

Vastaanottaja  
**Jukka Rouhiainen**

Asiakirjatyyppi  
**Raportti**

Päivämäärä  
**8/2022**

Jakelu  
**Porvoon Vesi**  
**Porvoon kaupunki**  
**Porvoon Energia**

REV 1. 26.8.2022

# **PORVOON ENERGIA** **EDELFEITINRANNAN** **ENERGIASELVITYS**



**Rambollin Yhteyshenkilö:**

Jouni Laukkanen  
+358 40 5743555  
[jouni.laukkanen@ramboll.fi](mailto:jouni.laukkanen@ramboll.fi)

Mira Helve  
+358 40 8370814  
[mira.helve@ramboll.fi](mailto:mira.helve@ramboll.fi)

Tarkastaja: Mira Helve  
Hyväksyjä: Jouni Laukkanen

Ramboll Finland Oy  
PL 25  
Itsehallintokuja 3  
02601 ESPOO

P +358 20 755 611  
F +358 20 755 6201  
<https://fi.ramboll.com>

Y-tunnus 0101197-5  
Kotipaikka Espoo

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>Tausta</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Edelfeltinrannan lämpötehotarpeen määrittäminen</b>	<b>3</b>
2.1	15 300 kem <sup>2</sup>	4
2.2	29 600 kem <sup>2</sup>	6
<b>3.</b>	<b>Jätevesilämpöpumppulaitoksen alustava tekninen mitoitus, kuvaus, layout ja kaavio</b>	<b>8</b>
3.1	Lämmöntalteenotto jätevesiprosessista	8
3.1.1	Puhdistetun jäteveden purkuputki	10
3.1.2	Lähtevän veden 3-allas	10
3.2	Layout sijoitettuna Hermanninsaaren puhdistamolle	13
3.2.1	VE1, pieni lämpöpumppujärjestelmä	15
3.2.2	VE2, suuri lämpöpumppujärjestelmä	18
3.3	Kytkentäkaavio	21
3.3.1	VE1	22
3.3.2	VE2	24
<b>4.</b>	<b>Investointikustannukset</b>	<b>26</b>
4.1	Jätevesipumppauksen, -putkien ja laitteistojen kustannusarvio	26
4.2	Lämpöpumppujärjestelmän kustannusarvio	27
4.3	Perustustavan kustannusarvio	27
4.4	Kaukolämpölinjan rakennuskustannukset	28
4.5	Sähköliittymä	28
4.5.1	VE1	28
4.5.2	VE2	31
4.6	Suojarakennus	34
4.7	Kooste lämpöpumppujärjestelmän kustannuksista	35
<b>5.</b>	<b>Lämmön hinta jätevedellä tuotettuna</b>	<b>36</b>
5.1	Lämmön muuttuvat tuotantokustannukset	36
5.2	Lämmön hinta investoinnin kanssa	37
<b>6.</b>	<b>Vaihtoehdot lämmön tuotantoon</b>	<b>38</b>
6.1	Edelfeltinrannan liittyminen kaukolämpöverkostoon	38
6.2	Ilma-vesilämpöpumppu, kiinteistökohtainen	39
6.3	Maalämpö	40
6.4	Yhteenveto	40
<b>7.</b>	<b>Vastaavat hankkeet</b>	<b>42</b>

### LIITTEET:

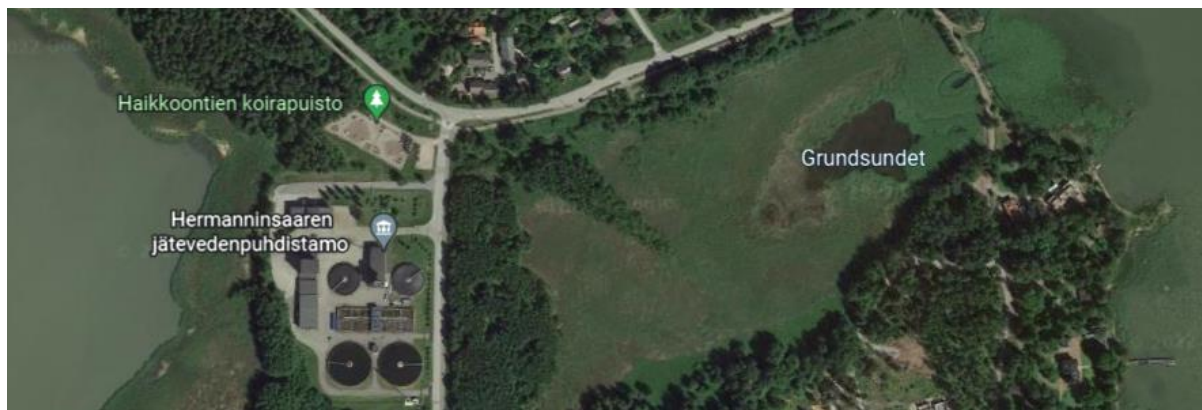
Liite 1	Tilantarvemäärittely, VE1 ja VE2
Liite 2	Asemapiirustus VE1 ja VE2
Liite 3	Asemapiirustus VE1 ja VE2, vaihtoehto
Liite 4	PI-kaavio JVP, VE1
Liite 5	PI-kaavio lämpöpumppujärjestelmä, VE1
Liite 6	PI-kaavio JVP, VE2
Liite 7	PI-kaavio lämpöpumppujärjestelmä, VE2
Liite 8	JVP Layout

## 1. TAUSTA

Porvoon kaupunki on kaavoittamassa uutta asuinalueita Edelfeltinrantaan. Alueelle on kaksi erilaista kaavoitusluonnosta, joissa suunnitellut kerrosneliöt ovat 15 300 kem<sup>2</sup> sekä 29 600 kem<sup>2</sup>.

