

# KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

## Vesileikkausaltaan kierrätysputkiston suunnittelu

Tatu Vierma

Kone- ja tuotantotekniikan opinnäytetyö  
Konetekniikka  
Insinööri(AMK)

KEMI 2011

## **ALKUSANAT**

Opinnäytetyö on tehty Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa. Opinnäytetyön aiheen toimeksiantajana oli Promote Oy.

Työn ohjaajana toimi Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun puolesta Ari Pikkarainen sekä Jarmo Arttijeff Promote Oy:stä.

Haluan kiittää heitä kaikesta saamastani avusta opinnäytetyön aikana.

Kemissä 6.5.2011

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu,	Tekniikan ala
Koulutusohjelma	Konetekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Tatu Vierma
Opinnäytetyön nimi	Vesileikkausaltaan kierrätysputkiston suunnittelu
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	6.5.2011
Sivumäärä	39+10
Opinnäytetyön ohjaaja	Ari Pikkarainen (Ins. YAMK)
Yritys	Promote Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Jarmo Arttijeff (Ins. YAMK)

Opinnäytetyön aihe saatiin kemiläiseltä suunnittelutoimisto Promote Oy:ltä. Työn tavoitteena oli suunnitella vaasalaiselle vesileikkausalalla toimivalle UltraCut Oy:lle uusi putkistokokonaisuus vesileikkausaltaan abrasiivilietteen kierrättämistä varten.

Vesileikkausaltaassa leikataan materiaalia abrasiivin, eli hienojakoisen hiekan avulla. Tällä hetkellä altaasta vettä imevä kalvopumppu ei jaksaa siirtää altaan pohjalle kertyvää abrasiivilietettä tarpeeksi tehokkaasti kiertojärjestelmään puhdistusta varten. Lietteen kertyminen altaan pohjalle aiheuttaa yritykselle tarpeettomia katkoksia tuotantoon altaan puhdistamisen vuoksi.

Abrasiiviliete tullaan pumppaamaan vesileikkausaltaasta uuden putkiston kautta erilliseen abrasiivikonttiin, jossa painavampi hiekka jää kontin pohjalle. Vesi pumpataan edelleen ylijuoksutuksen avulla toiseen samankaltaiseen konttiin, josta puhdas vesi päätyy takaisin vesileikkausaltaaseen.

Vesileikkausaltaaseen mitoitettiin alustavien tietojen pohjalta lietteen pumppaamiseen soveltuva pumppu sekä putkisto kannakkeineen. Työhön kuului myös PI-kaavion ja positiointijärjestelmän päivittäminen, työpiirustusten luominen sekä tarjouskyselyaineiston kokoaminen

Opinnäytetyön tuloksena UltraCut Oy saa tarvittavat tiedot ja työpiirustukset uuden putkistokokonaisuuden asentamista varten.

Asiasanat: pumppaus, putkisto, abrasiivi, kannakointi.

## ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical Engineering
Name	Tatu Vierma
Title	Design of Circulation Piping for Water Jet Cut Pool
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	6 May 2011
Pages	39+10
Instructor	M.Eng, Ari Pikkarainen
Company	Promote Oy
Contact Person/Supervisor from Company	M.Eng, Jarmo Arttijeff

The topic for the bachelor's thesis was received from Promote Oy – an engineering office located in Kemi. The objective of the thesis was to design a new abrasive water circulation piping system for a water jet cutting company called UltraCut Oy.

UltraCut uses abrasive water in one of their cutting lines and it causes problems in water circulation piping of the water pool. Currently, a diaphragm pump pumps the abrasive water out from the pool, but the suction power is not good enough. The water pool has to be cleaned from the abrasive approximately once a month by a separate company which is causing unnecessary breakdowns in the production and extra expenses.

The abrasive water will be pumped out from the water pool to a separate container, where the sand sinks to the bottom of the container and the water is pumped away by using the overflow principle. The water is pumped to a similar container before pumping the cleaned water back to the water pool.

The piping design consists of defining the pipe and pump properties and designing the piping supports. The project also required the updating of the process instrument diagram and the position numbering, creating installation pictures and finally gathering the material information for quotation.

As a result, UltraCut gained the necessary information and design pictures to execute the piping installation.

Keywords: pumping, piping, abrasive, supporting.

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT .....	I
TIIVISTELMÄ .....	II
ABSTRACT .....	III
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	V
1. JOHDANTO .....	1
Promote Oy .....	2
UltraCut Oy .....	2
2. PUTKISTOSUUNNITTELUN TEORIAA .....	3
2.1. Putkistoluokat .....	4
2.2. Pumput .....	6
2.3. Kannakointi .....	8
2.4. Piirustustuotanto .....	9
2.4.1. PI-kaavio .....	10
2.4.2. 1-viivapiirros .....	11
2.4.3. Isometripiirustus .....	12
2.4.4. 3D- ja 2D-piirustukset .....	13
2.4.5. Rakennustehtäväpiirustus .....	14
3. ESISUUNNITTELU .....	15
3.1. Pumpun alustava määrittely .....	16
3.2. Putkiluokkien määrittely .....	17
3.3. Alustava kannakesuunnittelu .....	18
4. SUUNNITTELU .....	20
4.1. Pumppujen mitoittaminen .....	20
4.2. Putkistojen mitoittaminen .....	23
4.3. Kannakoinnin suunnittelu .....	28
4.4. Venttiilien valitseminen .....	30
4.5. Positointinumeroinnin päivittäminen .....	31
4.6. PI-kaavion päivittäminen .....	32
5. VALITTU RATKAISU .....	33
5.1. Keskipakopumppu .....	33
5.2. Putkisto ja varusteet .....	34
5.3. Kannakkeet .....	35
6. KUSTANNUSARVIO .....	36
7. YHTEENVETO .....	37
8. LÄHDELUETTELO .....	38
9. LIITELUETTELO .....	39

## **KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET**

PI-kaavio

Prosessin instrumentointi

## 1. JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe saatiin Promote Oy:ltä, joka on tehnyt suunnittelutöitä UltraCut Oy:lle liittyen vesileikkauksessa käytettävän abrasiivilietteen aiheuttamiin ongelmiin. UltraCutin nykyinen järjestelmä abrasiivilietteen pumppaukseen on liian alitehoinen huolimatta uudesta putkitusjärjestelmästä abrasiivileikkauksaltaassa.

Tällä hetkellä käytössä on yksi kalvopumppu abrasiivilietteen imemiseen, mutta siitä huolimatta noin 18 000 litran altaaseen kertyy lietettä niin paljon, että se pitää puhdistaa erillisen yrityksen toimesta ja tämä aiheuttaa tarpeettomia kustannuksia. Liitteessä 3 on havainnollistava kuva abrasiivista vesileikkauksaltaassa.

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa vesileikkauksaltaan abrasiivilietteen siirtoa. Työhön kuuluu putkistolinjojen sekä pumppujen mitoitus ja valitseminen. Putkistoa varten suunnitellaan kannakointi vesileikkauksaltaasta abrasiivikontin huoneeseen. Linjan PI-kaavio täytyy päivittää ja positionumerointi päivitetään vastaamaan uutta suunniteltua putkistokokonaisuutta.

Lopuksi putkistosta tehdään työkuvat ja valituille varusteille tehdään tarjouskysely eri toimittajille. Projektiaineisto kootaan lopulta yhdeksi paketiksi ja se luovutetaan asiakkaalle.

Projekti rajataan koskemaan vain abrasiivilietteen siirtoon liittyviä muutoksia sekä siihen liittyvien putkistojen suunnittelua. Koko projektin kustannukset selvitetään lopuksi asiakkaalle.

## **Promote Oy**

Promote Oy on vuonna 2008 perustettu kemiläinen tekninen asiantuntijayritys, joka tarjoaa suunnittelu- ja projektointipalveluita pk-yrityksille sekä raskaalle teollisuudelle.

Yrityksen tyypillisimpiä toimeksiantoja ovat tuotantolaitosten investointiprojektit, tuotantokoneiden sekä linjojen tuotekehitys, teräsrakennesuunnittelut sekä projektointipalvelut.

Promote tarjoaa myös asennus- ja käyttöönottovalvontaa, konsultointia ja henkilöstökoulutusta.

Promote on myös verkostoitunut useiden muiden pohjoismaisten yritysten kanssa ja tavoitteena on laajentaa yhteistyötä myös muualle Eurooppaan. Asiakkaita ovat niin kansalliset kuin suuret kansainväliset yritykset.

## **UltraCut Oy**

UltraCut Oy on Vaasassa sijaitseva korkeapainevesileikkaukseen erikoistunut yritys. Vesileikkaus soveltuu lähes kaikille materiaaleille. Puhtaalla vedellä voidaan leikata pehmeitä materiaaleja, kuten vaneria, muovia ja kumia. Paksumpia ja kovempia materiaaleja leikataan abrasiivilla. /10/

Abrasiivi tarkoittaa, että veteen sekoitetaan erittäin hienoa hiekkaa, jolloin vesisuihkun leikkausteho moninkertaistuu. Tällä menetelmällä voidaan leikata useimmat kovat materiaalit, kuten teräkset, kuparit, alumiinit ja lasit. /10/

Vedellä leikatessa materiaalin pinta ei vahingoitu eikä taivu, koska leikkausvoima kohdistuu vain yhteen pisteeseen kerrallaan. Monimutkaisen geometrian leikkaaminen vedellä on helppoa ja nopeaa. Puhtaalla vedellä leikkaavan suihkun halkaisija on pienimmillään 0,05 mm. Abrasiivilla suihkun halkaisija on 0,9 mm. /10/



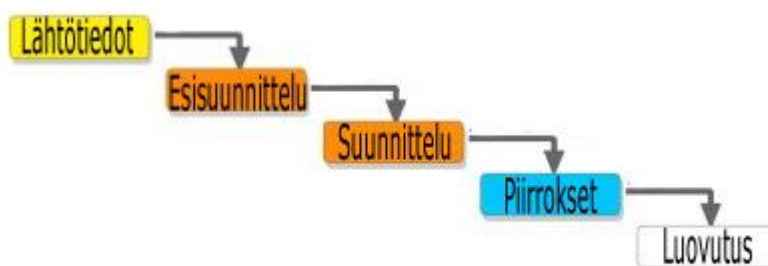
## 2. PUTKISTOSUUNNITTELUN TEORIAA

Putkistosuunnittelu on laitossuunnittelun suurin osa-alue, joka kattaa noin 30% laitossuunnittelun työtunneista, noin 25% kokonaiskustannuksista ja jopa 50% asennustyökustannuksista. /4/, /6/

Euroopassa noudatetaan pääsääntöisesti EN-standardien mukaista suunnittelua tavallisimmissa putkistoissa, mutta kaasu- ja öljyteollisuudessa käytetään myös muiden maiden standardeja, kuten ASME- ja SNiP-standardeja. /6/

Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus (PSK) tekee Suomeen soveltuvia standardeja käyttäen hyväksi kansainvälisiä kehys-standardeja. PSK-standardi kattaa suurimmaksi osaksi putkiston suunnitteluun liittyvät asiat, kuten putkireitti-, isometri-, laitesijoittelu- ja aluekarttapiirrustukset.

Putkistosuunnittelun tavoitteena on luoda taloudellisesti kannattava, turvallinen, prosessiteknisesti onnistunut sekä käyttäystavallinen kokonaisuus.



**Kuva 1. Putkistosuunnittelun vaiheet**

Kuvassa 1 esitetään tyypillisen putkistoprojektin työn kulku. Lähtötiedoissa asiakkaalta saadaan tarvittava kuvaus prosessista ja projektin tavoitteista. Esisuunnitteluvaiheessa määritellään alustavat putkiluokat, alue- ja laitoslayout, alustava kannakesuunnitelma, putkireittivaraukset sekä tarvittavat varuste- tai laitesuunnitelmat.

