

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Petri Vång

Pumppukoneikon suunnittelu laboratoriokäyttöön

Tekniikan porin yksikkö

Energia- ja laivakonetekniikan koulutusohjelma

Energiatekniikka

2007

PUMPPUKONEIKON SUUNNITTELU LABORATORIOKÄYTTÖÖN

Petri Vång

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Tekniikan Porin yksikkö

Energia – ja laivakonetekniikan koulutusohjelma

Tekniikantie 2, 28600 Pori

Kesäkuu 2007

Toimeksiantaja: Satakunnan ammattikorkeakoulu, tekniikka Pori

Työn ohjaaja: Pekka Zenger

Avainsanat: Monivaiheinen keskipakopumppu, Taajuusmuuttaja,

Suljettusysteemi

UDK: 621.65

41 sivua

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö on satakunnan ammattikorkeakoulun Tekniikan Porin yksikön energiatekniikan laboratorioon sijoitettavan pumppukoneikon suunnittelu.

Työn tarkoitus on suunnitella opetuskäyttöön soveltuva taajuusmuuttajakäyttöinen pumppukoneikko.

Koneikon on tarkoitus tuoda esiin nykyaikaisia prosessisäätömahdollisuuksia mm. vakiopaine- ja vakiovirtaussäätöjä. Koneikko on myös siirrettävissä, joten sitä voi käyttää myös Satakunnan ammattikorkeakoulun muissa yksiköissä koulutus- ja havaintoapuvälineenä. Työ sisältää piirustukset, osaluettelon, tarjouspyynnöt ja käyttöohjeet.

Planning of removed pump unit to Satakunta University of Applied Sciences energy laboratory

Petri Vång

Satakunta University of Applied Sciences

BSc Degree Programme in power Plant and Marine Engineering

Tekniikantie 2, 28600 Pori

June 2007

Commissioned by: Satakunta University Of Applied Sciences

Supervisor: Pekka Zenger

Keywords: multistage centrifugal pump, variable frequency drive (VFD), close system

UDC: 621.65

41 pages

ABSTRACT

This bachelor's thesis is planning of pump unit to energytechnology laboratory of Satakunta University of Applied Sciences. The functions of this thesis is planning a variable frequency drive powered pump unit to teaching.

The idea of pump unit is a bring forward modern process control possibility, for example: constant pressure- and constant flow control.

Pump unit is also transferable, so it could be also use in another unit of Satakunta University of Applied Sciences.

This bachelor's thesis include drawing, partlist, calling for tenders and operating instructions.

ESIPUHE

Tämä työ on tehty Satakunnan ammattikorkeakoulun tekniikan Porin yksikölle. Työnohjaajana toimi Satakunnan ammattikorkeakoulun puolesta lehtori, TkL Pekka Zenger, joka toimi myös työni valvojana. Kiitän kaikkia työn valmistumiseen myötävaikuttaneita henkilöitä, erityisesti Pekka Zengeriä, Jouko Ruojärveä sekä Juha Kisosta.

Porissa 12.05.2008

Petri Vång

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ESIPUHE

1	JOHDANTO	7
1.1	Taustaa	7
1.2	Tavoite	7
1.3	Nykyiset systeemit	8
1.3.1	Avoin kiertopiiri	8
1.3.2	Avoinkiertopiiri ja paisunta-astia	9
2	TEORIA	10
2.1	Putkistot	10
2.1.1	Avoin putkisto	10
2.1.2	Suljettu kiertopiiri	11
2.2	Putkivirtaus ja painehäviö	11
2.2.1	Virtaavat aineet	11
2.2.2	Peruskäsitteet	12
2.2.3	Painehäviö	18
2.3	Pumpputyypit	19
2.4	Pumpun valinta	24
2.5	Kavitaatio	24
2.6	Taajuusmuuttajan periaate	26
2.7	Painelähetin	27
2.8	Elektromagneettinen virtausmittari	28
3.	KONEIKON SUUNNITTELU JA VALMISTUS	
3.1	Koneikon toimintatavoitteet	29
3.2	Koneikon PI-kaaviot ja osat	29

3.3	Koneikon lay-out piirustus	32
3.4	Koneikon hinta-arvio	32
3.5	Valmistus	33
4.	KONEIKON KÄYTTÖ	36
4.1	Käyttö- ja turvallisuusohje	36
5.	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	39
6.	LÄHDELUETTELO	40
7.	LIITTEET	41

1. JOHDANTO

1.1 TAUSTAA

Idea työn toteuttamiselle tuli lehtori Pekka Zengeriltä. Hän kertoi Satakunnan ammattikorkeakoulun Porin yksikön energiatekniikan laboratorion tarpeesta saada vanhojen pumpuntestauskoneikkojen lisäksi monivaiheisella keskipakopumpulla varustetun pumppukoneikon täydentämään opetusvälineistöä. Pumppu oli jo hankittuna (Lowara SV 809 R40T), mutta muut koneikon komponentit ja toiminnot olivat vielä ajatusasteella.

1.2 TAVOITE

Työn tavoitteena on ideoida ja suunnitella nykyaikaisia säätömahdollisuuksia hyödyntäen siirrettävä pumppukoneikko. Koneikon olisi oltava mahdollisimman hyvin opetuskäyttöön soveltuva ja havainnollinen. Koneikkoon tulee elektronisia antureita mm. painelähetin ja elektromagneettinen virtausmittari/lähetin. Pumppua käyttää taajuusmuuttaja, joka saa prosessitietoa edellä mainituilta lähetimiltä. Koneikon ollessa helposti siirrettävissä sitä voidaan käyttää koulutuskäyttöön myös muilla satakunnan Ammattikorkeakoulun yksiköissä. Koneikossa on ns. suljettu kiertopiiri, jossa samaa nestettä(vettä) kierrätetään putkistossa.

1.3 NYKYISET SYSTEEMIT

1.3.1 Avoin kiertopiiri

Kuvassa 1. on nykyisin käytössä oleva pumppausyksikkö. Järjestelmä on avoin systeemi ja varustettu taajuusmuuttajalla, sekä usealla virtausmittarilla.



Kuva 1.

Avoin kiertopiiri

Pumppu:AS-50H, Moottori: OKN-132C1 NF 5,5kw 48,9 1/S, Taajuusmuuttaja:

SAMI GS, Virtausmittari 1. H.Meinecke AG Hannover, Virtausmittari 2.

Annubar AWR, Virtausmittari 3. Mittalaita (50/65),

Linjasäätöventtiili NAVAL DN 65

1.3.2 Avoin kiertopiiri ja paisunta-astia

Kuvassa 2. on esitetty paisunta-astialla varustettu pumppausyksikkö (Samk, Tekpo).



Kuva 2. Vesisäiliö, pumppu ja paisunta astia

Pumppu: Grundfos type JP5 B-A-CVBP model D511002 P19612

P=755W, p/t = 6 bar/40 °C max

Linjasäätöventtiili: ORAS

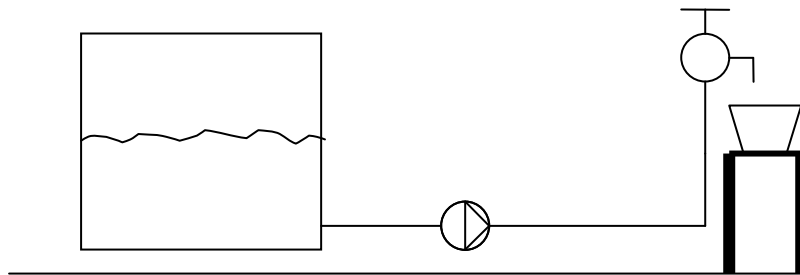
Paisunta astia: Pumppulohja, temp. max/min = +50/0 °C,

pressure max/test 6/8,6 bar

2. TEORIA

2.1 Putkistot

2.1.1 Avoin Kiertoprosessi (Kuva 3)



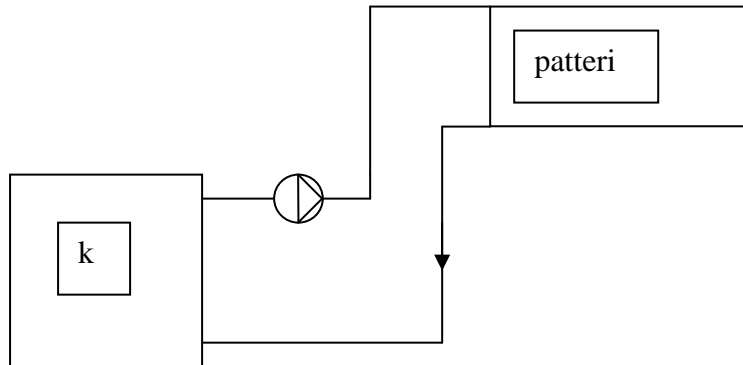
Kuva 3. Avoin putkisto

Menojohtoa pitkin virrannut aine poistuu järjestelmästä. Järjestelmästä käytetään nimeä reitti, koska ei palata lähtöpisteeseen.

Esimerkkejä avoimesta järjestelmästä ovat mm. talousvesijärjestelmä, veden pumppaaminen korkeammalle tasolle sekä tulo- ja poistoilmakanavat.

Pumpun mitoituksessa erityisesti on huomioitava maantieteellinen nostokorkeus (H), joka tarkoittaa alapinnan etäisyyttä korkeimmasta veden pinnasta. /1/ , /3/

2.1.2 Suljettu kiertoprosessi



Kuva 4. Suljettuputkisto

Maantieteellinen nostokorkeus on nolla eli menoputkea pitkin virrannut aine palautuu takaisin pumpulle.

Esimerkiksi patteriverkosto ja kaukolämpöverkosto ovat tavallisimpia suljettuja kiertoja. Pumpun mitoituksessa staattinen nostokorkeus on nolla ja siinä huomioidaan vain putkiston painehäviöt. /1/ , /3/

2.2 PUTKIVIRTAUS JA PAINEHÄVIÖ

2.2.1 Virtaavat aineet

Virtaavan aineen yleisnimitys on fluidi. Fluidi on aine, joka pysyvästi vastustaa muodonmuutosta ja jossa ei lepotilassa ole leikkausjännityksiä. Putkistojen virtausteknisissä mitoituksissa fluidit jaetaan kahteen eri osaan.

1. Kokoonpuristumattomat fluidit, jossa tiheys ei muutu kuten nesteet.
2. Kokoonpuristuvat fluidit, jossa tiheys muuttuu kuten kaasut.

Tässä työssä käsitellään ainoastaan nestevirtauksia. /1/ , /3/

2.2.2 Peruskäsitteet

Yleisesti, jos on virtausta, on myös paine-eroa. Se johtuu putkiston painehäviöistä.