Alueelle on aikaisemmin tarkasteltu laajasti eri lämmöntuotantomuotoja, joista potentiaalisimmaksi valittiin Porvoon Veden Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamon puhdistetun jäteveden lämmöllä tuotettu kaukolämpö lämpöpumppujärjestelmä avulla. Huippulämpö saataisiin kaukolämpöverkosta ja ylijäämä jäteveden lämmöstä voitaisiin hyödyntää Porvoon kaukolämpöverkoston.

Tässä raportissa tarkastellaan Edelfeltinrannan lämmöntuotantoa. Lämpöä voitaisiin tuottaa joko Porvoon Veden jätevedenpuhdistamon puhdistetun jäteveden hukkalämpöä hyödyntämällä tai kiinteistökohtaisesti ilma-vesilämpöpumpun tai maalämmön avulla.

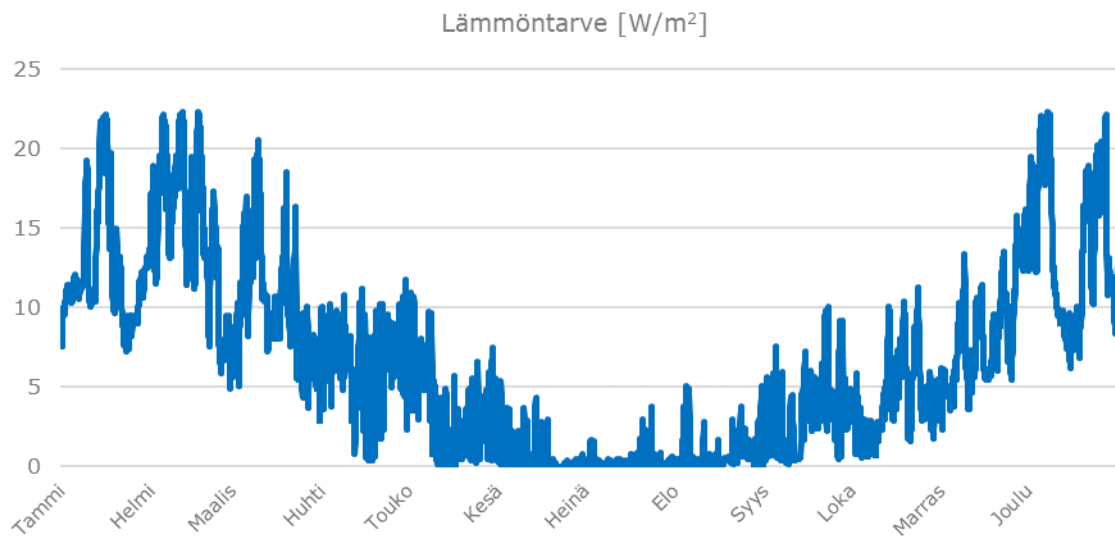


**Kuva 1. Porvoon Veden jätevedenpuhdistamo Hermanninsaarella.**

## 2. EDELFEITINRANNAN LÄMPÖTEHOTARPEEN MÄÄRITYS

Edelfeltinrannan lämmitystarve tuntivaihteluna määriteltiin kaavoitusluonnosten kerrosneliöiden perusteella. Annetut kerrosneliöt ovat 15 300 kem<sup>2</sup> sekä 29 600 kem<sup>2</sup>.

Rakennusten lämmitysenergiantarpeen arvio perustuu rakennusten neliöpohjaisiin kulutuksen tuntisarjoihin [W/m<sup>2</sup>]. Kuvassa 1 on esitetty neliöpohjaiset tuntiprofiilit, yhden vuoden jaksolta.



**Kuva 2 Asuinkerrostalokorttelin vuosittainen ominaislämmöntarve**

Asuinkerrostalon vuosittainen lämmitysenergiantarve on noin 88 kWh/kem<sup>2</sup>. Lämmitysenergiantarve sisältää tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen.

Asuinkerrostalojen lämmityksenkulutus perustuu viidenkymmenen vuosina 2013–2018 valmistuneiden asuinkerrostalorakennusten tuntikohtaiseen mittausdataan, joka on säädönsäädä vastaamaan vuoden 2021 Porvoon säädönsäädä. Käyttöveden kulutusprofiilissa sovellettiin yhden asuinkerrostalon 30 minuutin tarkkuudella mitattua kulutusprofiilia, sekä edellä mainittujen 50 asuinkerrostalon mittausdatan yhdistämistä yhdeksi keskimääräistä käyttöveden kulutusta kuvaavaksi tuntisarjaksi.