Suunnitteluvaiheessa kootaan esisuunnittelun aikana kerätty tieto yhteen ja tehdään lopulliset mitoitusputkistolle, laitteistolle sekä kannakoinnille. Suunnittelun perusteella voidaan tehdä tarvittavat piirustukset, kuten PI-kaavio, 1-viivapiirustus, isometrit, 2d- ja 3d-piirustukset ja rakennustehtäväpiirustukset.

Koko putkistosuunnittelun aikana kerätty tieto kasataan lopuksi yhteen ja luovutetaan asiakkaalle.

## **2.1. Putkistoluokat**

Putkiluokalla tarkoitetaan yleensä yhdenmukaista käytäntöä valita putkiston osien materiaalit, mitat ja paksuudet käyttökohdetta varten. Putkiluokissa pyritään aina käyttämään kansainvälisiä standardeja parhaimman yhteensopivuuden saavuttamiseksi.

Putkiluokka valitaan usein virtaavan aineen perusteella, joten vaatimukset materiaalin, paineen- ja lämpötilakeston suhteen ovat samanlaiset. Putkiluokka voidaan myös valita perusmateriaalin ja sen paineluokan mukaisesti. Tällöin mitoitetaan kaikki putkiston komponentit kestämään tietyn verran ylipainetta halutussa lämpötilassa.

Putkistot, putkistojen varusteet sekä paineluokat on standardoitu kansainvälisten standardien pohjalta PSK-putkiluokiksi. Putkien paineenkestosta puhuttaessa käytetään PN-luokitusta, joka kuvaa putkiston sisäistä ylipainetta bar-yksikköinä. PSK-putkiluokat löytyvät PSK 4200-sarjan standardista. /6/

Putkistot voidaan jakaa käyttökohteiden perusteella omiksi eri osa-alueikseen:

- lämmitys ja ilmastointi
- kylmätekniiset putkistot
- kaasuputkistot
- hydraulikkaputkistot
- ydinvoimaloiden putkistot
- kunnallistekniiset putkistot
- höyryputkistot
- vaarallisten aineiden putkistot. /4/, /6/

Eri käyttökohteet vaativat kohteeseen soveltuvan materiaalin putkistoa varten, joten putkistot voidaan jakaa käytettyjen putkimateriaalien perusteella seuraavasti:

- austeniittiset ja ferriittiset teräkset
- seostetut hiiliteräkset
- muovit
- muut materiaalit, esimerkiksi alumiini, titaani ja nikkelseokset. /4/, /6/

Teräsputkistot ovat tällä hetkellä eniten käytetty materiaali putkistoissa. Teräksestä valmistettujen putkien hyviin ominaisuuksiin kuuluu lujuus, kylmä,- ja korroosiokestävyys, muovattavuus sekä hitsattavuus. Huonoja puolia teräsputkistoissa ovat sen paino sekä korkea hinta.

Muoviputkistot ovat yleistyneet teollisuuden ja kunnallistekniikan alueilla. Muoviputkisto on hyvä ratkaisu esimerkiksi matalapaineiseen järjestelmään, jossa ei vaadita korkeaa lujuutta. Muovin hyviin ominaisuuksiin kuuluu keveys, hyvä kemiallinen kestävyys, alhainen kitkakerroin, helppo asennettavuus sekä edullinen hinta. Huonoja ominaisuuksia vastaavasti ovat matala paineenkestävyys, heikko lujuus sekä huono korkeiden lämpötilojen kesto.

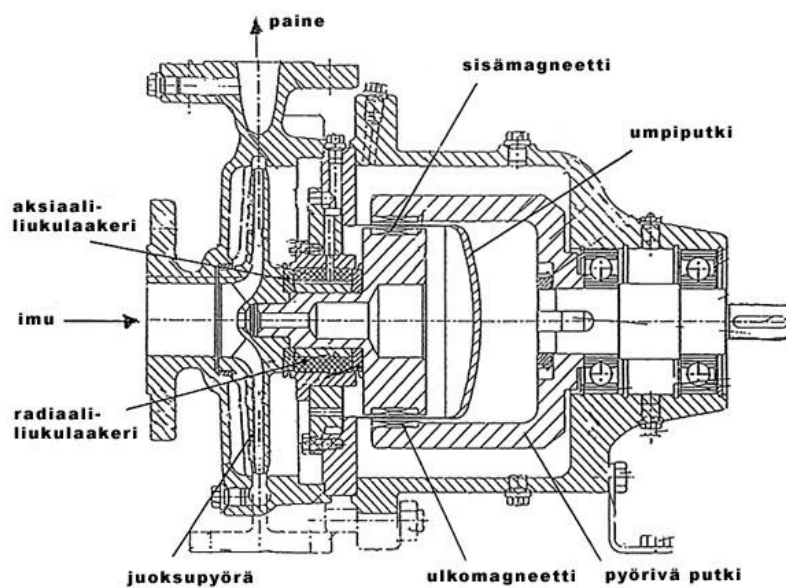
## 2.2. Pumput

Pumpun tehtävänä on siirtää fyysisen tai mekaanisen energian avulla nestettä haluttuun paikkaan. Pumput voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: keskipakopumput ja syrjäytyspumput.

Keskipakopumpussa on pumppauselimen juoksupyörän ja pesän välissä selvä käyntivällys, minkä ansiosta rakenne on edullinen. Kiertovoima vedelle syntyy, kun sähkömoottori pyörittää juoksupyörää. Vesi kiertää juoksupyörän aiheuttaman alipaineen voimalla imupuolelta juoksupyörän keskiöön, josta pyörimisliike vie sen edelleen painepuolelle. /4/

Syrjäytyspumput on juoksupyörän ja pesän välissä niin pieni vällys, että pumpattavan nesteen täytyy voidella juoksupyörän ja pesän välissä oleva pinta. Kuluttava virtausaine kuluttaa juoksupyörää ja pesää. Syrjäytyspumput toiminta perustuu siihen, että syrjäytyselin syrjäyttää pesässä olevan nesteen paineistettuun poistoputkeen. /4/

Kuvassa 2 on esitetty keskipakopumput leikkauskuva, jossa näkyy pumpun olennaiset osat, kuten juoksupyörä, laakerointi sekä imu- ja paineliitynnät.



**Kuva 2. Keskipakopumput leikkaus /11/**

Pumpun valinnassa täytyy ottaa huomioon ainakin seuraavat ominaisuudet:

- pumppausominaisuudet
- juoksupyörän luokka
- tiivistys
- materiaalit
- laakerointi
- paineluokka
- asennustapa
- standardit.

Keskipako- ja syrjäytyspumppuja on saatavilla avoimella sekä suljetulla juoksupyörällä. Suljetut juoksupyörät soveltuvat puhtaille sekä isoja kiintokappaleita sisältäville nesteille. Avoin, täysin avoin tai puoliavoin juoksupyörä sopivat kuluttaville nesteille. /4/

Pumppujen akselit voivat olla joko tiivisteellisiä tai tiivisteettömiä. Tiivistystapa on huomioitava varsinkin kuluttavia nesteitä pumpattaessa. Yleisiä tiivistystapoja ovat punos- ja liukurengastiivisteet. /4/

Pumpattavan nesteen koskettava materiaali asettaa vaatimuksia pumpun pesän rakenteelle. Materiaalit voidaan jakaa ominaisuuksiltaan metallisiin, muovisiin, kumisiin sekä keraamisiin aineisiin. Käytännössä metallisille materiaaleille riittää yksinkertainen pesä, mutta erikoisemmat materiaalit vaativat kaksinkertaisen pesän. /4/

Pumput voidaan jakaa laakeroinnin perusteella kahteen luokkaan: oma laakerointi tai käyttömoottorin laakerointi. Laakerointitapoja ovat vierintä- ja liukulaakerointi. Vierintälaakerit voidellaan yleensä rasva- ja öljyvoitelulla tai öljykylpyvoitelulla. Liukulaakerit voidellaan ulkopuolisella voiteluaineella tai pumpattavalla nesteellä. /4/

Pumpun asennustapa on otettava huomioon jo ennen varsinaisen suunnittelutyön aloitusta. Vaaka-asenteiset pumput vaativat myös oman petinsä mihin se asennetaan. Käytännössä pumppu asennetaan valetulle tai teräksiselle perustuslevylle.

Keskipakopumpuille löytyy useita erilaisia standardeja joiden mukaan ne suunnitellaan ja valmistetaan:

- Mitoitus: ISO 2858
- Rakenne: ISO 5199
- Testaus: ISO 9906
- Turvallisuus: EN 809, EN 292-1 & EN 292-2

### **2.3. Kannakointi**

Putkistojen kannakesuunnittelu on tärkeä osa putkistojen kokonaissuunnittelua. Hyvin suunniteltu kannatus estää putkistovaurioita, lisää putkistojen elinikää sekä on esteettisesti hyvin toteutettu.

Kannatuksia suunniteltaessa pitäisi pyrkiä käyttämään hyväksi jo olemassa olevia teräsrakenteita mahdollisimman paljon. Suunnitteluvaiheessa tulee myös ottaa huomioon rakenteiden kestävyys ja tehdä tarvittavat lujuuslaskelmat.

Putkistojen kannatus rakentuu primäärikannakkeesta sekä sekundäärikannakkeesta.

Primäärikannake on osa, joka on suoraan kosketuksessa putkistoon. Yleensä primäärikannake on samaa materiaalia kuin itse putkisto korroosion ehkäisemiseksi. Primäärikannakkeet ovat standardoitu Suomessa SFS-käsikirjassa 107. /4/

Sekundäärikannake on esimerkiksi putkisilta, jonka päällä primäärikannake pitää putkistoa paikallaan. Sekundäärikannakkeiden materiaaleina käytetään yleensä muototeräksiä, kuten RHS, HEA, U- ja L-teräksiä.

Kannatus ottaa putkiston oman painon lisäksi vastaan myös putkiston käytöstä aiheutuvia voimia, kuten paineiskuja, lämpölaajenemista, värähtelyjä sekä tuuli- ja lumikuormia. Putkistossa ympäristöään lämpimämpi virtaava aine aiheuttaa lämpölaajennuksia ja liikkeitä. Lämpöliikkeitä pyritään kompensoimalla putkiston suunnanmuutoksilla, paisuntalenkeillä, tasaimilla sekä jousi-, ja vakiovoimakannakkeilla. /4/, /6/



**Kuva 3. Yleisiä kannakkeita /9/**

Kuvassa 3 on esitetty yleisimpiä primäärikannakkeita joita ovat riippu-, liuku-, ohjauspiste-, kiintopiste-, sekä jousikannakkeet. Sekundäärikannakkeiden tyyppi on täysin riippuvainen työkohteesta, joten niiden yleisintä tyyppiä on hankala jaotella. Erilaiset putkipalkeista tehdyt ratkaisut voidaan mainita ehkäpä yleisimpänä kannaketyyppinä. /4/

## 2.4. Piirustustuotanto

Putkistosuunnittelun tuotoksena saatava piirustustuotanto koostuu seuraavista piirroksista:

- PI-kaavio
- 1-viivapiirustus
- Isometrit
- 2D- ja 3D-piirustukset
- Rakennustehtäväpiirustukset

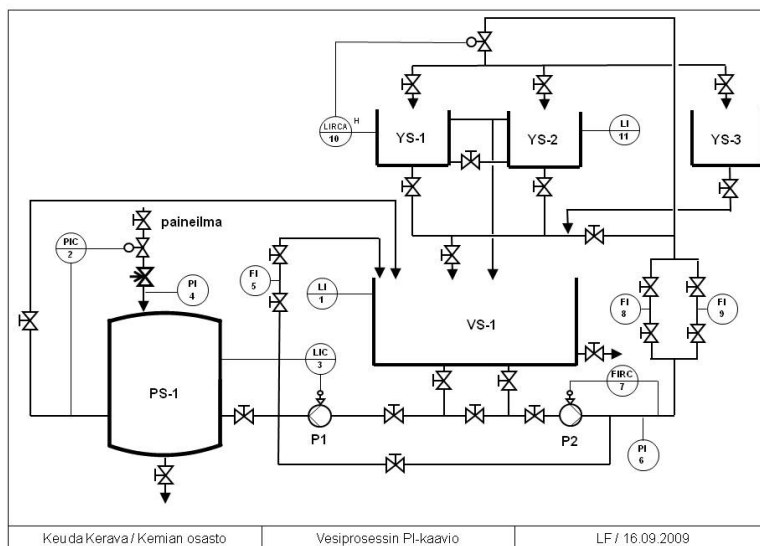
### 2.4.1. PI-kaavio

PI-kaavion, eli prosessin instrumentointikaavion tarkoituksena on esittää tiedot prosessin teknillisistä ratkaisuista ja antaa perustiedot putki-, instrumentointi-, ja asennuspiirustusten laatimista varten. Kaavio määrittelee laitteiston toimintaperiaatteen, mutta ei niiden rakennetta.