Suure paine määritellään yhtälöllä:

$$p = F/A \quad (1.)$$

Jossa, p = paine, $N/m^2 = Pa$

F = voima, N

A = Pinta-ala, m^2

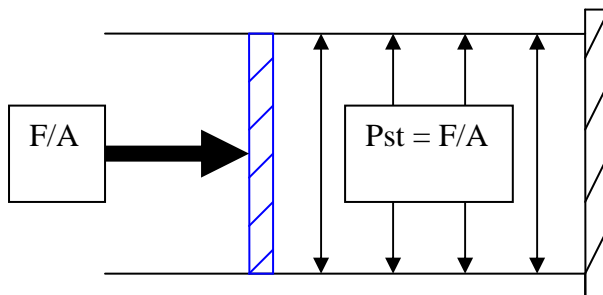
Paineen yksiköitä:

1 bar = 100000 Pa = 100 KPa = 0,1 MPa = 9,81 mvp (metriä vesipatsasta)

Normaaleissa prosessiteollisuusputkistoissa käytetään paineen ilmaisemiseen paine-eroa ilmakehänpaineeseen eli käsitettä ylipaine.

Putkiston kokonaispaine muodostuu staattisesta - ja dynaamisesta paineesta.

Putkijohdossa vallitseva staattinen paine (P_{st}) vaikuttaa samanlaisena kaikkiin suuntiin. Tämä on "samanlaista" painetta kuin on auton renkaassa. Myös virtaavalla aineella on putken sisäpintaan kohtisuoraan vaikuttava staattinen paine (P_{st}).



Kuva 5. Staattinen paine

Dynaaminen paine (P_{dyn}) johtuu aineen virtauksesta. Dynaamisen paineen suuruus on sama kuin se paine joka, tarvitaan kiihdyttämään aine kyseiseen virtausnopeuteen.

Dynaaminen paine:

$$P_{dyn} = \frac{1}{2}\rho v^2 \quad (2.)$$

jossa, P_{dyn} = putkivirtauksen dynaaminen paine, Pa

ρ = virtaavan aineen tiheys, kg/m^3

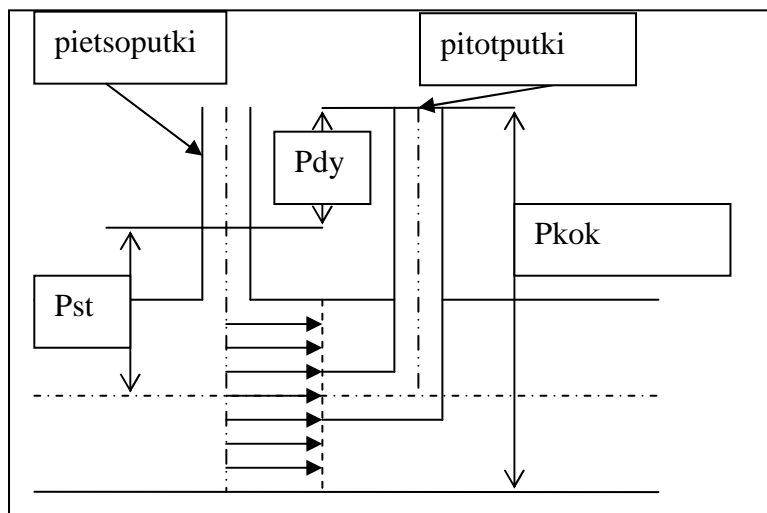
v = virtausnopeus, m/s

$v = qv/A$

qv = tilavuusvirtaus, m^3/s

A = putken poikkipinta-ala, m^2

$$qv = v \cdot A \quad (3.)$$



Kuva 6. Staattisen ja dynaamisen paineen sekä kokonaispaineen mittaus

Kokonaispaine, (P_{kok}) on staattisen ja dynaamisen paineen summa.

$$P_{kok} = P_{st} + P_{dyn} = P_{st} + \frac{1}{2}\rho v^2, \quad (4.)$$

Jossa: P_{kok} on kokonaispaine, Pa

P_{st} on staattinen paine, Pa

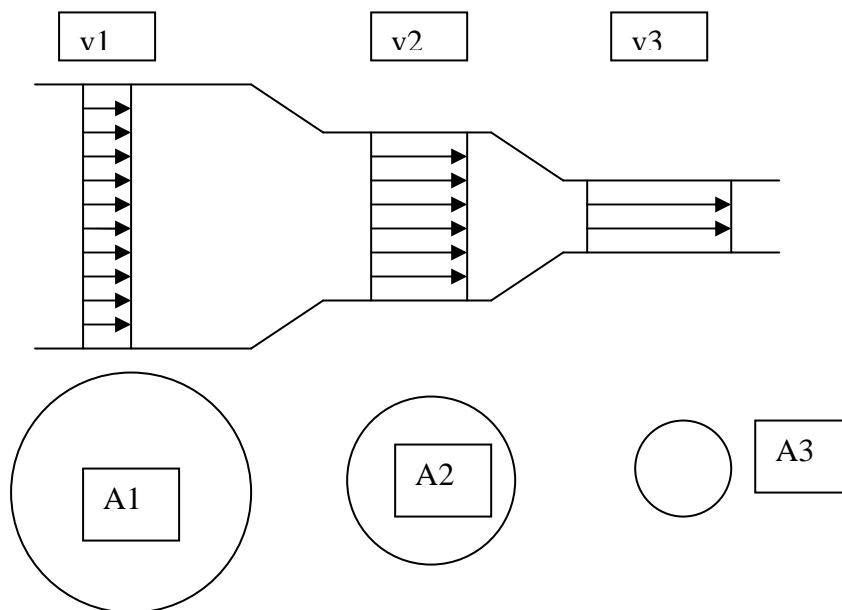
P_{dyn} on dynaaminen paine, Pa

ρ on virtaavan aineen tiheys, kg/m^3

v on keskimääräinen virtausnopeus, m/s /1/ , /3/

Jatkuvuusyhtälö

Koska nestevirtaus on kokoonpuristumatonta virtausta eli virtaavan nesteen tiheys on vakio, voidaan todeta, että muuttuva poikkipinta-alaisen putken läpi kulkeva tilavuusvirta on vakio. Eli poikkipinta-alan pienentyessä virtausnopeus kasvaa ja päinvastoin.



Kuva 7. Jatkuvuusyhtälön periaate

Yleispätevä jatkuvuusyhtälö voidaan esittää muodossa:

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2, \quad (5.)$$

jossa:

ρ_1 on virtaavan aineen tiheys kohdassa 1, kg/m^3

v_1 on virtaavan aineen virtausnopeus kohdassa 1, m/s

A_1 on virtausputken poikkipinta-ala kohdassa 1, m^2

ρ_2 on aineen tiheys kohdassa 2, kg/m^3

v_2 on aineen nopeus kohdassa 2, m/s

A_2 on putken poikkipinta-ala kohdassa 2, m^2

Koska neste on käytännössä kokoon puristumatonta, voidaan jatkuvuusyhtälö nesteille supistaa muotoon:

$$qv_1 = qv_2, \text{ joka on } v_1 A_1 = v_2 A_2, \quad (6.)$$

jossa:

qv_1 ja qv_2 ovat nesteen tilavuusvirtoja, m^3/s kyseisissä kohdissa virtausputkea. /1/ , /3/

Bernoullin yhtälö

Daniel Bernoulli (1700 - 1782) oli sveitsiläinen matemaatikko ja fyysikko, joka kuvasi ensimmäisenä virtausta koskevan neljän suureen, paineen, tiheyden, nopeuden ja korkeuseron välisen suhteen.

Bernoullin yhtälö ilmaisee kitkattoman virtauksen energian häviämättömyyden lain.

$$P_{st} + \frac{1}{2} * \delta * v^2 + \delta * g * z = \text{vakio} \quad (7.)$$

$$P_{st} + P_{dyn} + P_z = \text{vakio}$$

jossa:

P_{st} = staattinen paine, Pa

P_{kok} = kokonaispaine, Pa

P_z = korkeuspaine, Pa

ρ = aineen tiheys, kg/m^3

g = painovoiman kiihtyvyys, $9,81m/s^2$

z = korkeus, m

v = virtausnopeus, m/s

Kitkattomassa virtauksessa paine-energian, kineettisen energian ja potentiaali-energian summa on vakio. /1/ , /3/ , /5/

Viskositeetti

Virtausaineen viskositeetti kuvaa sen kykyä vastustaa aineen vierekkäisten kerrosten välisiä siirtymiä. Häiriöttömässä putkivirtauksessa virtaavan nesteen virtausprofiili on muodoltaan kaareva. Virtausnopeus putken seinämän välittömässä läheisyydessä on nolla ja putken keskellä nesteen virtausnopeus on suurimmillaan. Koska nesteen eri kerroksilla on eri virtausnopeuksia, muodostuu molekyylien välille kitkaa, jota kutsutaan sisäiseksi kitkaksi eli aineen viskositeetiksi.

Suuri viskositeetti tarkoittaa, että aine on sakeajuoksuista ja pieni viskositeetti tarkoittaa, että aine on ohutjuoksuista.

Virtaavat aineet jaetaan valumisominaisuuksien mukaan joko newtonilaisiin tai ei-newtonilaisiin nesteisiin. Newtonilaiset nesteet esim. vesi

käyttäytyy ideaalinesteen tavoin eli viskositeetti on samassa lämpötilassa ja paineessa vakio. Ei-newtonilaiset ovat yleensä veden ja jonkin hienojakoisen kiinteän aineen seoksia. Esimerkiksi savi-vesi seos, betoni- ja ruoppausmassat, puhdistamoiden lietteet, silikoni, hartsit, tärkkelys. Ei-newtonilaisten nesteiden pumppauksessa on huomioitava, että ne eivät käyttydy kuten vesi.

Tässä ei paneuduta tämän enempää ei-newtonilaisten nesteiden viskositeettiin.

Dynaaminen viskositeetti

Dynaaminen viskositeetti tarkoittaa virtaavan aineen (neste tai kaasu) kykyä vastustaa leikkausrasitusta. Dynaaminen viskositeetti riippuu aineen lämpötilasta ja paineesta. Nesteillä viskositeetti laskee lämpötilan noustessa ja kaasuilla sekä höyryllä se nousee. Voiteluöljyn valmistajat pyrkivät kehittämään moottoriöljyjä, joiden viskositeetti olisi lämpötilariippumaton. Kylmän moottorin voitelu toimisi heti moottorin käynnistyttyä ja viskositeetti olisi vielä riittävä moottorin ollessa normaalissa käyntilämpötilassa.