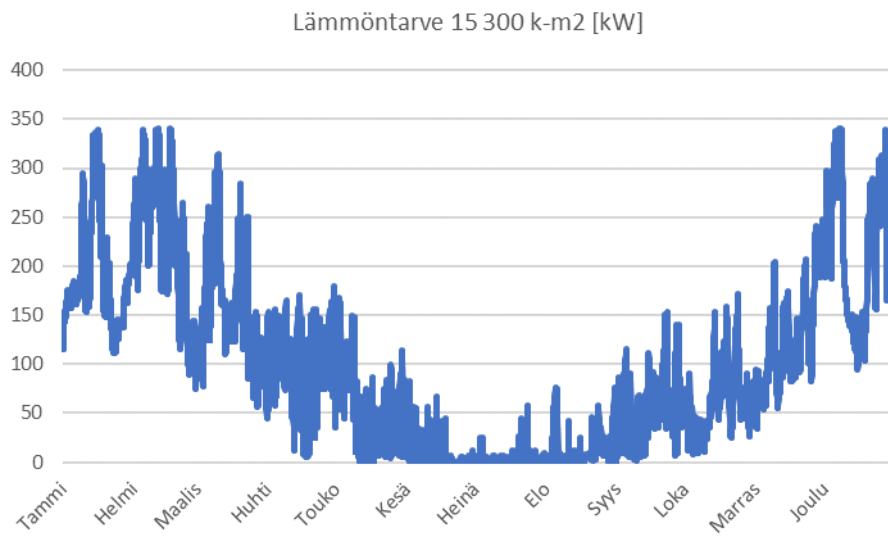
## 2.1 15 300 kem<sup>2</sup>

Vaihtoehdossa 1 on yhteensä 15 900 kerrosneliometriä. Rakennuksissa on noin 2–5 kerrosta.



Kuva 3. Edelfeltinrannan alustava luonnos, vaihtoehto 1.

Vaihtoehdon 1 lämmön huipputehontarve on noin 350 kW ja vuosittainen lämmöntarve on noin 860 MWh. Lämmöntarve vaihtelee merkittävästi vuodenajan mukaan. Kesällä lämpöä kuluu hetkittäin ainoastaan lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Alueen lämmönkeskiteho on noin 100 kW.



**Kuva 4. Edelfeltinrannan 15 300 k-m<sup>2</sup> lämmöntarve**

Pienemmän kaavoitusvaihtoehdon lämmöntarve on laskettu asuinkerrostalorakennusten tuntikohtaiseen mittausdataan perustuen, joka on säädöryhdytty vastaamaan vuoden 2021 Porvoon säädataa.



## 2.2 29 600 kem<sup>2</sup>

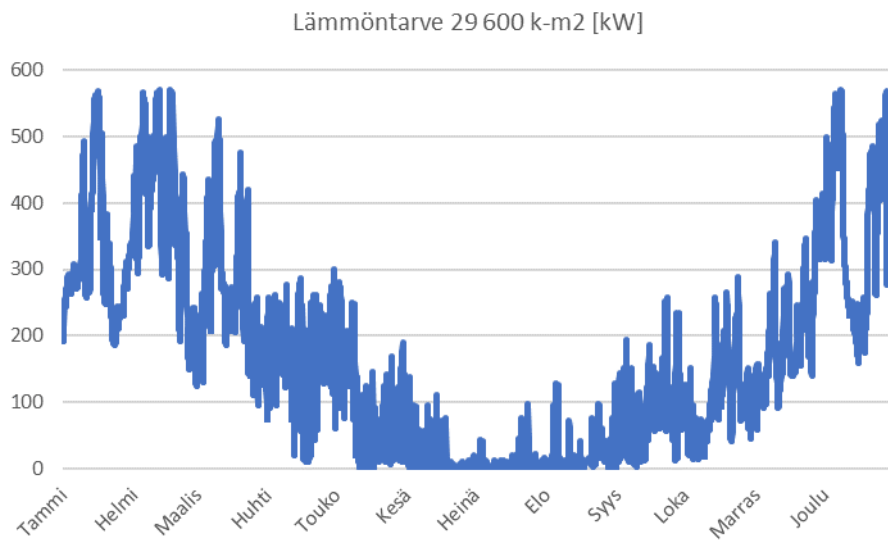
Vaihtoehdossa kaksi on yhteensä 25 900 kerrosneliömetriä. Rakennuksissa on 2–5 kerrosta. Suunnitellussa autohallissa noin 220 ap.



Kuva 5. Edelfeltinrannan alustava luonnos, vaihtoehto 2.

Vaihtoehdon 2 lämmön huipputehontarve on noin 570 kW ja vuosittainen lämmöntarve on noin 1450 MWh. Lämmöntarve vaihtelee merkittävästi vuodenajan mukaan. Kesällä lämpöä kuluu hetkittäin ainoastaan lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Alueen lämmönkeskiteho on noin 160 kW.





**Kuva 6. Edelfeltinrannan 25 600 k-m<sup>2</sup> lämmöntarve**

Suuremman kaavoitusvaihtoehdon lämmöntarve on laskettu asuinkerrostalorakennusten tuntikohtaiseen mittausdataan perustuen, joka on sääkorjattu vastaamaan vuoden 2021 Porvoon säädataa.