PI-kaavioon liittyvät standardit:

- PI-kaavio: SFS 4285
- Instrumentoinnin piirrosmerkit: SFS 4103 ja SFS 5018
- Virtaavien aineiden nimet: PSK 0902 /6/

PI-kaaviossa nimetään putkilinjat ja esitetään putkilinjan tiedot, josta käy ilmi putken numero, virtaava aine, putken koko ja putkiluokka. Kaaviossa esitetään myös kaikki venttiilit ja niiden tunnukset sekä virtauksen suunta.



**Kuva 4. PI-kaavio /3/**

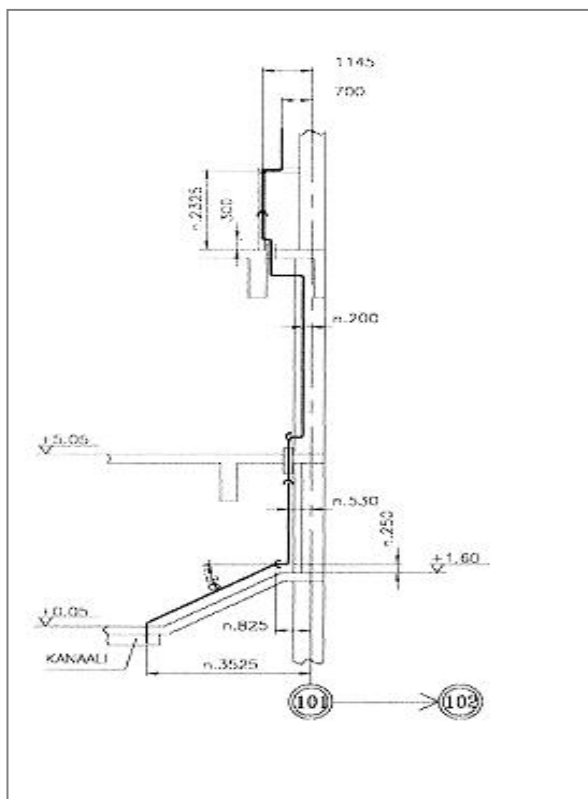
Kuvassa 4 on esitetty esimerkkinä miltä PI-kaavio näyttää. Merkkien selityksen löytävät standardeista.



## 2.4.2. 1-viivapiirros

1-viivapiirustus on yksinkertaistettu putkipiirustus, jota käytetään putkireittien, putkisiltojen ja ilmastointikanavien esisuunnitteluun. Putkisto piirretään kokonaisuudessaan yhdellä paksulla viivalla, joka symboloi keskiviivaa. Avoimella ympyrällä kuvataan päästä kääntyvää putkea.

Piirustukseen merkitään putkilinjojen numerot, mutta ei osaluetteloa. 1-viivapiirustusta käytetään usein pienissä putkistoissa työkuvinä.



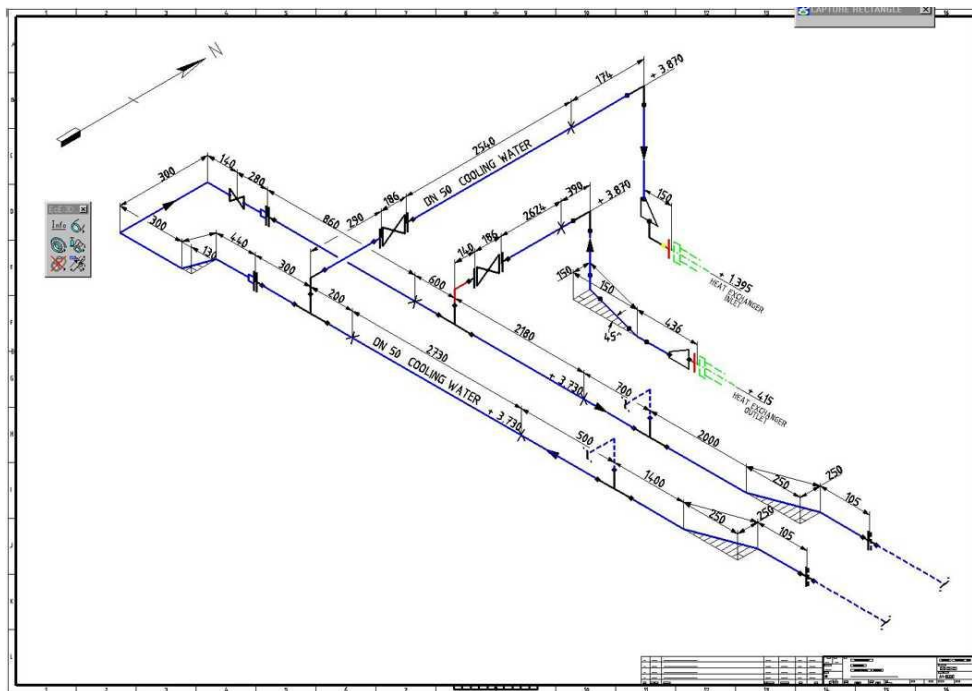
**Kuva 5. 1-viivapiirustus /6/**

### 2.4.3. Isometripiirustus

Isometripiirustukset voidaan ryhmitellä kolmeen eri luokkaan. Alueisometrissa esitetään alueen kaikki putkistot, ryhmäisometrissa tietyn alueen tai prosessivaiheen putkistot ja linjaisometrissä yhden putkilinjan isometri. /6/

Isometriisiin kuviin merkitään kaikki putkistoon ja sen osiin liittyvät asiat, kuten liitokset, pumput, venttiilit, kannatukset ja putkistomerkinnot. Pystysuora siirtymä merkataan tavanomaisesta mitoitustavasta poiketen korkomerkinällä ja vaakasuora siirtymä tavallisella mitoitustavalla.

Putkistoisometrit saadaan tehtyä nykyaikana suhteellisen helposti suunnitteluohjelman 3d-mallista.



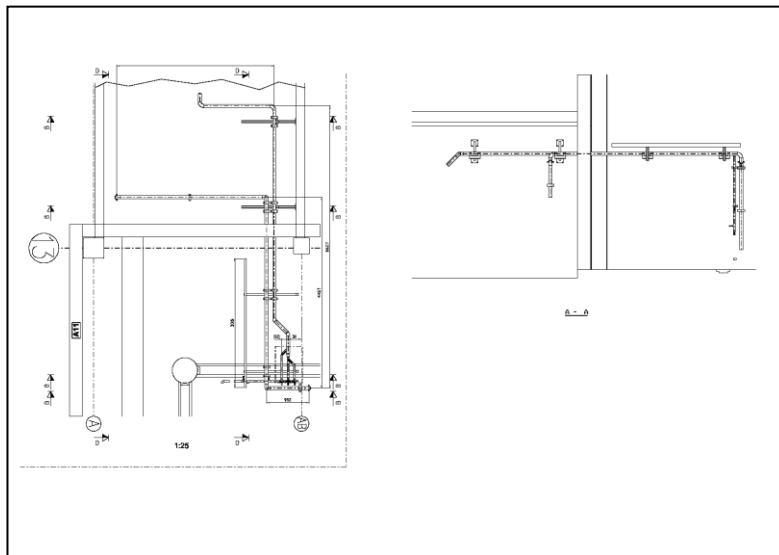
**Kuva 6. Putkiston isometripiirros /6/**

#### 2.4.4. 3D- ja 2D-piirustukset

3D-mallit tehdään aina 1:1 mittasuhteessa ja nykyaikaisilla suunnitteluohjelmistoilla niistä voidaan luoda helposti myös tavalliset 2D-piirustukset. Piirustuksen taustalla on aina työkohteen layout, missä on kuvattuna prosessin laitteet, pilarit, hoitotasot ja muut tilaa vievät esineet.

Putkistot jaetaan 2D-kuvissa karkeasti prosessi-, palvelu- ja paloputkistoihin. Prosessiputkistoihin kuuluvat prosessin vaatimat putkistot, palveluputkistot ovat esimerkiksi paineilmaa tai käyttövettä varten ja paloputkistot ovat sprinklereitä ja paloposteja varten.

Piirroksiin tulee merkitä tarpeelliset tiedot niin hyvin, että lähes kuka tahansa pystyisi kertomaan oleelliset asiat piirroksen putkistosta ja asentamaan sen. 2D-piirustuksissa putkisto on mitoitettu, siitä on otettu tarpeeksi osasuurennoksia, leikkauskuvia ja siinä on mukana osaluettelo. Kannakekuvat ovat yleensä erikseen, jotta työkuvat pysyisivät siisteinä.



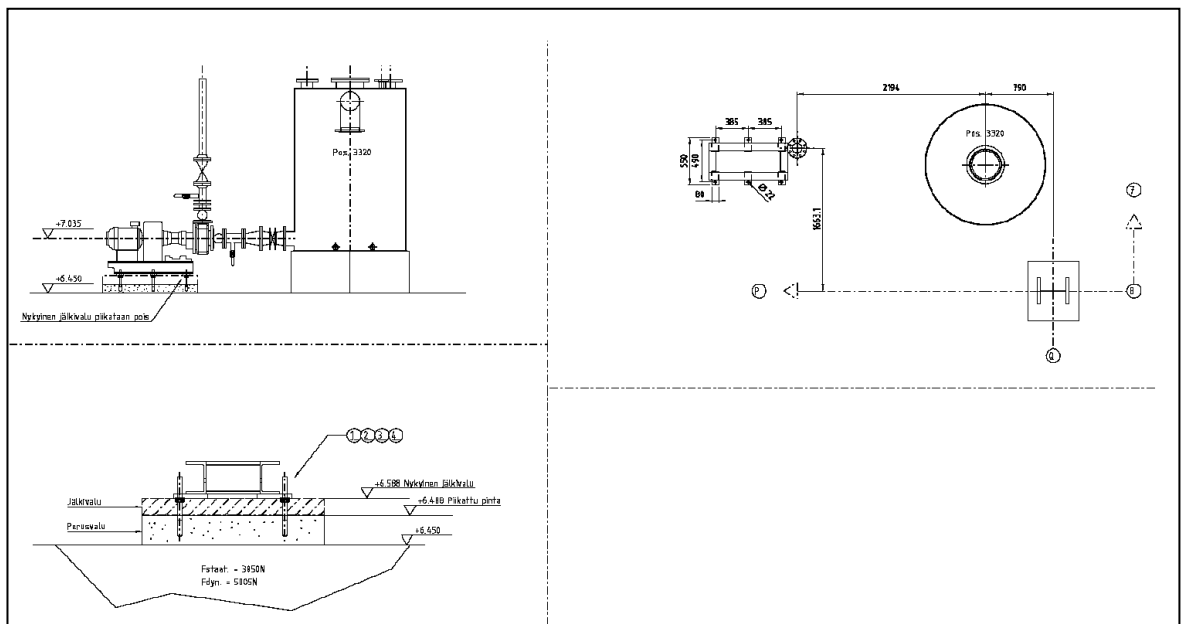
**Kuva 7. 2D-piirustus /6/**

## 2.4.5. Rakennustehtäväpiirustus

Rakennustehtäväpiirustus tehdään suoraan laiteasentajille asennusta varten tai rakennuspuolelle lähtötiedoiksi rakennustöiden työkuvia varten. Rakennustehtäväpiirroksien on standardoitu SFS 4965 standardissa. /6/

Rakennustehtäväpiirroksessa esitetään laitteen sijoitus mittapisteestä tai pilarilinjoista, perustuksiin kohdistuva staattinen ja dynaaminen kuormitus, mitat, korot ja liittyvät piirustukset. /6/

Rakennustehtäväpiirroksia tehdään usein esimerkiksi pumppuja varten tehtävästä pedistä. Piirroksen täytyy olla niin selkeä, että laiteasentajat voivat käyttää sitä suoraan apuna rakennustehtävässä.