Dynaaminen viskositeetti määritellään kaavalla:

$$\tau = \eta * \Delta v / \Delta y \quad (8.)$$

jossa:

τ on leikkausjännitys, N/m²

η dynaaminen viskositeetti, Pa * s

Δv nopeuden muutos, m/s

Δy etäisyyden muutos, m

Dynaamisen viskositeetin yksikkö on Pa * s = kg/ms

Kinemaattinen viskositeetti:

Kinemaattinen viskositeetti on dynaamisen viskositeetin ja tiheyden osamäärä.

$$\nu = \eta / \rho \quad (9.)$$

jossa:

ν on aineen kinemaattinen viskositeetti, m²/s

η aineen dynaaminen viskositeetti, Pa * s

ρ aineen tiheys, kg/m³

Kinemaattisen viskositeetin yksikkö on m²/s /1/ , /3/

Reynoldsin luku

Reynoldsin luku (Re) esiintyy usein virtausteknisissä laskukaavoissa. Reynoldsin luku on suure, jolla ei ole yksikköä. Re ilmaisee virtaavan nesteen osaseen vaikuttavien hitaus- ja viskositeettivoimien suhteen.

Reynoldsin luku saadaan yhtälöstä:

$$Re = vD/\nu, \text{ kun käytetään kinemaattista viskositeettia.} \quad (10.)$$

jossa:

v on virtaavan aineen keskimääräinen virtausnopeus, m/s

D virtausputken halkaisija, m (pyöreille putkille D on sisähalkaisija).

ν virtaavan aineen kinemaattinen viskositeetti, m^2/s

Reynoldsin luku ilmaisee onko virtaus laminaarista tai turbulenttista. Laminaarisessa virtauksessa aine virtaa ns. kerrosmaisesti ja pyörteettömästi kun taas turbulentsisessa virtauksessa ainesosat liikehtivät epämääräisesti virtauksen suuntaan. Laminaarisen virtauksen matemaattinen käsittely on helppoa, kun taas turbulentsin virtauksen matemaattinen käsittely on monimutkaista. Yleispätevä sääntö on seuraava:

Virtaus on laminaarista kun Re on < 2000

Virtaus on turbulenttista kun Re on > 4000

Virtaus on epämääräistä kun Re on välillä $2000 - 4000$

2.2.3 Painehäviö

Putkivirtauksessa kokonaispaine vähenee virtauksen edetessä eli virtauksen energia pienenee. Putkivirtauksessa tapahtuu aina häviöitä mm.

virtaavan aineen sisäisen kitkan vaikutuksesta eli viskositeetista,

putken sisäseinän aiheuttamasta kitkasta eli kitkavastuksista,

putkiston suunnan muutosten, haarautumien ja putkistovarusteiden aiheuttamista häviöistä eli kertavastuksista.

Putkistojen virtausteknisessä mitoituksessa virtausvastukset jaetaan kahteen osaan, kitkavastukset ja kertavastukset.

Kitkavastukset suorassa putkessa riippuvat seuraavista tekijöistä:

suhteellinen karheus k/d , sisähalkaisijasta ja seinämän sisäpinnan karheudesta.

Reynoldsin luku Re joka muodostuu virtaavan aineen tiheydestä, viskositeetistä ja virtausnopeudesta.

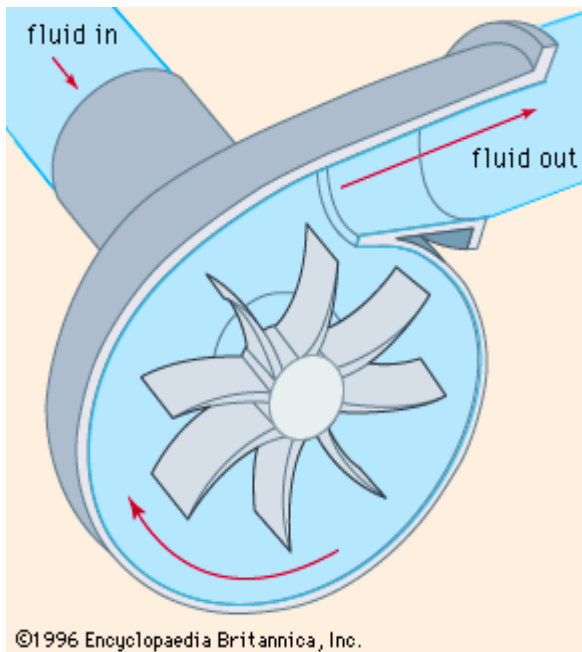
Kertavastukset aiheutuvat putkiston osista, joissa tapahtuu virtausten muutoksia. Muutoksia aiheuttavat mm. putkikäyrät, putken supistukset ja laajennukset sekä T-haarat, venttiilit ja muut varusteet.

Myös kaikki putkistossa sijaitsevat putkistovarusteet esim. venttiilit, jotkut virtausmittarit, anturit yms. aiheuttavat painehäviöitä. Kertavastusten aiheuttamat painehäviöt on vaikea laskea. Laitteen valmistaja on yleensä laatinut valmiita käyrästöjä, joista selviää kyseisen osan aiheuttama painehäviö. Kokonaispainehäviö putkistossa saadaan laskemalla yhteen kitkavastukset ja kertavastukset. Painehäviölaskuihin en paneudu tässä sen syvällisemmin. Putkisto suunnittelijoilla on käytössä mitoitusohjelmia, jotka laskevat painehäviöt syötettyjen tietojen mukaan. /1/ , /3/

2.3 Pumpputyypit

Kaksi yleisintä pumpputyyppeä ovat säteispyöräpumput ja aksiaalipumput.

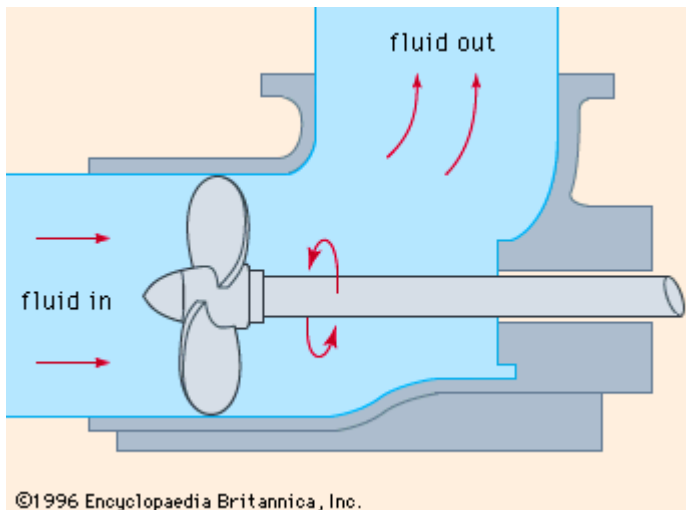
Säteispyörä eli keskipakopumpun imupuolen virtaus (Kuva 8) on yleensä pumpun akselin suuntainen ja poistovirtaus kohtisuoraa akselia vastaan.



Kuva 8. Säteispyöräpumppu.

Kytettäessä useita juoksupyöriä samalle akselille perättäin saadaan pumpattavan nesteen paine kasvatettua huomattavan suureksi. Esimerkiksi voimalaitoskattiloiden syöttövesipumput ovat ns. monivaiheisia keskipakopumppuja, jolla saadaan syöttövesi pumpattua korkeassa paineessa toimivaan kattilaan.

Aksiaali- eli potkuripumppuissa (Kuva 9) imupuolen ja poistopuolen virtaus on akselin suuntainen. Aksiaalipumppua voisi verrata putken sisällä pyörivään laivan potkuriin. Potkuripumpun käyttösovelluksia ovat yleensä suurten vesimassojen siirto kuten esimerkiksi patopenkerein puolelta toiselle.

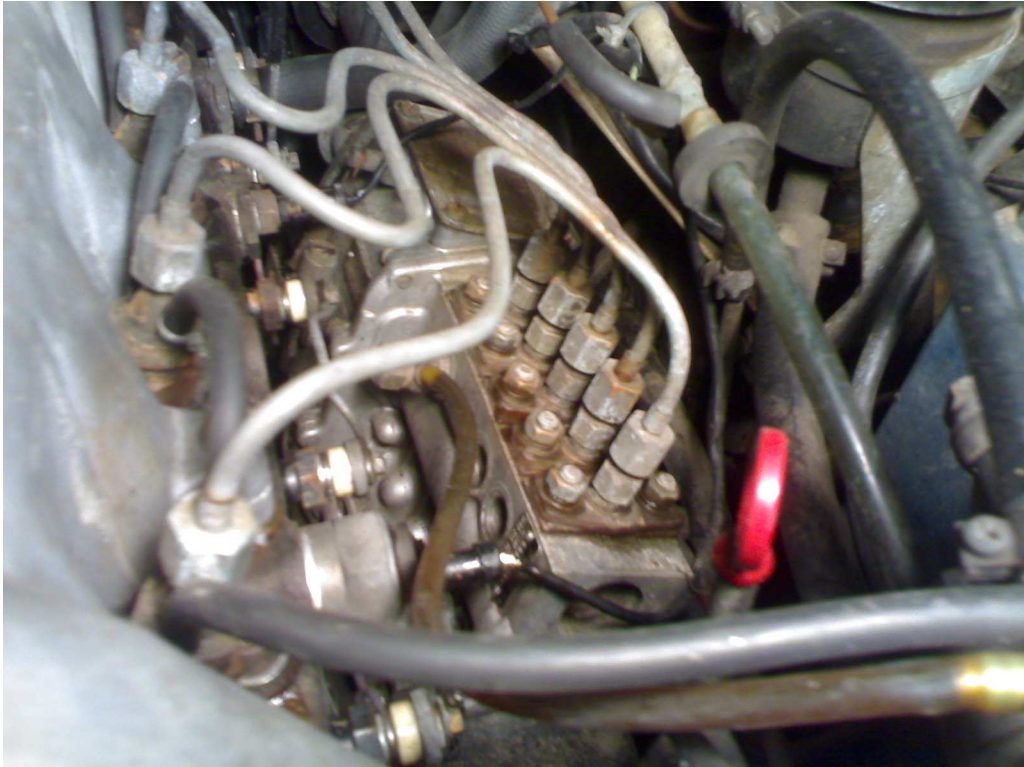


Kuva 9. Aksiaalipumppu

Syrjäytys eli hydrostaattisissa pumppuissa on nesteen siirtoon vaikuttava kone-elin, jonka liikerata on edestakainen tai pyörivä. Hydrostaattisiin pumppuihin luetaan mäntä-, hammaspyörä-, ruuvi- ja kalvopumput. Kalvopumpussa nestettä siirtää edestakaisin liikkuva joustava kalvo. Kalvopumput ovat yleensä paineilmakäyttöisiä.