### 3. JÄTEVESILÄMPÖPUMPPULAITOKSEN ALUSTAVA TEKNINEN MITOITUS, KUVAUS, LAYOUT JA KAAVIO

Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamolla käsitellään Porvoon kaupungin ja Askolan yhdyskuntajätevedet. Teollisuusjätevesien osuus ei ole merkittävä. Puhdistamo on mitoitettu 38 600 asukkaan jätevesille ja mitoitusvirtaama on 13 200 m<sup>3</sup>/d.

Normaalitilanteessa suoraan ilmastusaltaille johdetaan noin 60 % tulevasta jätevedestä ja esiselkeytykseen 40 %. Esikäsitellystä vedestä ohitetaan normaalisti esiselkeytyksen ohi suoraan biologiaan 60 % tulevasta jätevedestä. Esikäsitelty vesi johdetaan biologiaan painovoimaisesti.

Ilmastusaltailta vesi johdetaan painovoimaisesti kahdelle pyöreälle jälkiselkeytysaltaalle. Jälkiselkeytysaltaan jälkeen vesi johdetaan painovoimaisesti jälkikäsitelyyn. Mahdolliset biologisen osan ohitusvedet sekoittuvat biologisesti käsiteltyyn veteen tulokaivossa ennen jälkikäsitelyä.

Jälkikäsitelylaitteisto on asennettu vanhan purkupumppaamon 3-altaaseen. Jälkiselkeytetty vesi purkautuu ylivuotona 3-altaaseen. 3-altaasta lähtevä vesi johdetaan 2- ja 3-altaiden väliseen yhdysputkeen. Yhdysputkesta on yhteys purkuputkeen, johon vesi virtaa painovoimaisesti pienillä virtaamilla (n. alle 500 m<sup>3</sup>/h), tätä isommilla virtaamilla jätevesi joudutaan pumppaamaan purkuputkeen 2- ja 3-altaissa olevien pumppujen avulla.

Työssä on laadittu tuntikohtainen malli jätevesivirrasta kaukolämmöntuotantoon yhdelle vuodelle, jossa on huomioitu jätevedestä otettu lämpö sekä käytetty sähkö. Jätevesivirran ja sen lämpötilan perusteella on mitoitettu kaksi erilaista lämpöpumppujärjestelmää kompressoritehoineen, eri käyttötilanteille:

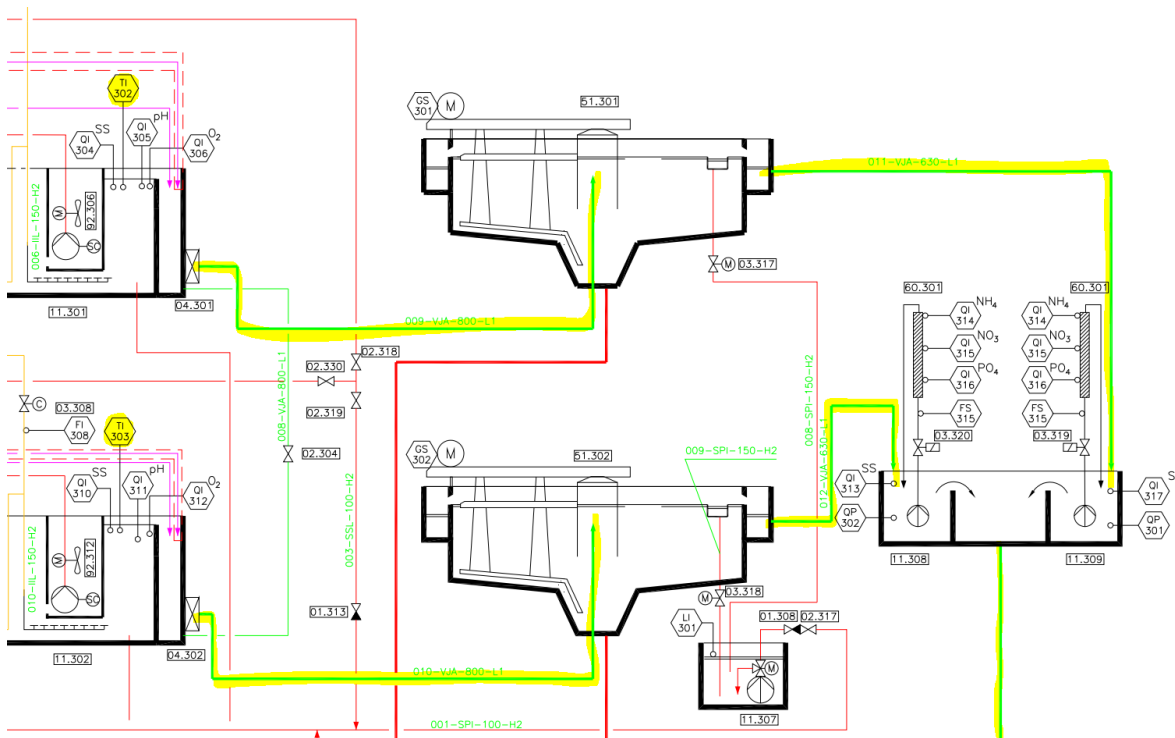
- pieni lämpöpumppu, jolla pyritään maksimoimaan lämpöpumpun käyttöaika
- lämpöpumppu, sopivaksi katsottavalla huipun käyttöajalla, jossa hyödynnetään suurempi osa vesivirrasta, mutta ei kuitenkaan kaikkia yksittäisiä maksimiarvoja