**Kuva 8. Rakennustehtäväpiirros /6/**

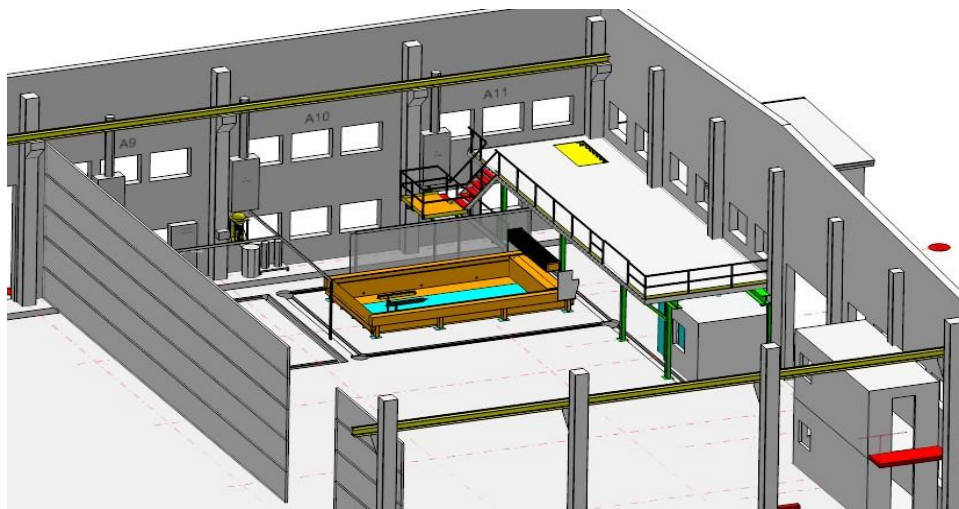
### 3. ESISUUNNITTELU

Vesileikkausaltaan vettä pumpataan nykyisellään alitehoisella kalvopumpulla ja se jättää suurimman osan lietteestä altaan pohjalle makaamaan. Pumppausreittiä voidaan muuttaa suoraviivaisemmaksi ja tehokkaammaksi uusilla putkistoilla sekä pumpuilla. Vaatimuksena on pumpata abrasiiviliete altaasta abrasiivikonttiin, josta vesi pumpataan ylijuoksutuksen kautta paluupumpulla takaisin vesileikkausaltaaseen.

Abrasiivikontin suunnittelun sekä ylijuoksutuksen takia abrasiiviliete jää kontin pohjalle ja puhtaampi vesi palaa kiertoon. Tämän ansiosta tuotantoa ei pidä pysäyttää kokonaiseksi päiväksi kerran kuukaudessa vesileikkausaltaan puhdistuksen takia.

Promote Oy antoi paljon taustatietoja UltraCutin hallista valo- ja CAD-kuvien sekä 3D-tilavuusmallien muodossa. Tilavuusmallien avulla uuden putkiston reitti pystytään suunnittelemaan ilman, että hallissa vieraileminen olisi välttämätöntä.

3d-mallista löytyvät hoitotasot, pilarilinjat sekä leikkauspöytien mallit oikeista paikoista ja todellisilla mitoilla. Navigoiminen mallin sisällä helpottuu huomattavasti, jos pitää näkyvillä vain oleelliset asiat. Esimerkiksi kuvasta 9 on poistettu hallin katto ja osa laitteista.



**Kuva 9. Vesileikkauspöytä ja halli**

### 3.1. Pumpun alustava määrittely

Vesileikkausaltaan pumppu on nykyisellään Sulzerin valmistama ilmanpaineella toimiva kalvopumppu. Opinnäytetyössä kartoitetaan vaihtoehtoinen ratkaisu nykyiselle alitehoiselle pumpulle.

Abrasiiviliete on luonteeltaan kuluttavaa virtausta, joka täytyy ottaa huomioon pumppua alustavasti määriteltäessä. Kuluttava virtausaine kuluttaa juoksupyörää, pesää sekä vaatii käyttöakselille asianmukaisen tiivistyksen. Täten pumpussa on oltava yksinkertainen pesä sekä avoin tai puoliavoin juoksupyörä.

Laakerointitavalla ei tässä tapauksessa ole niin suurta painoarvoa, sillä pumppu tulee sisätiloihin eikä altistu suurelle määrällä likaa tai muita epäpuhtauksia. Käytännössä mikä tahansa laakerointitapa on sopiva tähän käyttökohteeseen. Vesileikkausaltaan sisälle ei voida asentaa uppo- tai kuiva-asenteista pumppua ollenkaan, joten pumppu täytyy olla vaaka-asentoon asennettavaa mallia.

Näiden esisuunnittelutietojen pohjalta voidaan koota pumpulle asetettavat vaatimukset ennen tarkempaa mitoitusta ja tarjouskyselyä:

- Pumpun tyyppi on keskipakopumppu.
- Pumpun täytyy soveltua lietteiden pumppaukseen.
- Juoksupyörän on oltava mallia avoin tai puoliavoin.
- Pumpun akselilla on oltava tiivistys.
- Laakerointi voi olla pumpun oma tai käyttömoottorin.
- Pesän tyyppi on yksinkertainen.
- Pumppu on vaaka-asennettava.

### 3.2. Putkiluokkien määrittely

UltraCutilta tuli ehdotus tarkastella vaihtoehtoisia materiaaleja putkistolle teräksen lisäksi. UltraCutilla on tällä hetkellä putkistot suurimmaksi osaksi teräksestä valmistettuja, mutta teräs on suhteellisen kallis raaka-aine sekä kallis asentaa.

Promote Oy:ltä ehdotettiin tutustumaan vaasalaisen KWH Pipe –yrityksen valmistamiin muoviputkistoihin. Idea on hyvä jo sen takia, että yritys sijaitsee lähellä UltraCutia, joten toimitus on nopeaa ja mahdollinen yhteydenpito jälkeenkäinkin on helppoa.

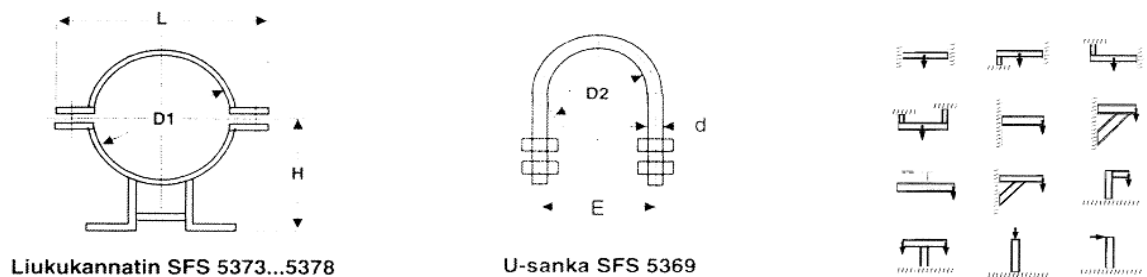
KWH Pipen putkivalikoimasta sopivin vaihtoehto on PN 10-luokan Wehopipe-sarja, joka soveltuu paineviemäriin ja teollisuuden prosessiputkistoihin. Wehopipe-putket valmistetaan polyeteenistä (PE). PN 10-paineluokka on käytännössä täysin riittävä abrasiivilietteen siirtoon, sillä järjestelmä ei tule olemaan korkeapaineinen ja putkilinjassa ei ole paineistettuja säiliöitä. /5/

KWH Pipen muoviputket vaikuttavat putkistolle sopivilta, joten Wehopipe-sarja valitaan alustavaksi putkistoksi. Tarkemmat virtaustekniset mitoitusvaatimukset suoritetaan suunnitteluvaiheessa.

Muoviputkisto voidaan asentaa pusku- tai sähköhitsaamalla, laippaliitoksella tai liitinliitoksella.

### 3.3. Alustava kannakesuunnittelu

UltraCutin putkistoissa on käytetty kannakkeina liukukannakkeita, koska suurin osa putkistoista on terästä. Alustavassa putkistovalinnassa putken materiaali on muovia, joten liukukannake ei ole sopivin vaihtoehto. Hyvä kannaketyyppi suhteellisen ohuelle sisätiloihin tulevalle muoviputkistolle on u-sanka (SFS 5369). U-sanka kiinnitetään suoraan sekundäärikannakkeeseen m-kierteisillä pulteilla.



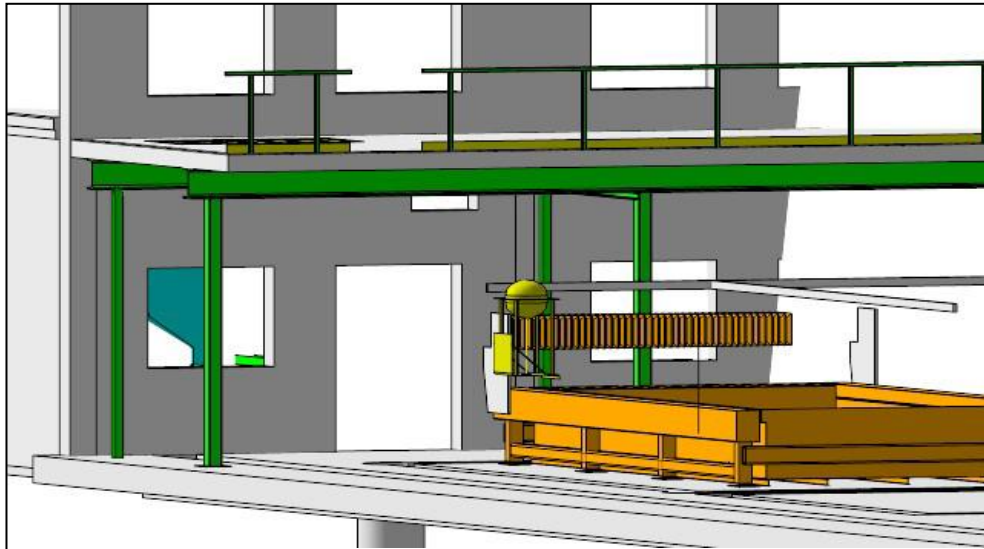
**Kuva 10. Primääri- ja sekundäärikannakkeita /6/**

Kuvassa 10 on esitetty primäärikannakkeiden lisäksi erilaisia vaihtoehtoja sekundäärikannakkeille. Sekundäärikannakkeita ei ole juuri standardoitu, koska monesti eri putkistokokonaisuuksien kannakkeet tehdään työkohteen mukaan.