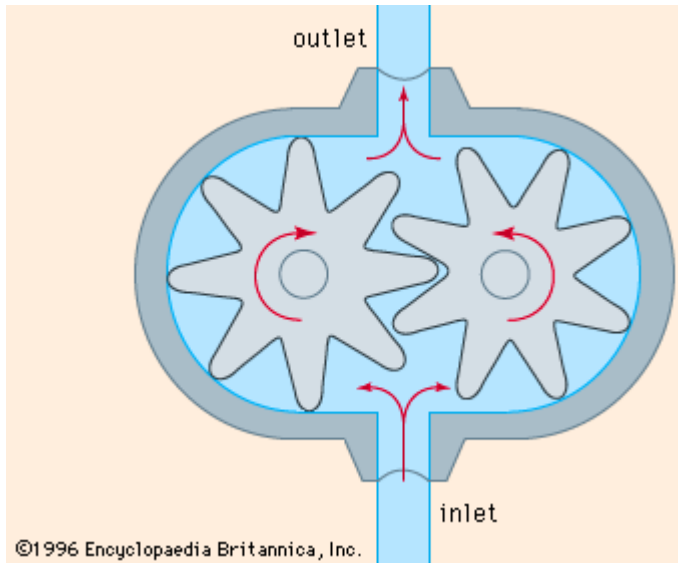
Mäntäpumppua (Kuva 10) käytetään kun tarvitaan kovaa nesteen painetta esimerkiksi koeponnistuspumpuna ponnistettaessa suuren tilavuuden omaavia paineastioita.

Mäntäpumppu on myös itse imevä. Se on tärkeä ominaisuus laivakäytössä, jossa on paljon tyhjennyspumppauksia. Myös dieselmoottorin syöttöpumppu on mäntäpumppu.



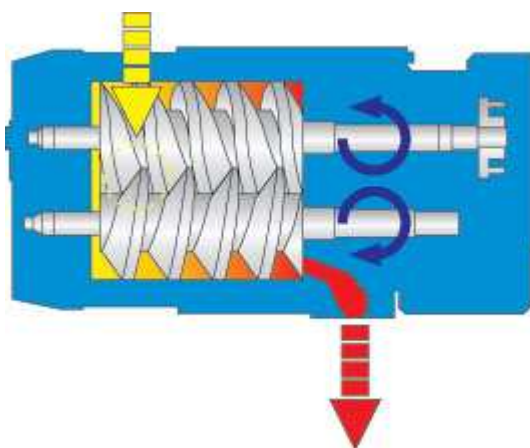
Kuva 10. Mäntäpumppu (Bosch / Mercedes-Benz OM 617)

Hammaspyöräpumpuissa (Kuva 11) nesteen virtaussuunta on akselin vastainen. Hammaspyöräpumpuja käytetään mm. auton moottorissa öljypumppuna.



Kuva 11. Hammaspyöräpumppu

Ruuvipumput (Kuva 12) ovat melkein samanlaisia, kuin hammaspyöräpumput sillä erolla, että niissä nestevirtaus on ruuvien akselin suuntainen. Pumpussa on yksi käyttöruuvi ja lisäksi yksi, kaksi tai neljä tiivistysruuvia. Ruuvipumppuja käytetään puhtaiden voitelevien nesteiden pumppaamiseen. Pumpuissa voidaan käyttää suuria pyörimisnopeuksia ja saavuttaa korkeita paineita.



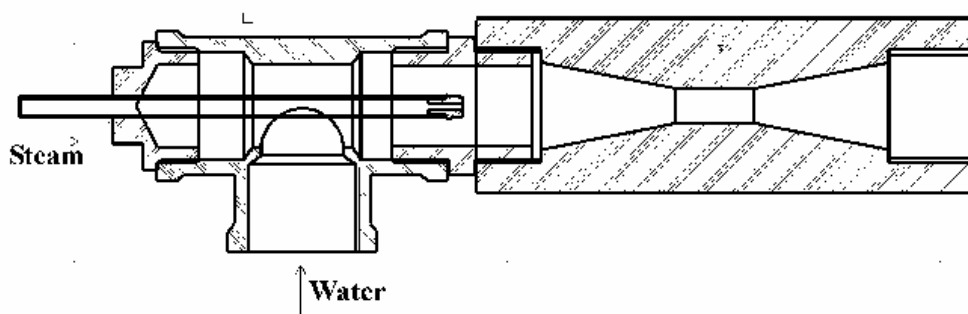
Kuva 12. Ruuvipumppu (Curt J. Lesker Company)

Monopumpuksi (Kuva 13) kutsutaan yksiruuvipumppua, joka toimii ilman pyörivää tiivisteruuvia. Siinä kulutusta kestävästä materiaalista valmistettu roottori pyörii synteettisestä kumista valmistetussa staattorissa. Pumppua käytetään erittäin kuluttavien nesteseosten pumppaamiseen.



Kuva 13. Monopumppu

Suihku- eli ejektoripumput (Kuva 14) toimivat siten, että virtaavan aineen paine-energia muutetaan suulakkeessa nopeudeksi. Suulakkeessa paine laskee ja suulakkeeseen johdettuun putkeen syntyy imuvaikutus. Ejektorin hyötysuhde on huono. Sovellusta käytetään esimerkiksi sumutussuuttimissa.



Kuva 14. Ejektoripumppu.

Lisäksi on joitain vähemmän käytettyjä erikoispumppuja, jotka ovat edellä esitettyjen yhdistelmiä ja joita en tässä esittele. /2/ , /4/

2.4 Pumpun valinta

Pumpun valinnassa on huomioitava monia asioita kuten esimerkiksi mitä ainetta pumpataan (viskositeetti, tiheys, lämpötila, kiintoaine pitoisuus yms.), paljonko pumpataan, tarvittava nostokorkeus, pumpun toimiminen optimaalisella hyötysuhdealueella taloudellisen energian kulutuksen kannalta, pumpunrakennemateriaali, hankintahinta, huollettavuus ja varaosien saanti sekä pumpun säädettävyyys.

Pumpun valintaa helpottamaan on pumpun valmistajat laatineet pumpun mitoitusohjelmia, joita löytyy internetistä.

Tässä työssä pumpun valinta oli helppoa, koska lehtori Zenger oli huolehtinut asian puolestani. Eli pumpuksi oli valittu LOWARA SV8 sarjan monivaiheinen pystyasentoinen keskipakopumppu, jossa on 9 juoksupyörää. Moottorin teho on 4.0 kW ja nimellisvirta 8,14 ampeeria. Pumpun tuotto maks. on 233 l/min paineella 60 m vesipatsasta. Tuotto suurimmalla paineella 116 m vesipatsasta on 80 l/min. /2/ , /4/

2.5 Kavitointi

Kavitaatio on ilmiö jossa muodostuu kaasukuplia keskipakopumpun (ja potkuripumpun) juoksupyörän imureunalla, kun paine laskee nesteen höyrystymispaineen alapuolelle. Kun kaasukuplat joutuvat korkeamman paineen alueelle, ne luhistuvat, jolloin aiheutuu juoksupyörän tai pumpun seinämään pistemäisiä paineiskuja. Ne ylittävät metallin lujuuden. Lievä höyrykuplien muodostus ei ole kovin vaarallista. Höyrykuplien voimakasta muodostumista juoksupyörän imureunalla kutsutaan täysin kehittyneeksi kavitaatioksi. Täysin kehittynyt kavitaatio syntyy, kun juoksupyörän imureunalla on saavutettu nesteen

kylläisen höyryn paine vallitsevassa lämpötilassa. Koska höyrykuplat vievät suuren osan pumpun tilavuusvirrasta, pumpun tuotto laskee.

Höyrykuplien luhistuminen aiheuttaa eroosiota varsinkin hauraisissa materiaaleissa, joten materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa pumpun ja putkiston kavitaation kestoon. Kavitaatio aiheuttaa myös värähtelyitä ja niistä aiheutuvaa ääntä.

Kavitaatiota pyritään estämään pumpun oikealla sijoittamisella, imuputken mitoittamisella, eli lyhyesti välttämällä tilannetta, jossa nestevirtauksen paine alittaa nesteen höyrystymis paineen. Kuvassa 15 on esitetty kavitaation vaikutus juoksupyörään. /2/ , /4/



Kuva 15. Kavitaatioeroosio juoksupyörässä

2.6 Taajuusmuuttajan periaate

Taajuusmuuttaja on tehoelektronikkalaite (Kuva 16), jota käytetään teollisuudessa ohjaamaan ja käyttämään sähkömoottoria. Teollisuudessa käytetyin sähkömoottorityyppi on oikosulkumoottori (induktiomoottori). Taajuusmuuttajaa käyttämällä saadaan sähkömoottori pyörimään prosessin vaatimalla kierrosluvulla, esim. pumpun säätö tapahtuu kierroksia nostamalla tai laskemalla. Näin ollessa voidaan säästää energiaa verrattuna kuristussäätöön, useamman pumpun rinnakkaiskäyttöön, juoksupyörän muokkaamiseen tai muihin perinteisiin säätömuotoihin. Taajuusmuuttaja vähentää myös moottoriin ja sähköverkkoon kohdistuvia rasituksia.

Taajuusmuuttajalla säädetään sähköverkon vaihtovirran taajuutta ja amplitudia, jolloin voidaan säätää moottorin pyörimisnopeutta ja sen tuottamaa vääntömomenttia.

Lyhyesti selostettuna, taajuusmuuttaja tasasuuntaa verkon vaihtojännitteen tasasähköksi ja tuottaa tasasähköstä halutun suuruista/taajuista vaihtojännitettä.



Kuva 16. Taajuusmuuttaja (ABB OY)

2.7 Panielähetin

Panielähetin (Kuva 17) on teollisuudessa käytetty komponentti, joka mittaa prosessin painetta ja paineen muutosta. Lähetin välittää mittaustuloksen tietokoneelle, taajuusmuuttajalle, toimilaitteelle (venttiili yms.), jotka sitten säätelevät prosessin kulkua ohjelmoinnin mukaan. Analogiaviesteinä käytetään joko virtaviestiä (4-20 mA) tai jänniteviestiä (1-5 v). Panielähetintä voidaan käyttää myös säiliöiden pinnankorkeuden määrittämiseen. Ennen laitteen käyttöönottoa on se kalibroitava eli ”viritettävä” kulloisenkin prosessin mukaan, jotta se antaisi oikeita tuloksia. Panielähettämiä on useille eri painealueille, mitattaville aineille ja toiminta ympäristöille.

