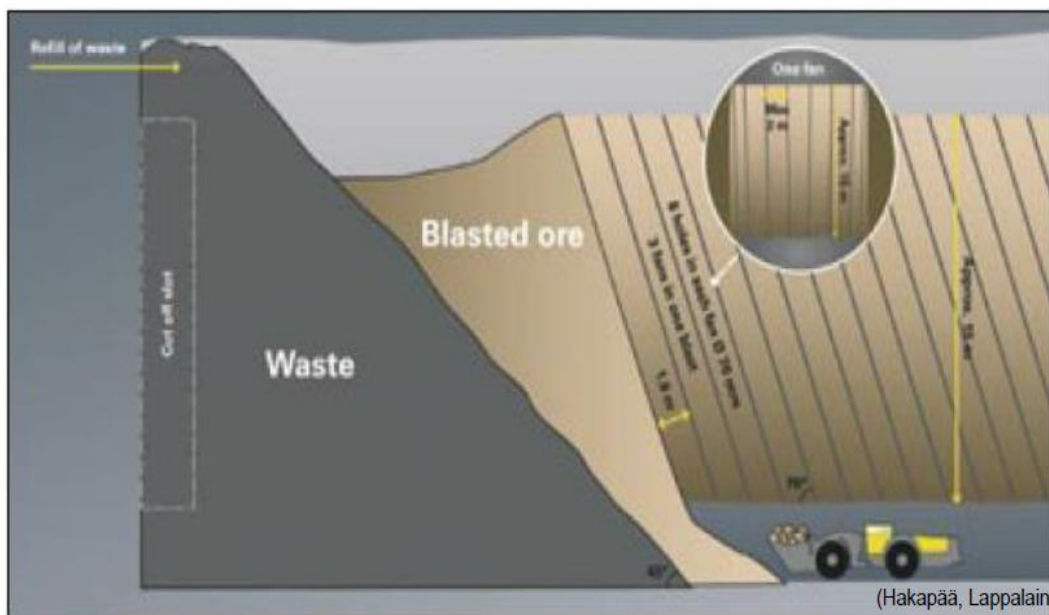
PROJEKTI  
TASDOPIIIRUSTUS

PROJEKTI  
TASDOPIIIRUSTUS

PROJEKTI  
TASDOPIIIRUSTUS

# Pengertäyttölouhinta

- Pengertäyttölouhinta etenee alueellisesti alhaalta ylöspäin, välitasomaisesti
- Louhostäyttö lähes välittömästi
- Louhinnassa voidaan käyttää joko alakätisiä tai yläkätisiä louhintareikiä
- Louhinta etenee pengerlouhintana vetäytyen malmin pituussuunnassa malmia pitkin
- Näin pidetään avoimen tilan jänneväli alhaisena vaakasuunnassa ja estetään seinämien sisäänlohkeilu
- Tasoväli yleensä vain 12–25 metriä
- Tasomalmiperät levitetään malmin täyteen leveyteen, jos mahdollista, ja vaijeripulttitetaan
- Mahdollisuus seurata malmirajoja melko tarkasti



(Hakapää, Lappalainen: Kaivos- ja louhintatekniikka)

Kuva 30 Pengertäyttö liite1 (Kaiva 2014)