Alustavan primäärikannatuksen valinnan jälkeen täytyy tarkastella miten putkiston sekundäärikannatus voidaan toteuttaa vesileikkausaltaan ja abrasiivikontin välillä.

Kuvassa 11 on esitetty vesileikkausaltaan ja abrasiivikontin välillä oleva parveke, joka on kiinnitetty lattiaan 150x150x6 putkipalkeilla. Putkipalkkien päällä on HEB 300-palkit, jotka kannattelevat itse parvekettä. Alustavan putkistoreitin mukaan putkisto tulee kulkemaan parvekkeen alapuolelta, joten sekundäärikannakkeet voisi kiinnittää parvekkeen alapuolella oleviin palkkeihin kiinni.





**Kuva 11. Parvekkeen palkit**

Abrasiivikontin huoneessa ei ole mitään palkkirakennelmia, joten ainoa vaihtoehto on suunnitella seinään kiinnitettävä sekundääriskannake, jonka varassa putkisto tulee kulkemaan.

Kannakkeeksi soveltuu esimerkiksi ohuet putkipalkit, jotka hitsataan kiinni seinälle porattaviin laattoihin.

## 4. SUUNNITTELU

Suunnitteluvaiheessa kootaan perussuunnittelussa kerätty tieto yhteen ja mitoitetaan tarvittavat varusteet. Aineiston avulla pyydetään putkistolle varusteineen tarjoukset eri toimittajilta hankintaa ja asennusta varten.

### 4.1. Pumppujen mitoittaminen

Pumppujen mitoittamisen tärkein tavoite oli saada valittua abrasiivilietteelle soveltuva kokonaisuus. Abrasiivia saa olla maksimissaan 5% veden seassa, koska muuten tukkiutuvat putket aiheuttavat ongelmia ja imuteho laskee liian huonoksi.

Lähtökohtana lasketaan tarvittava imunopeus vesileikkausaltaasta, jotta päästään ihanteelliseen 1 - 5%:n abrasiivipitoisuuteen. Abrasiivilla leikatessa hiekkaa tulee suutimista yhteensä 300 grammaa minuutissa ja vesileikkausaltaassa on 18 000 litraa vettä, joten tunnissa altaaseen jää 18 kilogrammaa hiekkaa.

Abrasiivivettä pitää pumpata tarvittavalla nopeudella, jotta päästäisiin ihanteelliseen veden ja hiekan sekoitussuhteeseen. 300 l/min pumppausnopeudella päästään 1 gramma per pumpattu litra -suhteeseen, joka tarkoittaa 1%:n abrasiivipitoisuutta.

Seuraavaksi tarkastelun kohteeksi tulee pumpun nostokorkeus. Keskipakopumpun nostokorkeus vakionopeudella pienenee, kun tilavuusvirta kasvaa. Pumpun tehontarve, hyötysuhde ja  $NPSH_R$  (Net Positive Suction Head Required) riippuvat täten pumpun tilavuusvirrasta. /1/

$NPSH_R$ -arvolla tarkoitetaan tarvittavaa nesten painetta pumpun imupuolella kavitaation ehkäisemiseksi. Kavitaatio tarkoittaa virtaavan aineen kiehumista paineen alenemisen vuoksi ja tämä aiheuttaa helposti vaurioita putkistoissa ja pumpuissa. Pumppujen valmistajat ilmoittavat tuoton, tehon, hyötysuhteen sekä  $NPSH_R$ -arvon pumpun omassa ominaiskäyrästössä. /1/

Tätä ennen täytyy laskea käytettävissä oleva  $NPSH_{AV}$  (Net Positive Suction Head Available) suunniteltavalle putkistokokonaisuudelle.  $NPSH_{AV}$ -arvo ilmoitetaan pumpun imuaukon keskilinjalla juuri ennen juoksupyörää. Kaikissa tapauksista  $NPSH_{AV}$  täytyy olla suurempi tai yhtä suuri kuin vaadittu  $NPSH_R$ . /1/

Käytettävissä oleva  $NPSH_{AV}$  määritellään seuraavasti: /1/

missä

$p_e$  on säiliön staattinen paine,  $[p_e] = \text{bar}$

$p_b$  on ilmakehän paine,  $[p_b] = \text{bar}$

$p_D$  on höyrystymispaine,  $[p_D] = \text{bar}$

$\rho$  on virtaavan aineen tiheys,  $[\rho] = \text{kg/m}^3$

$v$  on virtaavan aineen nopeus imusäiliössä,  $[v] = \text{m/s}$

$g$  on putoamiskiihtyvyys,  $[g] = \text{m/s}^2$

$H_V$  on painehäviö

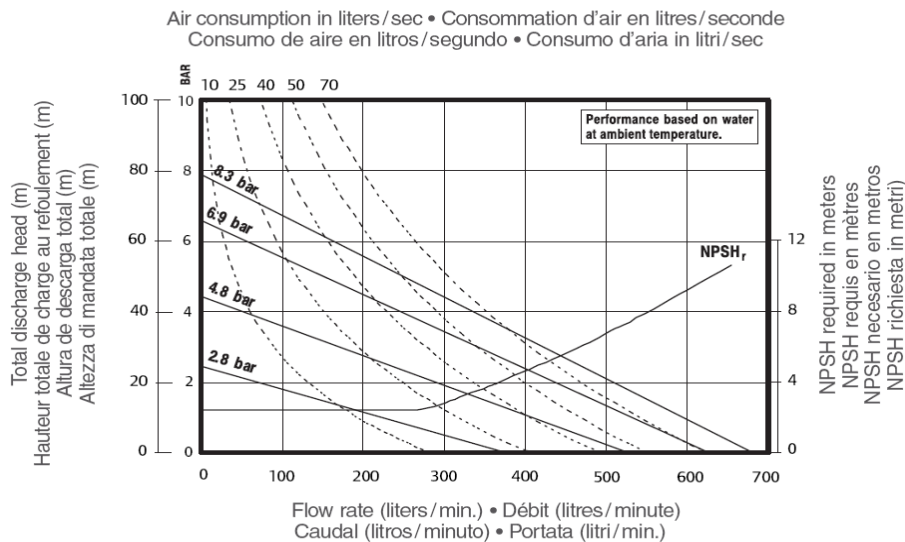
$H_{geo}$  on imu- ja painepuolen nestepintojen korkeusero

Tässä tapauksessa höyrystymispaine on 0 bar, ilmakehän paine on vakio, avonaisen altaan staattinen paine on 0 bar, ja nopeuskorkeus säiliössä on 0 m/s, joten kaava voidaan yksinkertaistaa muotoon

Tätä arvoa verrataan valmistajan antamaan pumpun ominaiskäyrän vaadittuun  $NPSH_R$ -lukuun.

Pumpun ominaiskäyrästä saadaan myös selvitettyä pumpun vaatima teho, tarvittava pyörimisnopeus, juoksupyörän halkaisija sekä pumpun hyötysuhde. Kuvaajasta voidaan rajata näiden parametrien avulla paras toimintapiste, eli BEP (Best Efficiency Point).

Pumpun toiminta pyritään saamaan vähintään yli 50%:n tasolle, jossa kaikki pumpulle asetettavat vaatimukset täyttyvät parhaimmalla mahdollisella hyötysuhteella. Kuvassa 12 on esitetty pumpun ominaiskäyrä, jossa on kuvattuna  $NPSH_R$ , tuotto, ilmankulutus sekä nostokorkeus.



**Kuva 12. Esimerkki pumpun ominaiskäyrästä /8/**

## 4.2. Putkistojen mitoittaminen

Suosittelava virtausnopeus teollisuuden vesiputkistoille on 1 – 2,0 m/s. Vesileikkausaltaan tilavuus on 18m<sup>3</sup>, joten tilavuusvirraksi saadaan 0,005 m<sup>3</sup>/s. Näiden tietojen perusteella lasketaan kaavalla 2 putken sisähalkaisija. /4/

—  
—

missä

$d_s$  on putken sisähalkaisija, [d<sub>s</sub>] = m

$V$  on tilavuusvirta, [V] = m<sup>3</sup>/s

$w_s$  on suositeltava virtausnopeus, [w<sub>s</sub>] = m/s

Tästä saadaan putken halkaisijaksi

—————  
—————

Lasketulle halkaisijalle haetaan sopivin DN-koko SFS 2332 standardista. Putkeksi valitaan DN 50, jonka ulkohalkaisija on 63 mm. Alustavassa putkiluokkamäärittelyssä putkistoksi valittiin KWH Popen Wehopipe-sarja, joten valitaan tuotakatalogista putki kokoa DN 50, jonka sisähalkaisija on 55,4 mm. /5/

Seuraavaksi lasketaan virtausnopeus valitulla putkella. /4/

—

missä

$w$  on virtausnopeus,  $[w] = \text{m/s}$

$d$  on putken sisähalkaisija,  $[d] = \text{m}$

$V$  on tilavuusvirta,  $[V] = \text{m}^3/\text{s}$

Virtausnopeudeksi DN 50 putkelle saadaan

—————

Viskositeetti on virtaavan aineen sisäisen kitkan mitta. Suuri viskositeetti tarkoittaa sakeajuoksuista ja pieni viskositeetti ohutjuoksuista ainetta. Lasketaan kinemaattinen viskositeetti dynaamisen viskositeetin ja veden tiheyden perusteella. Veden dynaaminen viskositeetti on  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ . /4/

—

missä

$\nu$  on kinemaattinen viskositeetti,  $[\nu] = \text{m}^2/\text{s}$

$\eta$  on dynaaminen viskositeetti,  $[\eta] = \text{Pa} \cdot \text{s}$

$\rho$  on aineen tiheys,  $[\rho] = \text{kg}/\text{m}^3$

Kinemaattiseksi viskositeetiksi saadaan

---

Reynoldsin luvun avulla määritetään virtauksen luonne putkistossa. Turbulenttinen virtaus on pyörteistä virtausta, jossa virtausaine sekoittuu putkistossa. Tämä on hyvä asia abrasiivia kuljettavan putkiston kannalta. Laminaarinen virtaus tarkoittaa pyörteetöntä virtausta, jossa virtaavat aineet eivät sekoitu keskenään. /4/

---

Virtaus on turbulenttista, sillä Reynoldsin luku on yli 2000. Virtaus olisi laminaarista, jos Reynoldsin luku olisi alle 2000.

Reynoldsin luvun sekä putken sisähalkaisijan ja pinnankarheuden suhdeluvun avulla katsotaan vastuskertoimen arvo. Muoviputken pinnan karheudeksi arvioidaan  $k = 0,1 \text{ mm}$ . /4/

---

Moodyn käyrästä liitteestä 2. katsotaan suhdeluvun 554 ja Reynoldsin luvun 114910 avulla vastuskertoimen  $\lambda$  arvo, joka on 0,024.

Putkistoissa on erilaisia rakenneosia jotka aiheuttavat painehäviötä, kuten esimerkiksi venttiilit tai käyrät. Rakenneosien painehäviön suuruutta merkitään kertavastuskertoimella  $\zeta$ .