Tässä työssä painelähetin ohjaa taajuusmuuttajan kautta pumppua tarkoituksena pitää vakio paine mittaus kohdassa säätöventtiilin asennosta riippumatta.

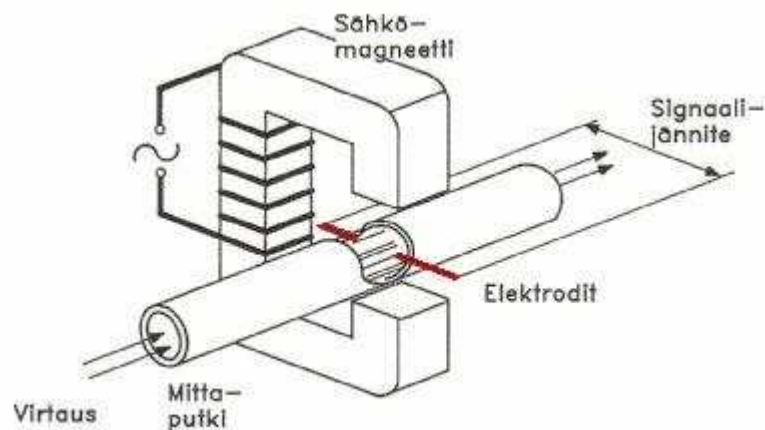


Kuva17. Panielähetin (Measurement Resources pty Ltd)

2.8 Elektromagneettinen virtausmittari

Magneettinen virtausmittaus perustuu magneettikentän läpi virtaavan nesteen elektrodeihin indusoimaan jännitteeseen (Kuva 18). Indusoidun virran voimakkuus riippuu suoraan nesteen virtaus nopeudesta. Indusoituva jännite ei riipu nesteen tiheydestä, viskositeetista, paineesta tai lämpötilasta. Elektromagneettinen virtausmittari ei sisällä liikkuvia osia, eikä aiheuta painehäviöitä virtaukseen.

Virtaavan aineen sähkönjohtavuus on kuitenkin oltava yli $1 \mu\text{S}/\text{cm}$. Mittarin mittaustarkkuus on erittäin hyvä ja se ei ole herkkä virtaavan aineen epäpuhtauksille. /1/ , /6/



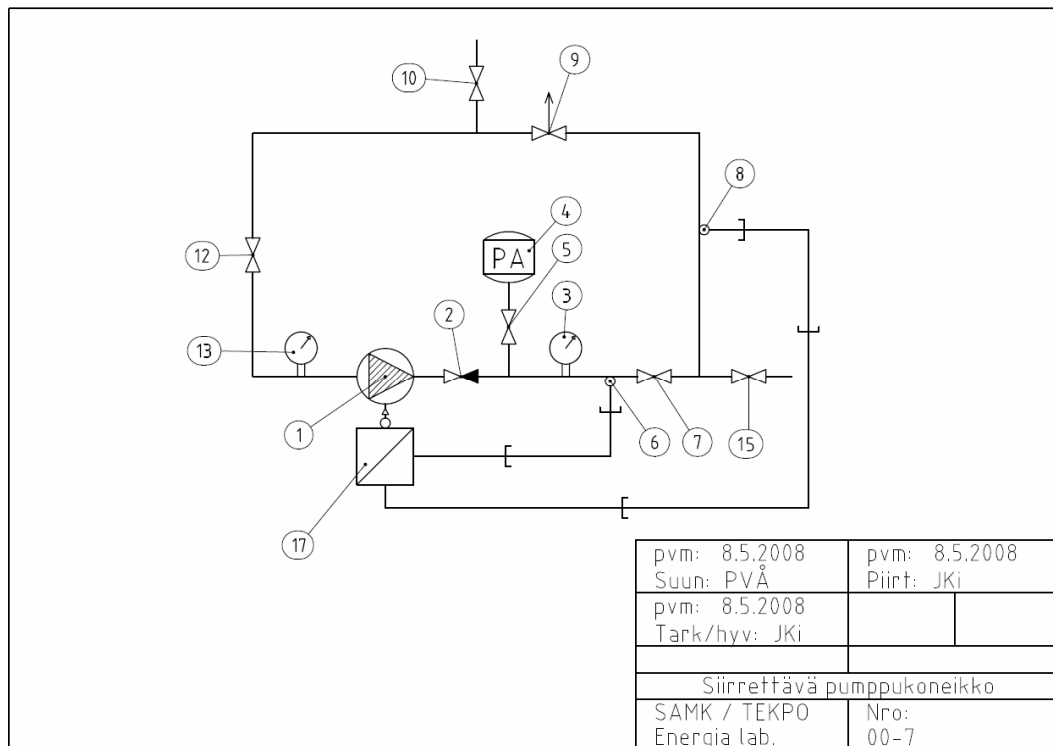
Kuva 18. Elektromagneettinen virtausmittaus, periaatekuva.

3.0 Koneikon suunnittelu ja valmistus

3.1 Koneikon toimintatavoitteet

Kuten alussa totesin, niin koneikon toimintatavoitteena on lisätä Satakunnan ammattikorkeakoulun energiatekniikan koulutusohjelman laboratoriossa harjoitusmahdollisuuksia. Koneikkoon tulee nykyaikaista ja energiaa säästävää säätötekniikkaa (mm. taajuusmuuttaja, elektromagneettinen virtausmittaus) ja teollisuuden yleisiä komponentteja (mm. takaiskuventtiili, varoventtiili, kalvopaisunta astia, palloventtiilejä).

3.2 Koneikon PI – kaavio- ja osat



Piirustus: SAMK, Energia-laboratorio, pumppukoneikko

pvm. 1.5.2008

Nimi: PVÅ

OSALUETTELO

1. Runko:

1.1 Suorakaideputki, 50*30*3, 7m

1.2 Suorakaideputki, 30*30*3, 13m

1.3 Kulmarauta, 30*30*4, 3m

1.4 Teollisuuspyörä, 100*35, 4 kpl osa.nro.24.

1.5 Taustalevy, fe, 350*450*4

m = n.39 kg

2. Putkisto ja kannakkeet:

osa.nro.

2.1 putki DN 40 (48,3*2), Aisi316, n. 4m 16.

2.2 Putki DN 65 (76,1*2), Aisi316, n. 1m 11.

2.3 Käyrä DN 40 hst, 4 kpl 23.

2.4 Käyrä DN 65 hst, 2 kpl 22.

2.5 Kartio (epäkeskeinen) DN 65>DN 40, (76,1*48,3*2), 2 kpl 14.

2.6 Kauluslaippa (pyörivä laipparengas), PN 16 DN 40, 6 kpl 21.

2.7 Kauluslaippa (pyörivä laipparengas), PN 16 DN 65, 2 kpl 20.

2.8 Pultit laippoihin, M16*65, 32 kpl

m = n.23 kg

3. Venttiilit:

osa.nro.			lvi-koodi	koodi
2.	Takaiskuventtiili	ONNLINE DN 40	3998205	be342
5.	Venttiili	ONNLINE prosess DN 20	3761105	cv306
7.	Linjasäätöventtiili	NAVALTRIM DN 40	4018006	cm466
15.	Venttiili	ONNLINE prosess DN 25	3761106	cv307
10.	Venttiili	ONNLINE prosess DN 25	3761106	cv307
12.	Venttiili	NAVAL DN 65 PN 16	3753274	am122
9.	Varoventtiili	ECONOSTO No 618E 1" avautumisp.		11bar

4. Muut toimilaitteet:

osa.nro.			
1.	Pumppu	LOWARA SV 809 R 40 T	
4.	Paisunta astia	REFLEX refix D 8	3437206
6.	Painelähetin	NAT 16,0 A tai vast.	4568410
8.	Virtausmittari	PROMAG 50 W tai 10 W DN 40	
3.	Painemittari	0-16 bar WIKA 213,53 Ø 100mm + hits.nippa	
13.	Painemittari	0-16 bar WIKA 213,53 Ø 100mm + hits.nippa	
17.	Taajuusmuuttaja	Mitsubishi FR-F740-00083-EC	

m = n.76 kg

yht.m = n.138 kg

5. Sähkövarusteet:

osa.nro.

- 18. KytKentäkotelo
- 19. Hätäpysäytyskytkin

3.3 Koneikon Lay-out piirustus

Katso liitteet.

3.4 Koneikon hinta arvio

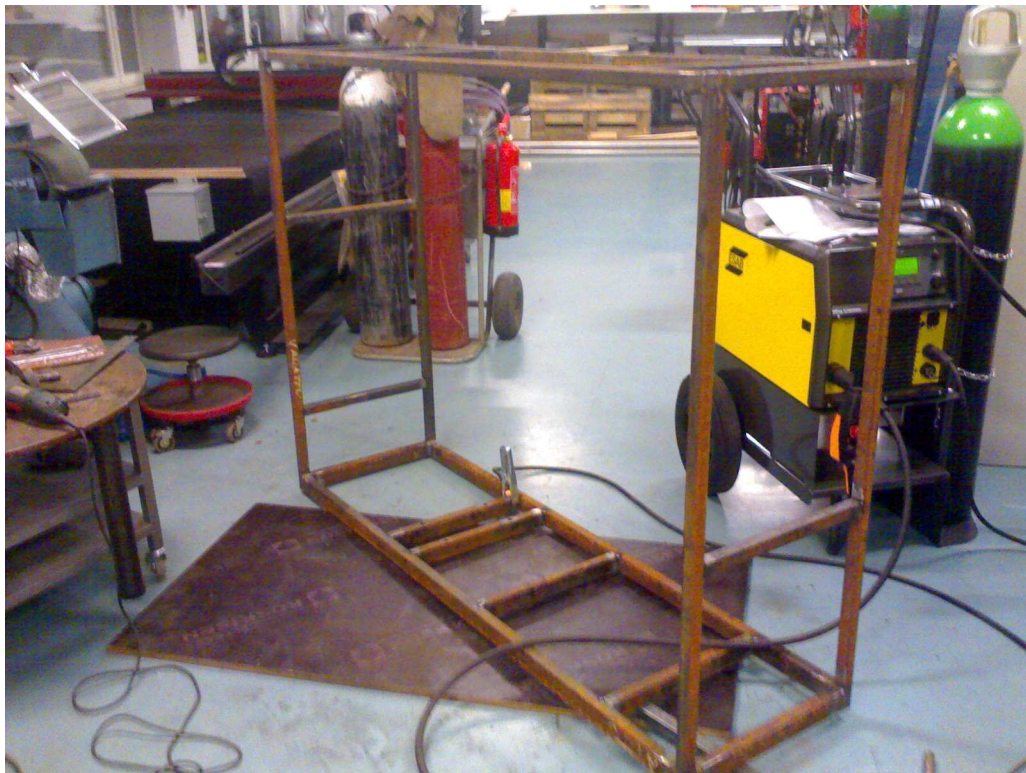
Koneikon osista pyysin tarjousta kahdesta eri yhtiöstä. Tarjouksissa ei ollut kovin suurta hintaeroa. Metso Endress+Hauser Oy:n Kari Kylävainio tarjosi vaihtoehtoista taajuusmuuttajaa (Allen-Brad.Power flex 4M), joka oli hieman kalliimpi kuin suunniteltu Mitsubishi FR-F740. Metso Endress+Hauser Oy:n tarjoamat venttiilit (mm. Vaxwe), olivat hinnaltaan lähes samat kuin toisen tarjoajan Porin putkirakentajat Oy:n venttiilit (mm. Naval, Onnline). Koneikon arvokkain yksittäinen komponentti, elektromagneettinen virtausmittari (Promag-10WDN40) oli Metso Endress+Hauserin tarjouksessa huomattavasti edullisempi johtuen ehkä siitä, että yhtiö toimii kyseisen tuotteen maahantuojana. Venttiilien ja muiden toimilaitteiden osalta tarjousten loppuhinta oli käytännössä molemmilla tarjouksen antajilla sama (ero n.10 euroa). Suurin ero tarjouksissa oli, että Porin putkirakentajat Oy pystyi toimittamaan myös pumppukoneikon putkisto- ja runko materiaalin. Koneikon hinta arvio muodostuu seuraavista asioista.