Työssä on myös kuvattu lämmöntalteenottojärjestelmän kytkentä jätevesilinjaan. Lämmöntalteenottoa ei ole varustettu erillisellä ohituspumppauksella. Mikäli lämpöpumppulaitos ei ole toiminnassa, lämmöntalteenottoon syöttävän jätevesipumput eivät pumppaa. Järjestelmä on täysin ohitettavissa prosessihäiriöiden varalta.

#### 3.1 Lämmöntalteenotto jätevesiprosessista

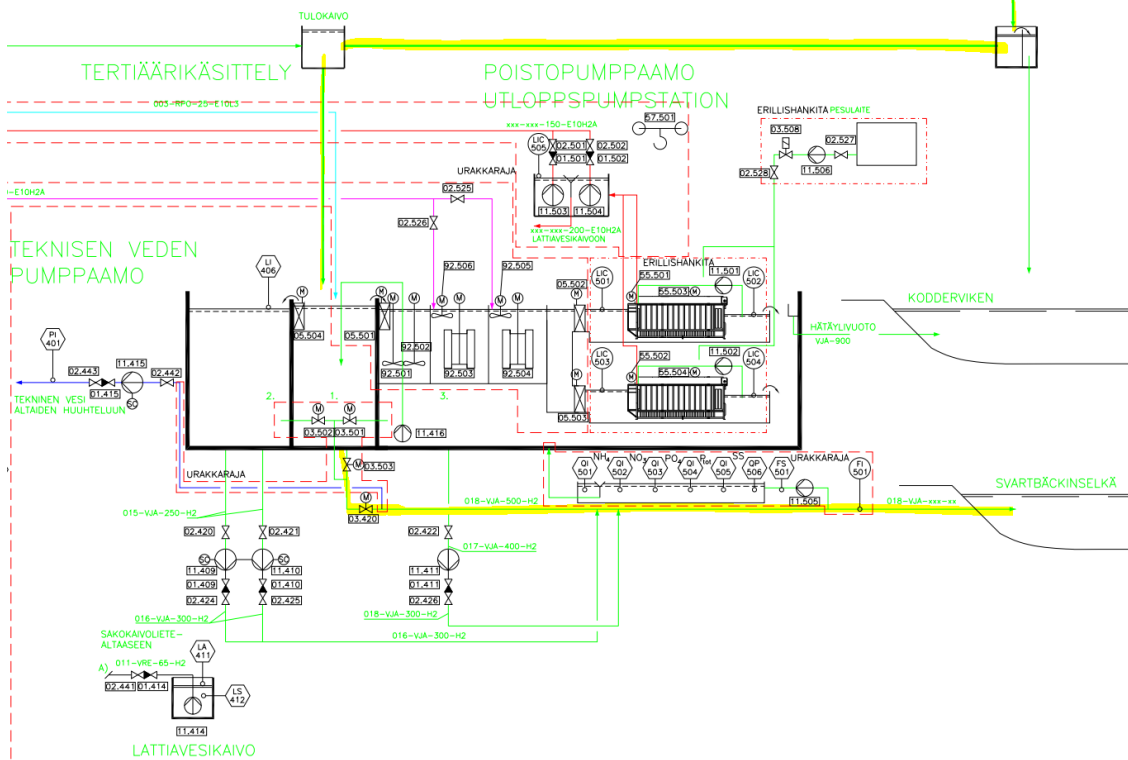
Jätevesiprosessista hyödynnettävä lämpö otetaan puhdistusprosessin loppupäästä, jälkisuodatuksen jälkeen puhdistusprosessin häiriintymisen estämiseksi.

Biologisen prosessin viimeisenä vaiheena olevasta jälkikäsitelystä vesi johdetaan 3-altaaseen, josta se pienillä, ( $\sim < 500 \text{ m}^3/\text{h}$ ) virtaamilla johdetaan painovoimaisesti mereen purkuputkea pitkin. Virtaamien kasvaessa tai meren pinnan noustessa korkealle vesi ei enää virtaa painovoimaisesti, vaan vesipinta alkaa nousta 2-altaassa. Tällöin 2-altaan purkupumppaus käynnistyy. Huippuvirtaamapäivinä 2-altaan purkupumppujen tuotto ei yksistään riitä. Vedenpinnan noustessa edelleen myös 3-altaassa ao. altaan purkupumppaus käynnistyy. Purkupumppaus on mitoitettu pumppaamaan myös harvinaisen suuret virtaamat. Jätevesi johdetaan noin 8 km pitkää purkuputkea pitkin Svartbäckin selälle.