Seuraavaksi lasketaan yhteen putken osien ja varusteiden kertavastukset. /4/

90° käyriä 4 kappaletta:  $\zeta = 1,2$

Säätöventtiili:  $\zeta = 2,3$

Haaroitus:  $\zeta = 1$

Yhteensä  $\Sigma \zeta = 4,5$

Putken osien kertavastusten summa voidaan lausua ekvivalenttisenä putken pituutena. /4/

---

missä

$L'$  on putkiston ekvivalenttinen pituus,  $[L'] = m$

$\Sigma \zeta$  on putkiston kertavastusten summa

$d_s$  on putken sisähalkaisija,  $[d_s] = m$

$\lambda$  on putkiston vastuskertoimen arvo

---

Näiden tietojen avulla voidaan määrittää koko putkiston kokonaispainehäviö. /4/

---

missä

$\Delta p_{vkok}$  on putkiston kokonaispainehäviö,  $[\Delta p_{vkok}] = bar$

$\lambda$  on putkiston vastuskertoimen arvo

$\Sigma L$  on putkiston pituus,  $[\Sigma L] = m$



$\Sigma L'$  on putkiston ekvivalenttinen pituus,  $[\Sigma L'] = m$

$d_s$  on putken sisähalkaisija,  $[d_s] = m$

$\rho$  on aineen tiheys,  $[\rho] = kg/m^3$

$w$  on virtausnopeus,  $[w] = m/s$



Vesileikkausaltaan vieressä olevan pumpun ja abrasiivikontin päälle tulevan putken välissä on korkeuseroa 2 metriä, mikä pitää ottaa huomioon kokonaispainetta laskiessa. Korkeuseron asemaenergia muuttuu paine-energiaksi, joten hydrostaattinen paine voidaan laskea 2 metrin korkeudelle. /4/

(9)

missä

$\rho_H$  on hydrostaattinen paine,  $[\rho_H] = bar$

$\rho$  on virtausaineen tiheys,  $[\rho] = kg/m^3$

$g$  on keskimääräinen putoamiskiihtyvyys,  $[g] = m/s^2$

$$* 2m = 0,196 \text{ bar}$$

Putkiston kokonaispaine saadaan vähentämällä käyttö- ja hydrostaattisen paineen summasta kokonaispainehäviö. /4/

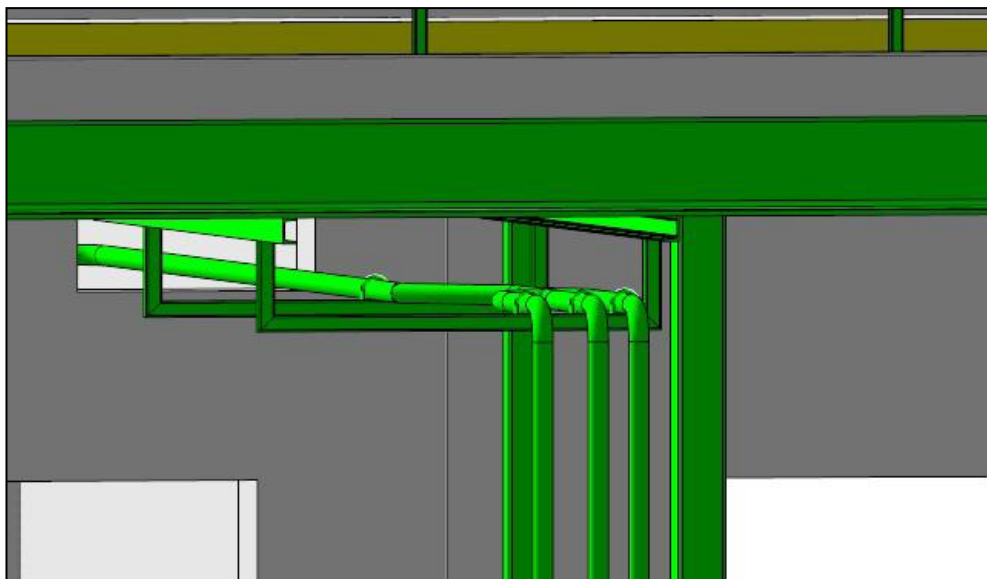
### 4.3. Kannakoinnin suunnittelu

Alustavassa kannakesuunnitelmassa muoviputkisto kiinnitetään vesileikkausaltaan vieressä olevan parvekkeen alapuolelle. Primäärikannakkeena tulee toimimaan u-sanka ja sekundaarikannakkeena putkipalkki, joka kiinnitetään parvekkeen alapuolella oleviin palkkirakenteisiin kiinni.

U-sangan kiinnitys sekundäärikannakkeeseen tapahtuu M12-kierteisillä pulteilla. Sankoja varten putkipalkkeihin täytyy tehdä rei'ät. Kuvassa 13 on havainnollistettu putken kiinnitys u-sangalla sekundäärikannakkeeseen.

Parvekkeen alapuolella on 80x45 kokoiset U-palkit, joihin voidaan kiinnittää putkipalkista tehty kannake hitsaamalla. Putkipalkista tehty kannatus on hieman järeä kannattelemaan pelkkiä muoviputkia, mutta kannakkeiden päälle tulee vielä muitakin putkia tulevaisuudessa.

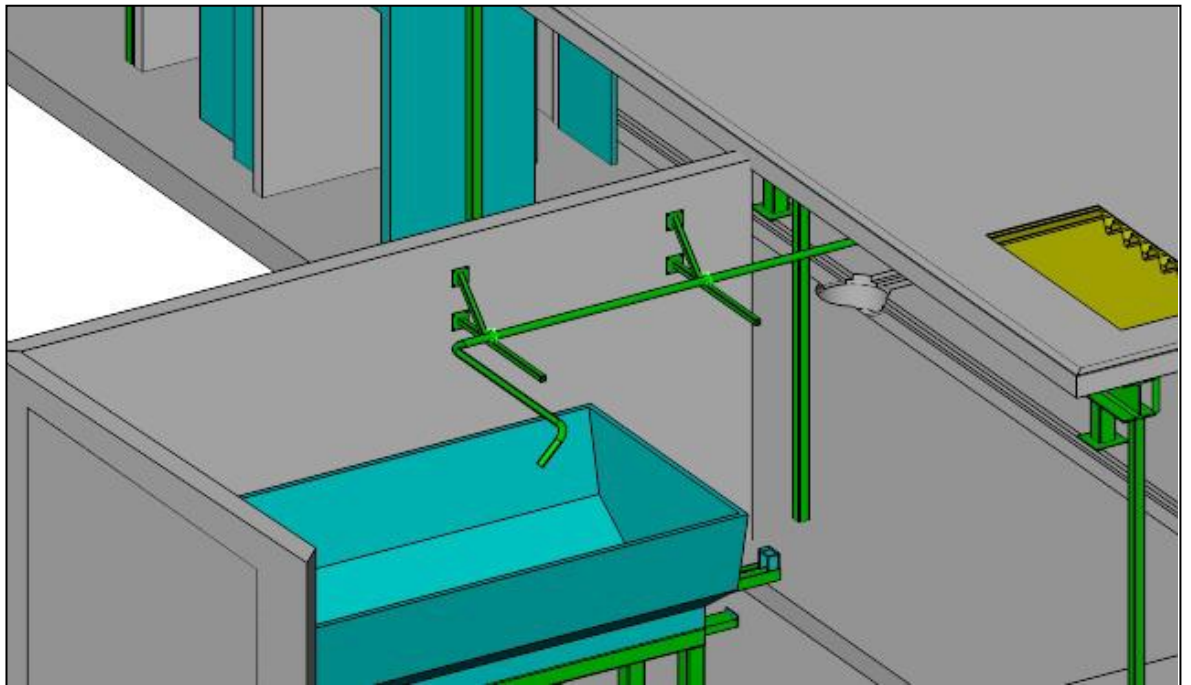
Putkipalkkien materiaaliksi kelpaa käytännössä mikä tahansa EN 10219-1 tai -2-standardin mukaan valmistettu putkipalkki. S355J2H, S275JR sekä S235 ovat hyvin yleisiä materiaaleja, joten valinta rajataan näihin.



**Kuva 13. Parvekkeen alapuolen kannakkeet**

Abrasiivihuoneessa ainoa mahdollinen kannakointitapa putkistolle on seinälle kiinnitettävät putkipalkeista tehdyt kannakkeet. Kuvassa 14 näkyy seinälle kiinnitettävä kannakointi. 100x100x3-kokoiset putkipalkit hitsataan kiinni toisiinsa ja päissä oleviin laattoihin kiinni. Tämän jälkeen kannakkeet pultataan seinään kiinni M12-kierteisillä pulteilla.

Kannakkeista tehdään tarkemmat työkuvat, joista selviää materiaalin tiedot, mitat sekä tarvittavat ohjeet asennusta varten.



**Kuva 14. Abrasiivihuoneen kannakkeet**

#### 4.4. Venttiilien valitseminen

Vesileikkausaltaasta lähteviin putkiliinjoihin asennetaan myös venttiilit säätelemään virtausta. Venttiilien valinnassa täytyy ottaa huomioon ainakin seuraavat asiat:

- tyyppi
- koko
- paine
- materiaali
- liitântätapa.

UltraCutilla on tällä hetkellä käytössä palloventtiileitä abrasiivilietteelle. Palloventtiilien etuihin kuuluvat pieni painehäviö, laajat painealueet sekä hyvä materiaalivalikoima. Haittoja taasen ovat paineiskujen mahdollisuus nopean avaamisen tai sulkemisen seurauksena sekä huono soveltuvuus tarkkaan virtauksen säätöön. /6/, /7/

Käsisäätöisten venttiilien koko määräytyy useimmiten itse putkiliinjaston koon mukaan. Usein säätöventtiili on hieman pienempää kokoa kuin putkistolinja sen takia, että virtausnopeus ei nousisi liian korkeaksi. /6/

Vettä on helppo hallita lähes minkälaisella venttiilillä tahansa, mutta toisaalta ilma, hapot ja kaasut vaativat tarkasti käyttötarkoitukseen soveltuvat venttiilit. Venttiilien materiaali valitaan yleensä putkistomateriaalin mukaan. Muovisia venttiileitä on myös olemassa, mutta teräksiset venttiilit ovat varmempi valinta tähän putkistoon. /6/

Venttiilit voidaan kiinnittää useammalla tavalla putkistolinjaan. Laippaliitos on vahva ja luja liitântätapa ja niitä tehdään ANSI- ja ISO-standardin mukaan. Laippaliitokset soveltuvat korkeamman paineluokan järjestelmiin. Laippaliitosten huoltotoimet ovat helppoja, koska tulitöitä ei tarvitse tehdä. Hitsausliitosta käytettäessä huoltotoimet ovat vaikeampia sekä hitsauspään ja putkiston seinämävahvuuden on sovittava yhteen. /6/

Laippaliitos on liian ylimitoitettu vaihtoehto abrasiiviputkistolle, joten kierreliitos olisi todennäköisesti parhain vaihtoehto. Kierreliitoksesta on kahta eri standardia: NPT (amerikkalainen) ja BSP (englantilainen).

BSP-kierretyyppi on yleinen Euroopassa ja liitos on joko suora (ISO228/1) tai kartio (ISO 7/1). Venttiilityypiksi valitaan teräksestä tehty palloventtiili DN50-kokoiselle putkijäljelle.  
/6/

#### **4.5. Positiointinumeroinnin päivittäminen**

Positionumerointi on yrityskohtainen tapa nimetä tehtaassa laitteet arkistointia ja hallintaa varten. Positionumero kertoo laitteen fyysisen sijainnin prosessissa.

Yleinen tapa merkitä laitteiden positio on eri numeroiden ja kirjaimien yhdistelmät. Esimerkiksi positioista 1-01-PIK01-123 voitaisiin heti kertoa, että kyseessä on linja 1, koneikko 01, paineilmakompressori 01 laitenumera 123. Numerointitapa vaatii tietysti oman luettelonsa, missä on selitetty kaikki tarvittavat tiedot numeroinnin perusteista.