- runko, putkisto, toimilaitteet n.4500 euroa (sis.Alv 22%)
- pintakäsittely (hiekkapuhallus + maalaus) n.200 euroa
- työ 50h* n.40 euroa n.2000 euroa

Hinta arvio yhteensä n.6700 euroa.

3.5 Valmistus

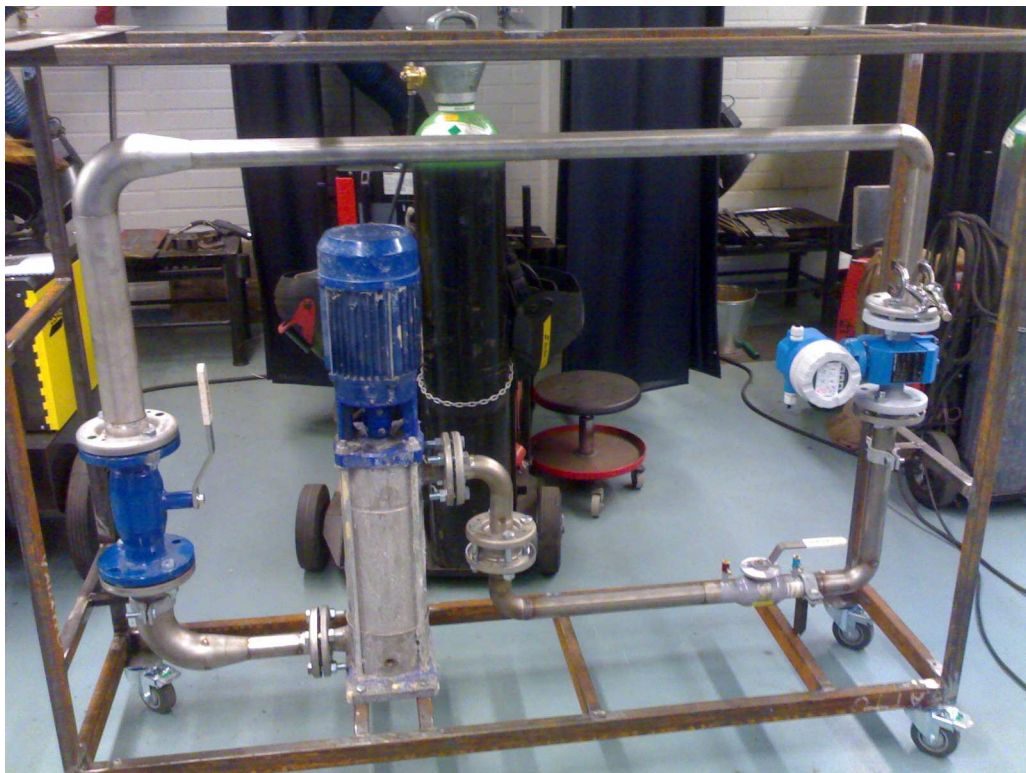
Pumppukoneikon suunnittelutyön edetessä Pekka Zenger tiedusteli halukkuuttani toteuttaa projekti myös teknisesti, eli rakentaa koneikko laboratorikäyttövalmiiksi. Minulla on aikaisempi metallialan koulutus ja kohtuullisesti työkokemusta metalli- ja hitsaustöistä telakoilta, teollisuus- ja voimalaitoksilta, joten lupauduin valmistamaan koneikon. Työ alkoi hyväksymällä Porin putkirakentajat Oy:n Pekka Aavikon tarjouksen pienin muutoksin. Tammikuussa 2008 aloitin koneikon kokoamisen tekemällä koneikonrungon valmiiksi. Rungon alaosa on suorakaideputkea 50*30*3 mm. ja yläosa neliöputkea 30*30*3 mm. Rungon (Kuva 19.) hitsauksessa käytin MAG – hitsausmenetelmää (Metal arc Aktiv Gas).



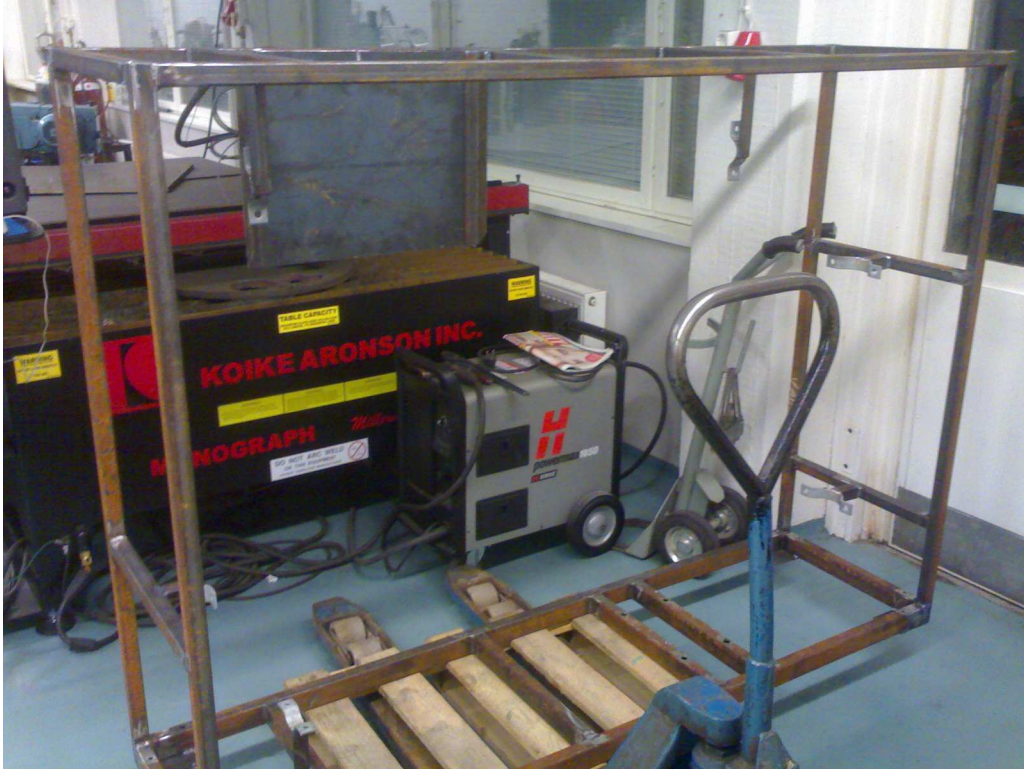
Kuva 19. Runko

Rungon alakulmiin tuli laput, joihin teollisuuspyörät kiinnittyvät tukevasti. Koneikon rungon valmistuttua kiinnitin pumpun runkoon ja aloitin putkiston rakentamisen. Putkiston hitsausmenetelmänä oli TIG – hitsaus (Tungsten Inert Gas). Putkisauman juuren suojana Sandvik Ab:n Root flux tahna. Kokosin putkiston rungon sisään silloittaen putkisaumat (Kuva 20) ja kannakoimalla putkiston koneikon runkoon. Silloituksen ja kannakoinnin jälkeen poistin putkiston hitsausta varten. Valmis runko lähtee pintakäsittelyyn eli hiekkapuhallukseen ja maalaukseen (Kuva 21).

Rungon ollessa pintakäsittelyssä jatkoin putkisaumojen hitsausta (Kuva 22). Hitsisaumat harjattiin kiiltäviksi hitsauksen jälkeen.



Kuva 20. Putkisto silloitettuna



Kuva 21. Runko lähdössä pintakäsittelyyn



Kuva 22. Putkiston hitsausta

Rungon pintakäsittelyn ja putkiston hitsauksen jälkeen alkoi komponenttien paikalleen asennus. Ensin teollisuuspyörät sitten pumppu/moottori kiinni runkoon, jonka jälkeen kiinnitin putkiston kannakkeisiin. Venttiilien, mittareiden ja paisunta-astian kierre liitoksissa käytin Teflon-putkitekippä. Painelähtetimen hitsattavamuhvi kutistui hitsauksen vaikutuksesta, joten jouduin avaamaan kierteen kierretapilla. Painelähtetimen liitoksen tiivistää O-rengas. Sähkötyöt teki Satakunnan ammattikorkeakoulun Jouko Ruojärvi.

4. KONEIKON KÄYTTÖ

4.1 Käyttö- ja turvallisuusohje

Putkiston täyttö tapahtuu seuraavasti:

Kytetään vesiletku kynsiliittimellä venttiiliin nro. 15. Avataan venttiilit nro. 5, 10 ja 15, sekä poistetaan ylimmäinen vesitulppa pumpusta. Lasketaan järjestelmään vettä vesijohtoverkosta, kunnes vesi valuu pumpun tulpasta. Kiinnitetään tulppa ja jatketaan veden täyttöä järjestelmään niin kauan, että vesi tulee ulos venttiilistä nro. 10. Nyt järjestelmä on täynnä. Mahdollinen ilma voidaan poistaa järjestelmästä seuraavasti. Suljetaan venttiili nro.15 ja käytetään pumppua noin 20 Hz taajuudella kaikkien venttiilien paitsi nro. 15 ollessa auki. Veden kiertäessä järjestelmässä ilma poistuu venttiilin nro.10 kautta. Venttiiliä nro.15 avaamalla saadaan ilma korvattua vedellä.