Kuva 7. Mittauspisteiden sijainti jälkiselkeytysprosessissa (PI-kaavio 101005193-001-7001)

Kuva 7. Mittauspisteiden sijainti jälkiselkeytysprosessissa (PI-kaavio 101005193-001-7001) ovat esitettyinä jälkiselkeytyksen lähtötietoina käytetyt lämpötilan mittauspisteet TI 302 sekä TI 303. Mittauspisteiden lämpötilat ovat samanlaiset. Lisäksi vedet sekoittuvat myöhemmin, joten jälkiselkeytyksestä lähtevän veden lämpötila on mittauspisteissä esitetyn kaltainen.



Kuva 8. Poistopumppaamoon tulevan puhdistetun jäteveden lämpö hyödynnettäisiin sijoittamalla lämmöntalteenottojärjestelmä poistopumppaamon yhteyteen (PI-kaavio 101005193-001-7001)

Kuva 8. Poistopumppaamoon tulevan puhdistetun jäteveden lämpö hyödynnettäisiin sijoittamalla lämmöntalteenottojärjestelmä poistopumppaamon yhteyteen (PI-kaavio 101005193-001-7001) on jatkoa edellisen vaiheen PI-kaaviosta. Kuvan vasemmassa yläkulmassa on jälkiselkeytyksestä tuleva vesivirta. Vesi kulkee tulokaivon kautta jälkisuodatusaltaisiin. Suunnittelun lähtötietoina on käytetty tulevan veden vesivirtaa sekä pinnanmittauksia LI 406 ja LI 407.

Laitoksen ensimmäinen ohituskohta on esiselkeytyksen jälkeisessä vedenjakorakenteessa. Biologisen prosessiin ohitus tapahtuu säädettävän ylivuotoreunan kautta purkupumppaamaa edeltävään kaivoon, jossa ohitusvedet sekoittuvat biologisesti käsitellyt jäteveteen ja josta ne johdetaan jälkisuodatuksen kautta poistopumpuille. Lämmöntalteenottojärjestelmien suunnittelussa on huomioitu ohitusjärjestelyt vikatilanteiden varalta.

### **3.1.1 Puhdistetun jäteveden purkuputki**

Puhdistetun jäteveden virtaus on epätasainen, jolloin puhdistettua jätevettä ei voida ottaa suoraan laitoksen purkuputkesta. Puhdistetun jäteveden virtaus vaihtelee paljon eri vuodenaikojen ja vuorokauden tilanteiden mukaan. Puhdistetun jäteveden massavirta on joinain hetkinä hyvin lähellä nollaa, jolloin lämpöä ei voitaisi hyödyntää lämmöntuotantoon.

Puhdistetun jäteveden purkuputki pyritään yleensä mitoittamaan riittävän suureksi vastaamaan arvioituja virtaamahuippuja. Laitoksen poistoputki toimii pääsääntöisesti ilman pumppausta, viettolinjana. Lämmöntalteenottojärjestelmän tulisi sijaita samalla tasolla poistoputken kanssa.

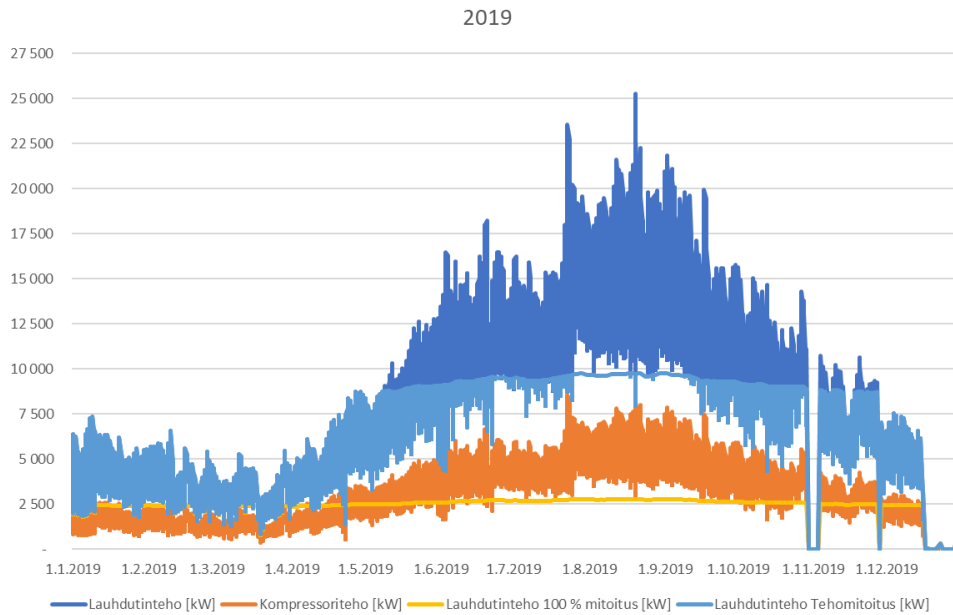
Lämpöpumppu tulisi mitoittaa pienelle teholle, jotta poistovedestä saadaan lämpöä hyödynnettyä. Useammalla pumpulla on mahdollista kattaa laaja skaala eri virtaamia, mutta investointikustannukset nousevat suuriksi.

Lämmöntalteenotto suoraan purkuputkesta ei antaisi riittävästi lämpöä, jotta lämpöä kannattaisi hyödyntää kaukolämmöntuotantoon. Koska purkuputkesta otetun lämmön investointikustannukset ovat suuret suhteessa saatuun hyötyyn, ei lämmöntalteenottoa purkuputkesta ole tarkasteltu tässä selvityksessä.