UltraCutilla ei ole tällä hetkellä käytössä positionumerointia, eli hallin laitteisiin viitataan lähinnä niiden nimillä. Pienemmissä kokonaisuuksissa tämä voi ehkä toimia, mutta UltraCutin hallissa on niin paljon erilaisia laitteita, että positiointinumeroita olisi hyvä käyttää.

Kehittelin UltraCutille sopivan positiointijärjestelmän, jolla hallin laitteet saadaan järjestettyä järkevällä tavalla.

Ensiksi jaetaan linjat omiksi alueikseen numeroilla A01-04. Puhdasvesilinja on A01, abrasiivipöytä A02, kombipöytä A03 ja imukuppinosturi A04. Seuraavaksi viitataan osiin tai laitteisiin niiden lyhenteillä. Venttiili on V, pumppu P ja lieteputkisto on LP. Osat lopuksi numeroidaan juoksevasti. Esimerkiksi A02-P01-100 viittaa abrasiivipöydän pumppuun numero 1, jonka laitetunnus on 100.

UltraCutin hallissa on niin paljon erilaisia laitteita, että oli hankala tehdä kaikenkattava positiojärjestelmä hallin jokaiselle laitteelle ilman täydellistä laiteluetteloa, joten tämä malli soveltuu linjojen pumppujen, venttiileiden ja putkistojen positioille.

#### **4.6. PI-kaavion päivittäminen**

UltraCutin PI-kaaviosta puuttuu tällä hetkellä tiedot uudesta putkistosta sekä jo olemassa olevien laitteiden ja putkien perustiedot puuttuvat osittain. Kaaviossa on muiden kahden leikkauslinjan tiedot esitetty sekä putkistojen korot, mutta abrasiivialtaan osalta pitää tehdä päivityksiä. Virtaavan aineen tiedot pitää lisätä sekä putkien ja venttiileiden positionumerot täytyy päivittää ajantasalle.

Kaavioon merkitään virtaavan aineen tiedot seuraavalla tavalla: A2.100.SLI-3,0-(20)-5-50-1%. Tästä selviää putken positio, virtaavan aineen lyhenne (liete), max. kuiva-ainemäärä kg/s, virtaus max. V l/s, virtaus normaali V l/s, putkikoko ja lopuksi sakeus. Pumpun tiedoissa on käyttöpositio, sähköpositio sekä tuotto.

Liittinä olevaan PI-kaavioon on päivitetty tarvittavat tiedot uuden ja vanhan putkiston osalta.

## 5. VALITTU RATKAISU

Suunnitelmissa tehtyjen laskujen ja mitoitusten jälkeen oli aika pyytää tarjouspyynnöt sopivista varusteista eri toimittajilta. Tarjouspyynnöt pumpuista lähetettiin usealle Suomessa toimivalle maahantuojalle ja yllättävän monelta ei meinannut saada tarjousta ollenkaan.

Kaikki materiaalit kootaan lopuksi yhtenäiseksi varusteluetteloksi, joka liitetään työhön mukaan.

### 5.1. Keskipakopumppu

Pumpuksi valitaan Victor Pumpsin valmistama itseimevä keskipakopumppu mallia S40G312BBT+F+PS. Pumpun toimittaja on YTM-Industrial Vantaalta.

Pumpun pesä on yksinkertainen ja se on valmistettu valuraudasta ja juoksupyörä on mallia avoin. Pumpun akselin tiivisteinä on viton elastomeerit, eli fluorikumista tehty tiiviste. Se kestää hyvin otsonia, happea, mineraaliöljyä, synteettisiä hydraulineiteitä, polttoaineita, aromaattisia ja monia orgaanisia liuottimia sekä kemikaaleja.

Valmistajan mukaan pumppu on sopiva erilaisten lietteiden pumppaukseen ja tuoteselostuksessakin mainitaan erikseen abrasiiviä sisältävä vesi. Tiivistys, pesä ja juoksupyörä ovat juuri sellaiset mitä esisuunnitteluvaiheessa määriteltiin.

Pumppu on sähkökäyttöinen ja siinä on 1,1kW moottori. Pumppu pystyy tuottamaan vaaditun  $18\text{m}^3/\text{h}$  NPSH<sub>R</sub>-luvun pysyessä alle lasketun arvon. Pumpun ominaiskäyrä löytyy liitteestä 1.

Kuvassa 15 on esitetty valittu keskipakopumppu jalustan päällä.



**Kuva 15. Victor Pumpsin valmistama keskipakopumppu /12/**

## **5.2. Putkisto ja varusteet**

Putkisto käyrineen hankitaan Vaasasta KWH Pipeltä. Putkiston paineluokka on PN 10 ja koko DN 50. Pumpun imu- ja painepuolen yhteen ovat eri DN-kokoa, joten supistusyhte DN 40 – DN 50 tarvitaan myös. Putkiston osat liitetään sähköhitsaamalla toisiinsa kiinni.

Palloventtiilien materiaalina on teräs ja ne ovat laipallisia. Palloventtiilit voidaan hankkia paikalliselta toimittajalta, kunhan ne ovat PN 10 -paineluokkaan tarkoitettuja ja oikealle DN-koolle.



### **5.3. Kannakkeet**

Putkiston primäärikannakkeena tulee olemaan DN 50-putkelle sopiva u-sanka. KWH Pipellä ei harmillisesti ollut ainakaan tuotekatalogeissa esillä u-sankoja ollenkaan, mutta se on standardin mukainen varuste, jonka voi hankkia paikalliselta toimittajalta.

Sekundäärikannakkeita ei saa sellaisenaan hankittua, joten ne joudutaan tekemään erikseen. Materiaaliksi valitaan S355 teräs ja putkipalkit ovat kokoa 100x100x3. Kannatukseen tarvittavat putkipalkit voidaan hankkia paikallisilta yrittäjiltä, sillä materiaali on yleinen ja sitä pitäisi löytyä helposti.

## 6. KUSTANNUSARVIO

UltraCut voi verrata uuden putkistokokonaisuuden hintaa lähes suoraan abrasiivilietteen aiheuttamien työnseisausten hintaan. Taulukossa 1 on esitetty projektissa tarvittavien varusteiden hinnat.

**Taulukko 1. Osien hinnat**

Varuste	Hinta
Keskipakopumppu	1 400€
Muoviputkisto	4,86€ /m
U-sanka	2€ /kpl
Kannatus	1€/kg
Venttiili	67,40€/kpl

Suurin ongelma oli selvittää mahdolliset asennuskulut, sillä hinnat voivat heitellä paljon ja työtuntien määrää on hankala arvioida tarkasti. Työtunnin muodostunevat suurimmaksi osaksi pumpun pedin asentamisesta sekä kannakoinnin tekemisestä.

Uusi pumpputyyppe toimii sähköllä, joten sähkölasku tulee kasvamaan reilusti. Toisaalta nykyinen kalvopumppu toimii ilmanpaineella, joten ero jää pieneksi.

Nyt voidaan jo todeta, että investointi olisi yritykselle kannattava vaikka tarkkoja lukuja tuotannon seisahtumisesta ei ole tiedossa. Abrasiivin aiheuttamien ongelmia takia tuotanto joudutaan kumminkin pysäyttämään kerran joka kuukausi ja tämä on täysin turha kulu.

## 7. YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella UltraCutille putkisto abrasiivilietteen pumppausta varten. Putkistosuunnittelu eteni ensin lähtötietojen saamisesta ja vaatimusten kartoittamisesta suunnitteluvaiheeseen, jonka tulosten perusteella tarvittavat varusteet voitiin valita.

Uuden putkiston avulla UltraCut säästää huomattavan summan rahaa, koska kuukausittaiset tuotantopysähdykset vesileikkausaltaan puhdistamiseksi loppuvat. Investointi maksaa itsensä takaisin nopeasti huolimatta siitä, mitä rakennustyöt, varusteet ja tuotannon pysäyttäminen maksavat yritykselle.

Tässä opinnäytetyössä saatiin hyvä kuva siitä, miten oikeassa työelämässä suunnitteluprosessi etenee lähtötietojen saamisesta aina lopullisen tuotteen valmistumiseen. Opinnäytetyön tekeminen oli riittävän haastavaa ja mielenkiintoista. Erityisen haastavaksi projektin teki putkistokoulutuksen puuttuminen koulun puolelta kokonaan, joten tieto oli etsittävä Promoten henkilökunnalta ja erilaisista tietolähteistä.

Putkistosuunnittelu on oma erikoisalansa, joka täytyy oppia pitkän ajan kuluessa töitä tekemällä. Tietoa ei löydy välttämättä koulusta tai edes kirjastosta, mikä tuli huomattua opinnäytetyötä tehdessä. Tämä opinnäytetyö raapaisi vain koko putkistosuunnittelun pintaa, mutta tarjosi paljon arvokasta tietoa tulevaisuutta ajatellen.

## 8. LÄHDELUETTELO

- /1/ Cirqum, Pumppu- ja pumppaustekniikan seminaarin luentokansio, Mänttä 2003.
- /2/ Econocap Engineering Oy, EcE-3D Pipe tuote-esittely, [WWW-dokumentti],  
[<http://www.econocap.fi/fi/>], 5.5.2011
- /3/ Keuda Kerava, Leila Frondelius, Prosessin ohjaus, [WWW-dokumentti],  
[<http://moodle.keuda.fi/kansiot/kao-lf/PI-KAAVIOT/VESIPROSESSI/>], 5.5.2011.
- /4/ Kesti, Marko, Teollisuuden putkistot, VAPK-kustannus, 1992.
- /5/ KWH Pipe, Tuotekatalogi, [WWW-dokumentti],  
[[www.kwhpipe.fi/Link.aspx?id=1161958](http://www.kwhpipe.fi/Link.aspx?id=1161958)], 2.5.2011.
- /6/ Promote Oy, Yrityksen oma putkistokoulutusmateriaali, 2009.
- /7/ PSK 0201 Teollisuusventtiilit, 2. painos, Prosessiteollisuuden Standardoimiskeskus r.y, 1992.
- /8/ Pump Partner, Ingersoll Rand pumppukatalogi, [WWW-dokumentti],  
[[www.pumppartner.com/pumput/kaksoiskalvopumput](http://www.pumppartner.com/pumput/kaksoiskalvopumput)], 1.5.2011.
- /9/ Puttek Oy, Kotisivu, [WWW-dokumentti], [[www.puttek.fi](http://www.puttek.fi)], 5.5.2011.
- /10/ UltraCut Oy, Kotisivut, [WWW-dokumentti], [[www.ultracut.fi](http://www.ultracut.fi)], 5.5.2011.
- /11/ Uudenmaan kemian alan virtuaalikoulu, [WWW-dokumentti],  
[[www.edupoli.fi/virtuaalikoulu/kemiantekniikka/sivut/akselitivistheet.htm](http://www.edupoli.fi/virtuaalikoulu/kemiantekniikka/sivut/akselitivistheet.htm)], 5.5.2011.
- /12/ Victor Pumps, Esite, [WWW-dokumentti], [[www.vicm.de/p/SELQ050505.pdf](http://www.vicm.de/p/SELQ050505.pdf)],  
1.5.2011.