Suljetaan venttiilit nro. 10 ja 15. Tämän jälkeen voidaan poistaa vesiletku venttiilistä nro.15. Edellä mainituista toimenpiteistä huolimatta voi järjestelmään jäädä hieman ilmaa (lähinnä paisunta-astian vesitilaan), mutta sillä ei ole suurta merkitystä koneikon käyttöön. Järjestelmä tyhjennetään avaamalla venttiilit nro. 10 ja 15, sekä poistamalla pumpun alempi vesitulppa.

PUMPUN KÄSINAJO:

1. Kytetään virta päävirtakytkimestä.
2. Paina PU/EXT näppäintä. PU- valo syttyy. Taajuusmuuttaja paikallisohjauksessa.
3. Käynnistä pumpu painamalla FWD- näppäintä.
4. Aseta pyörimisnopeus (huom. maks.50 Hz) potentiometrillä ja paina SET. Pumppu pyörii asetetulla taajuudella.
5. Pumppu pysähtyy STOP/RESET- näppäimellä.

HUOM. Taajuusmuuttajassa käytössä parametrialueen laajennus (Pr.160 = 0), jotta tarvittavia parametrejä voidaan muuttaa. Myös Pr. 77 (nyt 2) on muutettu, jotta taajuusmuuttajaa voidaan ohjelmoida ajon aikana ja EXT- tilassa. Käsiajossa parametrin 183 on oltava 3 ja parametrin 193 on oltava 3.

Parametrien ohjelmointi (yleisesti):

1. Paina PU/EXT näppäintä. Taajuusmuuttaja siirtyy paikallisohjaustilaan (PU).
2. Paina MODE- näppäintä. Taajuusmuuttaja siirtyy parametrien asettelutilaan. (viimeksi asetellun parametrin numero ilmestyy näytölle).
3. Hae potentiometrillä muutettavan parametrin numero.
4. Lue SET- näppäimellä nykyinen arvo taajuusmuuttajan muistista.
5. Muuta potentiometrillä parametrin arvo sopivaksi.
6. Hyväksy SET- näppäimellä uusi asetus (uusi asetus vilkkuu näytöllä = asetus hyväksytty).

Mikäli haluat vaihtaa toista parametriä, siirry potentiometrillä suoraan kyseisen parametrin kohdalle ja toista näppäilyt kohdasta 4. eteenpäin.

Takaisin monitoritilaan pääset painamalla 2 kertaa MODE- näppäintä.

PUMPUN AJO PID- SÄÄDÖLLÄ:

1. Säädä parametrit seuraavasti.

Pr.128 = 20

Pr.183 = 14

Pr. 191 = 47

Pr. 192 = 16

Pr. 193 = 14

Pr. 194 = 15

Signaali 14 on tärkeä, koska se kytkee PID- ohjauksen päälle.

2. Valitaan lähetin, josta analogiaviesti halutaan. (paine tai virtaus)

3. Asetetaan parametri 133 haluttuun arvoon.(0 – 100 %).

- paine viesti alue 0 – 16 bar. (on painelähttimen alue), eli 50 % on 8 bar
paine. HUOM. pumpun maks. paine n. 12 bar.

- virtaus viesti alue n.15–378 l/min(huom. pumpun maks. tuotto n. 233 l/ min)

4. Käynnistä pumpu painamalla FWD- näppäintä. Pumppu nostaa paineen / virtauksen asetetulle % arvolle. Venttiilin nro. 7 oltava säädettynä riittävän pienelle virtaukselle, jotta asetettu paine saavutettaisiin (venttiili voi olla myös kokonaan kiinni).

Taajuusmuuttaja pyrkii pitämään asetetun paineen/virtauksen venttiilin nro. 7 asennosta riippumatta.

5. Pumppu pysähtyy STOP/RESET- näppäimellä.

Jos syöttöjännitteen katkaisee päävirtakytkimestä pumpun ollessa PID - ajossa, pumppu käynnistyy asetetulle taajuudelle jännitteen palautuessa. PID – ajossa. Käytössä olevan taajuuden (Hz) pystyy näkemään painamalla 2 kertaa MODE-näppäintä. Venttiiliä nro. 12 kuristamalla voidaan todeta kavitaatioilmiö pumpussa. - Paisunta-astian avulla voidaan järjestelmä esipaineistaa. Esipaineistus suoritetaan lisäämällä paineilmaa paisunta-astian ilmatilaan renkaan täyttölaitteen avulla. Esipaineistuksessa on huomioitava, että lähttimen maks. = 16 bar. PID- ajossa voidaan joutua säätämään parametrejä nro.130 ja 134.

5. YHTEENVETO- JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Projektin ollessa valmis voidaan miettiä hieman menneitä tapahtumia. Syksyllä 2007 koneikon suunnittelu oli edennyt jo varsin pitkälle huolimatta siitä, että pystyin tekemään töitä vain joka toinen kuukausi, koska olin samaan aikaan palkkatyössä laivalla. Tarjousten saaminen kesti myös aikansa, mutta tammikuussa 2008 oli tilatut tavarat toimitettu ja pääsin aloittamaan koneikon tekoa. Koneikon runko valmistui kohtalaisen nopeasti ja tammikuun aikana myös putkisto ja rungon pintakäsittely tuli valmiiksi. Sähkötöiden yhteydessä kävi ilmi, että epäilyni pumpun toimintakunnosta kävi toteen. Pumpunmoottori oli rikkoutunut ilmeisesti laakeririkon vuoksi. Helmikuun lopulla palatessani töistä alkoi uuden pumpun etsintä. Valinta oli helppo, koska putkisto oli tehty LOWARA:n pumpun mukaan. Kyseisen pumpun maahantuojana toimii HEKES Oy, josta kerrottiin pumpun toimitusajaksi vähintään kaksi viikkoa. Uuden pumpun asennus oli luonnollisesti helppoa, koska se oli samanlainen kuin vanha epäkuntoinen. Pumpun verollinen hinta oli n.1600 euroa. Taajuusmuuttajan käyttö vaati hieman paneutumista käyttöohjeisiin, mutta tarvittavat tiedot löytyi muutaman päivän kokeilujen jälkeen. Koneikko toimii suunnitellusti PID-säädöllä ottaen prosessiviestinsä joko painelähttimeltä tai virtausmittarilta. Sähkökytkentöjä piti tosin muuttaa hieman, koska virtausmittarissa oli oma virtalähde mA viestille. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että koneikko täyttää sille suunnittelussa asetetut vaatimukset.

Se toimii Satakunnan ammattikorkeakoulun tekniikka Porin yksikön energialaboratorion opetus- ja havaintovälineenä muiden laitteiden ohessa. Koneikossa on nykyaikaista säätö- ja mittaustekniikkaa. Varoventtiili on koneikossa enemmän havaintoväline kuin turvalaite. Huomioitavaa on myös se, että veden lämpötila kohoaa järjestelmässä pumpun ollessa päällä. Myös staattinen paine järjestelmässä kasvaa hieman lämpötilan noustessa.

6. Lähdeluettelo

/1/ Willi Bohl Teknillinen virtausoppi 1982, Tampere, Sonator

/2/ Bergius, Blomsten, Hedenfalk, Jonsson, Kempe, Nilsson, Pegert, Ullgren, Wenneström, Pumpputekniikka, Nesteiden pumppaus 1978, Helsinki, Insinööritieto

/3/ Laiho Esa-Matti, Putkijohtojen virtausteknisen mitoituksen perusteet 1991, Mikkeli, MTOL

/4/ Allan Wirzenius, Keskipakopumput 1969, Tampere, Kustannusyhtymä Tampere

/5/ Pentti Inkinen, Jukka Tuohi, Momentti 1, 2003, Keuruu, Otava

/6/ Pentti Inkinen, Jukka Tuohi, Reijo Manninen, Momentti 2, Keuruu, Otava

7. LIITTEET

Liite 1. Tarjous. Metso Endress+Hauser Oy

Liite 2. Tarjous. Porin putkirakentajat Oy

Liite 3. Tarjouspyyntö

Liite 4. Pumpun ominaiskäyrä

Liite 5. LAY-OUT piirustus

Liite 6. Kuva valmiista koneikosta.

Liite1.



SAMK
Petri Vång

<i>Vitteenne</i>	<i>Tarjouspyyntönne</i>	<i>Vitteemme</i>	<i>Päivämäärä</i>
		Kari Kylävainio	12.05.08
Puh. 040 7240812		Puh. 02 - 6475 799	<i>Sivujen lkm</i>
Fax.		tai 0400-959 240	
<i>Email.</i> pemavang@tp.spt.fi		Fax. 02-6475 799	
		<i>Email.</i> kari.kylavainio@metsoendress.com	

TARJOUS

FIN-KTK-07149

ASIA

Laitteita

VIITE

Tarjouspyyntönne

HINNAT

Vapaasti varastossamme Helsingissä päällyksettä ilman arvonlisäveroä. (alv 0%)

MAKSUEHDOT

30 pv netto

TOIMITUSAIKA

Noin 3-4 viikkoa tehtaalta

TAKUU

1 vuosi toimituksesta.

Tarjouksemme on voimassa 30 pv.