### **3.1.2 Lähtevän veden 3-allas**

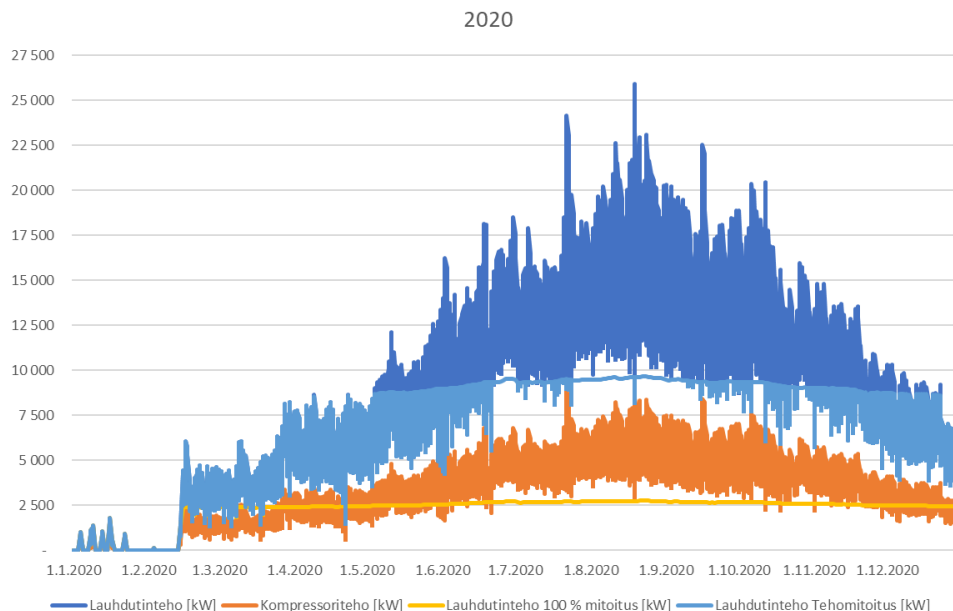
Lähtevän veden 3-allas toimii tasausaltaana ja antaa lämpimän veden hyödyntämisen mahdollisuuden jatkuvaan lämmönlähteeseen, mikäli lämmöntalteenottoa säädetään tulevan veden mukaan.

Lämmöntalteenottojärjestelmä hyödyntää 3-altaalle kerääntyvää lämmintä vettä, palauttaen veden 2-altaaseen, josta edelleen nykyisiä virtausreittejä pitkin purkuputkeen. Lämmöntalteenottojärjestelmä hyödyntää lämpöä laitokselle tulevan jäteveden virtauksen mukaisesti, jotta altaasta hyödynnettävä lämpötila pysyy riittävän korkealla kaukolämmön tuottamiseen.



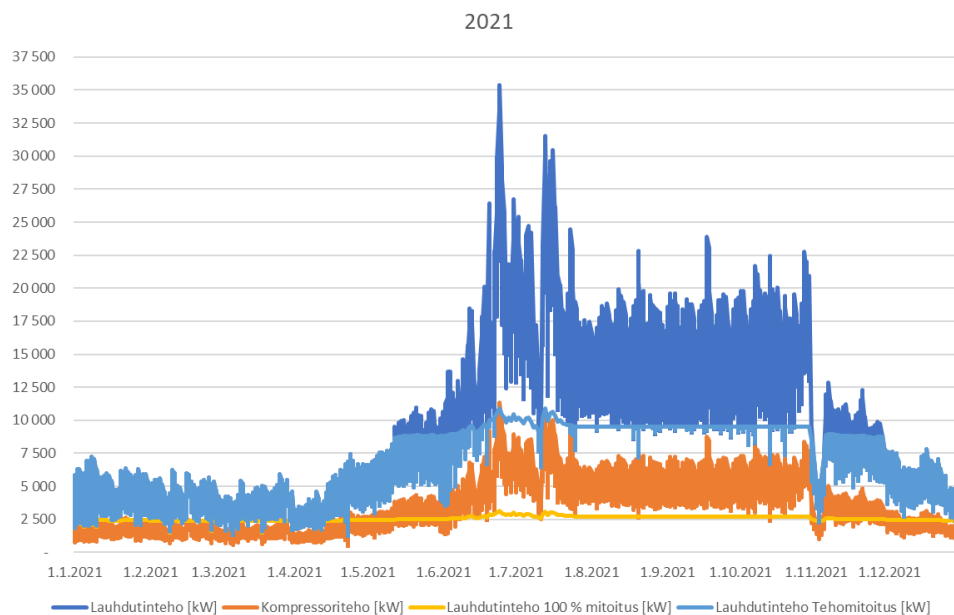
**Kuva 9. Vuoden 2019 mittaustietojen perusteella havainnollistettu saatava hetkellinen lämpöteho.**

Vuoden 2019 mittaustietojen perusteella yllä olevaan kuvaan on havainnollistettu hetkellisteho alustavan lämpöpumpumitoituksen perusteella. Saatava hetkellinen lämpömäärä on suoraan verrannollinen jälkisuodatukseen tulevan lämpimän veden virtauksen kanssa. Vaikka lämpötehoa hyödynnetään 3-altaasta, on silti huomioitava altaaseen tulevan lämpöenergian määrä. Kuvassa on esitetty kahden eri kokoisen lämpöpumpun teoreettiset lauhdutin- ja kompressoritehot.