## 9. LIITELUETTELO

1. Pumpun ominaiskäyrä
2. Moodyn käyrästä
3. Abrasiivilietettä altaassa
4. Varusteluettelo
5. Tasopiirustus
6. Isometriset kuvannot
7. Taso-, pituus- ja poikkileikkauspiirustus
8. Pumpun teline
9. Rakennustehtäväpiirros
10. PI-kaavio

**Liite 1. Pumpun ominaiskäyrä**

**S**

Leistungen - Performances - Prestazioni

P-602161

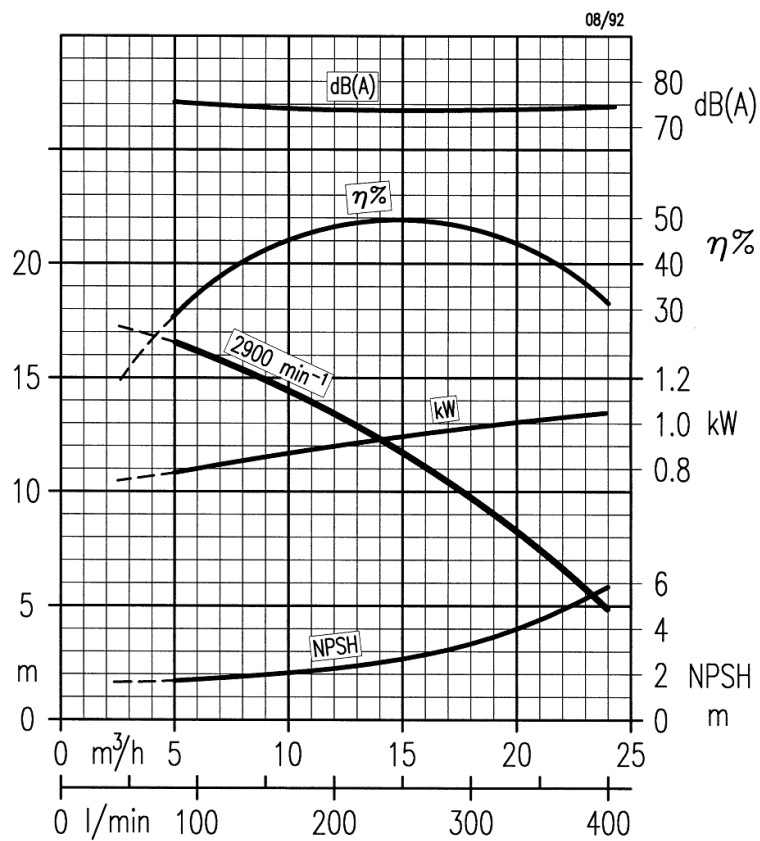
17/05/00

**S 40 - 50 Hz**

Laufrad:  
Impeller: **110 mm Ø**  
Girante:

Feststoffe bis:  
Solids up to: **20 mm Ø**  
Solidi fino a:

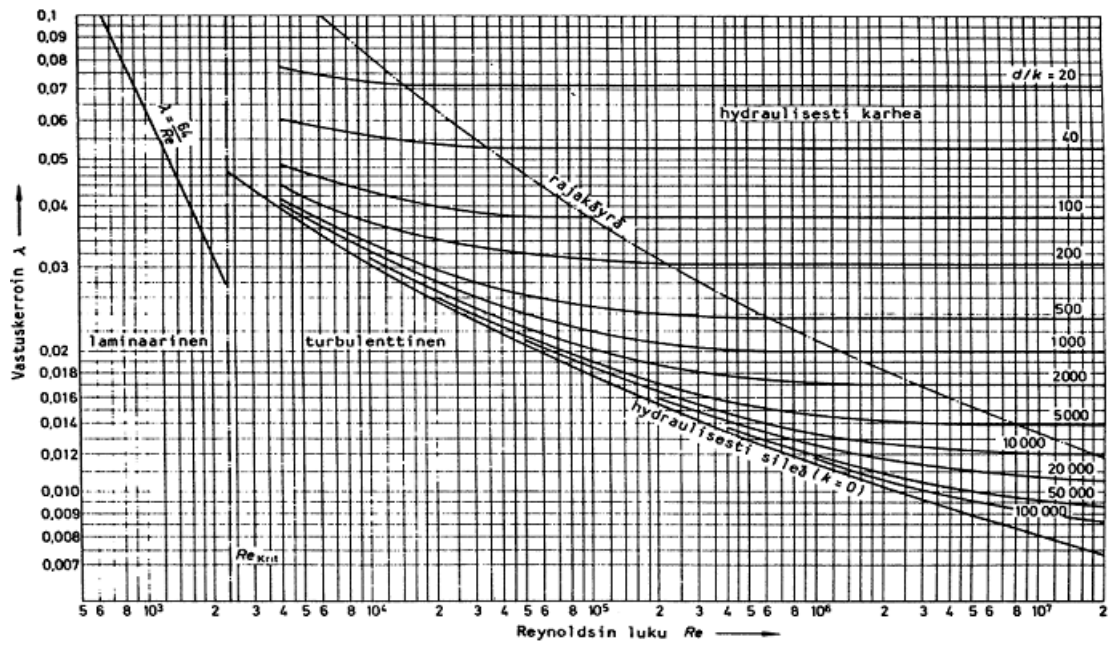
Umdrehung:  
Speed: **2900 min<sup>-1</sup>**  
Velocità:



GERMANY • Tel. +49 89 9048660 • Fax +49 89 9043447 • germany@victorpumps.com  
 ITALY • Tel. +39 0498961266 • Fax +39 0498961255 • italy@victorpumps.com



Liite 2. Moodyn käyrästä



**Liite 3. Abrasiivivietetettä altaassa**





**Liite 4. Varusteluettelo****PUTKILINJALUETTELO**

Ultracut; USer-10

VENTTIILIT

23.5.2011

Rev.	Putkilinja pos.nro	Virtaava aine		Putkisto			Putkilinja Mistä - Mihin
		lyh.	nimi	PN luokka	DN koko	Mater.	
	100.0	SLI	abradiivi	10	65	PE	abradiivipöytä - abradiivikontti
	100.1	SLI	abradiivi	10	50	PE	abradiivipöytä - abradiivikontti
	100.2	SLI	abradiivi	10	50	PE	abradiivipöytä - abradiivikontti
	100.3	SLI	abradiivi	10	50	PE	abradiivipöytä - abradiivikontti

**VENTTIILILUETTELO**

Ultracut; USer-10

VENTTIILIT

23.5.2011

Rev.	Pos.nro	Tyyppi	Putkisto			Putkipositio
			PN luokka	DN koko	Liitos	
	300.0	Pallo	15	15	Laippa	100.1
	300.1	Pallo	15	15	Laippa	100.2
	300.2	Pallo	15	15	Laippa	100.3

**LAITELUETTELO**

Ultracut; USer-10

VENTTIILIT

23.5.2011

Rev.	Pos.nrot		Laitteen tiedot				Sijainti
	Laite pos.nro	Sähkö pos.nro	Laitteen nimi	Laite- valmistaja	Voima- lähde	Moott. koko	
	200.0	600.0	Pumppu	Victor Pumps	Sähkö	1,1kW	A11
	200.1	600.1	Pumppu	Victor Pumps	Sähkö	1,1kW	A11
	200.2	600.2	Pumppu	Victor Pumps	Sähkö	1,1kW	A11



**Liite 6. Isometriset kuvannot**

The image contains four isometric drawings of a mechanical system, arranged in a 2x2 grid. The drawings show a complex assembly with various components, including pipes, valves, and structural supports. The drawings are labeled with 'K1' and 'K2' in the top right corner of each drawing area. The drawings are enclosed in a larger frame with grid lines labeled A-E and 1-12.

**Technical Drawing Information:**

Laitteen piirustus  
 Puhelin keskipistis 12300  
 Tapa- ja lausallisuus 0300

**ULTRACUT**

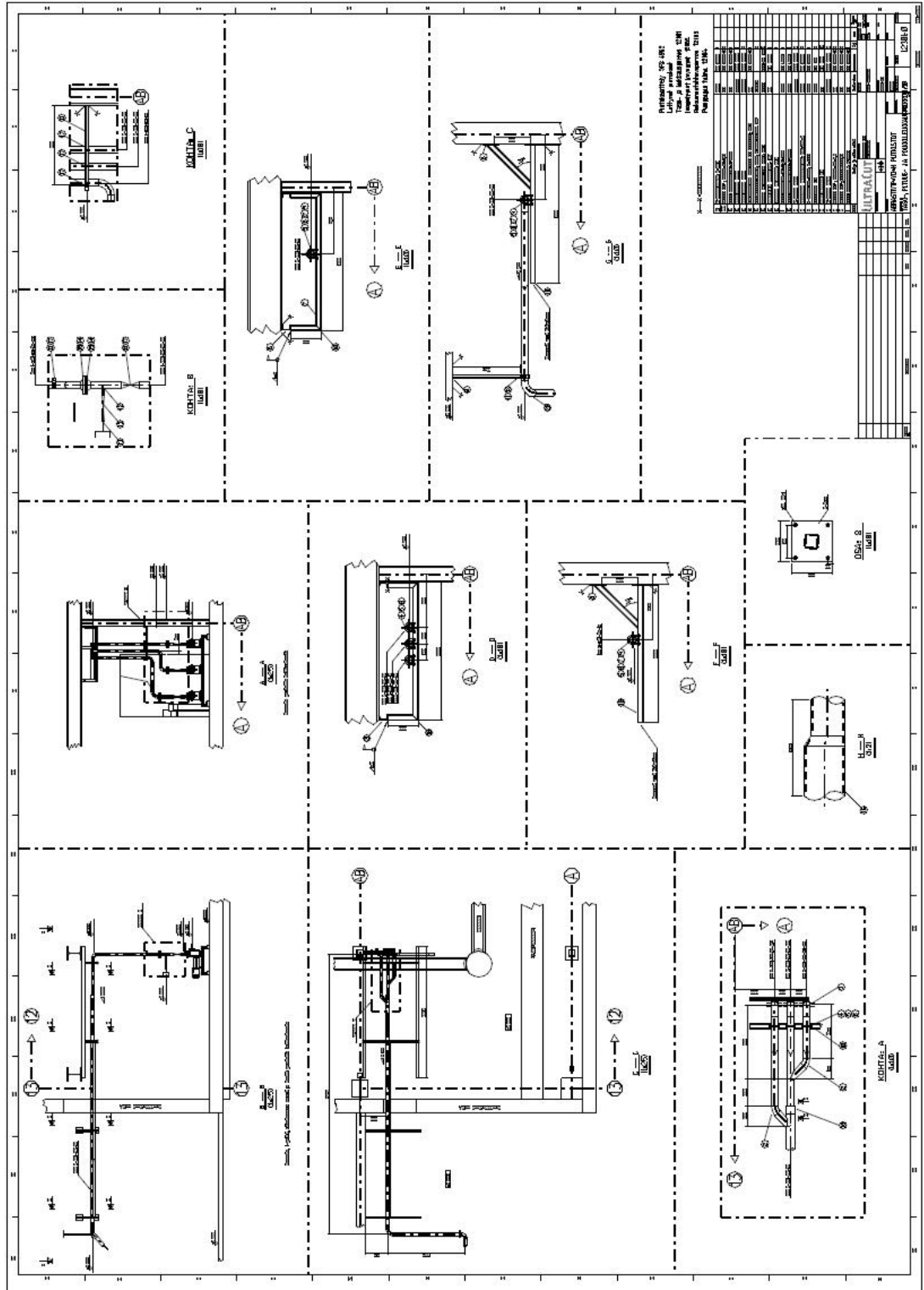
K1  
 K2  
 K3  
 K4  
 K5  
 K6  
 K7  
 K8  
 K9  
 K10  
 K11  
 K12

1:1  
 1:2  
 1:3  
 1:4  
 1:5  
 1:6  
 1:7  
 1:8  
 1:9  
 1:10  
 1:11  
 1:12

A  
 B  
 C  
 D  
 E

1  
 2  
 3  
 4  
 5  
 6  
 7  
 8  
 9  
 10  
 11  
 12

**Liite 7. Taso-, pituus- ja poikkileikkauspiirustus**







**Liite 10. PI-kaavio**