Kiitämme kyselystänne ja tarjoamme Teille Endress + Hauserin laitteita oheisen erittelyn mukaisesti:

Ystävällisin terveisin,

Metso Endress + Hauser Oy

Osa nro	Koko		Malli	Hinta
2.	DN 40	Takaiskuventtiili	FC EGO 2026 DN40 , AISI316	52,5
5.	DN 20	Venttiili	EA 302 TH / LBW	23,59
7.	DN 40	Linjasäätöventtiili	Vaxve 140 DN40 hits. teräs	165
15.	DN 25	Venttiili	EA 302 TH / LBW	31,88
10.	DN 25	Venttiili	EA 302 TH / LBW	31,88
12.	DN 65	Venttiili	EA 307 N FL PN 40	410,42
9.	1 "	Varoventtiili	618E R - 1" av. 11 bar	135
Yhteensä EUR :				<u>850,26</u>

Vaihtoehtoisesti linjasäätöventtilille

7.	DN 40	Linjasäätöventtiili	Vaxve 240 DN40 hits. AISI316	318,75
----	-------	---------------------	---------------------------------	--------

Osa nro

1.	Pumppu
4.	Paisunta astia
6.	Painelähetin
8.	Virtausmittari
3.	Painemittari
13.	Painemittari
17.	Taajuusmuuttaja

1 2 PUTKISTO JA KANNAKKEET
2 1101046 4 8 , 3 X 2 , 0 H E H K U T E T T U H S T T E R Ä S P U T K I E N 1.4432 4.00 M
43.85 -30.00 % 122.78
3 1101064 7 6 , 1 X 2 , 0 H S T T E R Ä S P U T K I E N 1.4432 1.00 M 142.20 -30.00 %
99.54
4 1141046 4 8 , 3 X 2 , 0 H S T K Ä Y R Ä E N 1 .4432 4.00 KPL 15.54 -30.00 % 43.51
5 1141064 7 6 , 1 X 2 , 0 H S T K Ä Y R Ä E N 1 .4432 2.00 KPL 38.21 -30.00 % 53.49
6 1161035 7 6 , 1 X 4 8 , 3 X 2 , 0 H S T S U P I S T U S K E N 1.4432 2.00 KPL 18.13 -
30.00 % 25.38
7 0525556 4 0 X 4 8 , 3 P N 1 6 A I S I 3 0 4 / 3 1 6 L O N N L I N E K A U L U S L A I P P A 6.00
KPL 62.26 -15.00 % 317.53
8 0525558 6 5 X 7 6 , 1 P N 1 6 A I S I 3 0 4 / 3 1 6 L O N N L I N E K A U L U S L A I P P A 2.00
KPL 105.93 -15.00 % 180.08
9 3244212 K U U S I O R U U V I M 1 6 X 7 0 S I N K I T T Y 32.00 KPL 1.05 -45.00 %
18.48
10 3246216 K U U S I O M U T T E R I Z N M 1 6 32.00 KPL 0.27 -45.00 % 4.75
11 3 . V E N T T I I L I T
12 3998205 D N 4 0 P N 4 0 A I S I 3 1 6 L A U T A S J O U S I O N N L I N E
TAKAISKUVENTT1..00 KPL 85.00 nto 85.00
13 3761105 D N 2 0 P N 4 0 2 5 0 0 P H / K F B C 3 16L O N N L I N E P R O C E S S
PALLOV1. .00 KPL 54.25 nto 54.25
14 4018006 D N 4 0 P N 4 0 A I S I 3 1 6 2 6 6 4 0 8 N A V A L T R I M L I N J A S Ä Ä T P H / P H
1.00 KPL 372.32 -28.00 % 268.07
15 3761106 D N 2 5 P N 4 0 2 5 0 0 P H / K F B C 3 16L O N N L I N E P R O C E S S
PALLOV1. .00 KPL 82.37 nto 82.37
16 3761106 D N 2 5 P N 4 0 2 5 0 0 P H / K F B C 3 16L O N N L I N E P R O C E S S
PALLOV1. .00 KPL 82.37 nto 82.37
17 3753274 D N 6 5 P N 1 6 N A V A L 2 8 5 5 1 0 P A L L O V . T E R Ä S L A I P . 1.00 KPL
176.87 -28.00 % 127.35
18 NO:618E/1" VAROVENTTIILI AV.PAINE 11 BAR 1.00 KPL 149.00 -10.00 % 134.10
19 4.MUUT TOIMILAITTEET
20 REFLEX-D-8/3437206 PAISUNTA-ASTIA 1.00 KPL 64.79 -15.00 % 55.07
21 NAT-16,0A PAINELÄH. 4568410 1.00 KPL 165.00 -20.00 % 132.00
22 PROMAG-10WDN40 VIRTAAUSMITTARI 1.00 KPL 1295.00 nto 1295.00
23 1203404 1 / 2 H I T S I N I P P A H S T 3 1 6 L 2.00 KPL 5.40 -30.00 % 7.56
24 WIKA-PAINEM.213,53/100MM/R1/2 VAIM. 2.00 KPL 138.00 nto 276.00
25 MITSUBISHI FR-F740-00083-EC TAJUUSMUUTTAJA 1.00 KPL 395.00 nto 395.00
26 1.RUNKO
27 50X30X3 SUORAKAIDEPUTKI 7.00 M 4.95 nto 34.65
28 30X30X3 SAMA 13.00 M 3.95 nto 51.35
29 KULMARAUTA 30X30X4 11.00 KG 1.45 nto 15.95

Porin Putkirakentajat Oy sivu : 1/2

Lounainen linjakatu 5

28130 PORI

102128 09.11.2007

PETRI VÄNG

28600 PORI

TARJOUS

Koodi Tuote Yks

Kotipaikka:

Y-tunnus: 0936660-7

Pori

Puhelin:

Telefax:

E-mail:

(02) 630 1800

(02) 630 1849

putkirakentajat@putkirakentajat.fi

Tarjous voimassa

Asiakas

Tilaaaja

Maksuehto

Korko%

Viitteenne

Viitteemme

Toimitus

Myyjä

Toim ehto

Toim tapa

15.11.2007

Toimitus:

Tilattu Alv 0% Yht

PETRI VÄNG Aavikko Pekka

SAMK/ENERGIA LAB.

11%

OP 570081-241202

ATK-Paja Oy raportti

30 HUOM SUORAK.PUTKI 6M/KULMARAUTA 6M/SALKO

Porin Putkirakentajat Oy sivu : 2/2

Lounainen linjakatu 5

28130 PORI

102128 09.11.2007

PETRI VÄNG

28600 PORI

TARJOUS

Kotipaikka:

Y-tunnus: 0936660-7

Pori

Puhelin:

Telefax:

E-mail:

(02) 630 1800

(02) 630 1849

putkirakentajat@putkirakentajat.fi

Tarjous voimassa

Asiakas

Tilaaaja

Maksuehto

Korko%

Viitteenne

Viitteemme

Toimitus

Myyjä

Toim ehto

Toim tapa

15.11.2007

Netto Alv 0%

Alv 22%

3961.64

871.56

4833.20

PETRI VÄNG Aavikko Pekka

SAMK/ENERGIA LAB.

11%

OP 570081-241202

YHTEENSÄ

ATK-Paja Oy raportti

Liite 3.

Hei.

Teen SAMK:n energiatekniikan laboratorioon pumppukoneikkaa

.
Pyydän tarjousta seuraavista tarvikkeista(koodit on onninen oy:n luettelosta).

Erilliset tarjoukset osista:1.runko + 2.putkisto ja kannakkeet

.
ja osista 3.venttiilit + 4.muut toimilaitteet.

Tarj.pyyntöön ei kuulu osat nro. 1.pumppu,
24.teollisuuspyörä,
18.ja19.sähkövarusteet.

.
Terv.Petri Vång
pemavang@tp.spt.fi

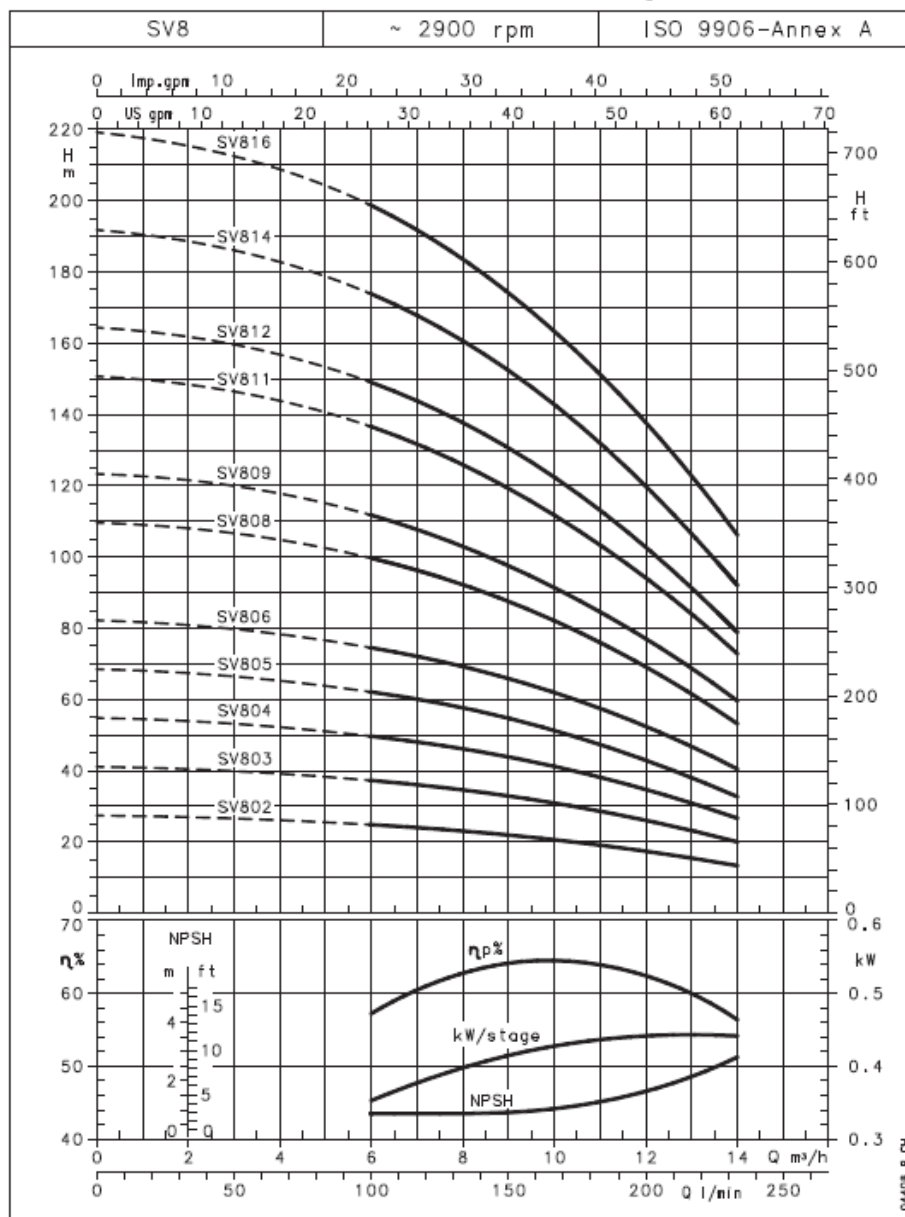
puh.0407240812 (olen työ matkalla 5.11.asti)

Opettajat:
Zenger 0400162798
Anttonen 0447103271



Lowara

**SV8 SERIES
OPERATING CHARACTERISTICS AT ~ 2900 rpm 50 Hz**



These performances are valid for liquids with density $\rho = 1.0 \text{ kg/dm}^3$ and kinematic viscosity $\nu = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$.

Liite 6.