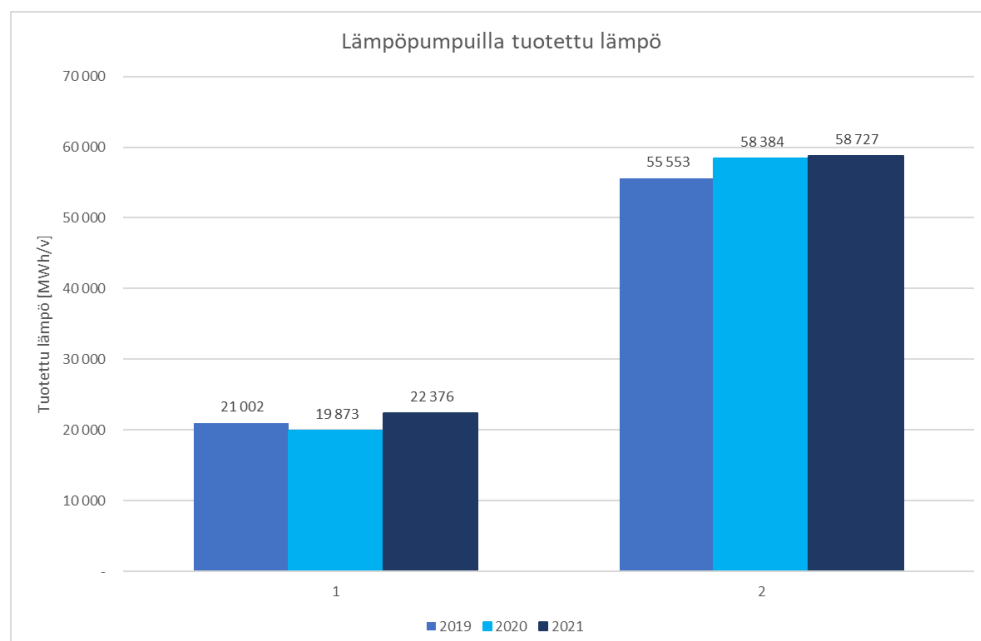
**Kuva 10. Vuoden 2020 mittaustietojen perusteella havainnollistettu saatava hetkellinen lämpöteho.**

Vuoden 2020 alkuvuoden mittausdata on vuoteen 2019 verrattuna poikkeavaa. Mittausdatan poikkeavuuden tai prosessihäiriöiden vuoksi on tarkasteltu vuosien 2019–2021 keskimääräisiä hetkellistehoja.



**Kuva 11. Vuoden 2021 mittaus tietojen perusteella havainnollistettu saatava hetkellinen lämpöteho.**

Vuoden 2021 mittausdata on tasaista lämmityskauden aikana. Kesäaikana saatavan lämpöenergian määrä on ollut poikkeuksellisen suuri aiempiin vuosiin verrattuna. Vuoden 2021 korkein hetkellisteho on ollut yli 35 000 kW, kun vuosien 2019 ja 2020 suurimmat hetkellistehot ovat olleet noin 26 000 kW.



**Kuva 12. Pienellä lämpöpumpulla saadaan tuotettua keskimäärin 21 000 MWh vuodessa, suurella lämpöpumpulla noin 57 500 MWh vuodessa.**



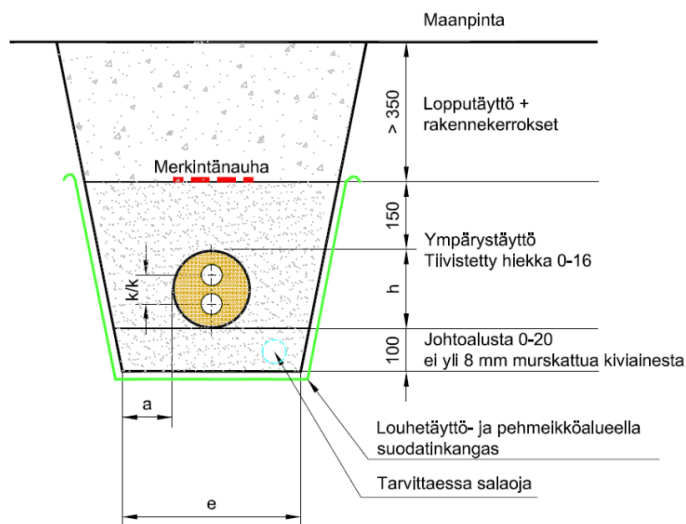
Yllä olevassa kuvassa on havainnollistettu kolmen viimeisimmän vuoden eroja, saadun teoreettisen lämpömäärän suhteen. Selvitystyössä on huomioitu näiden kolmen eri vuoden keskiarvo, jotta lämmön hyödyntämisestä saataisiin keskimääräistä tilannetta vastaava kuva.

### 3.2 Layout sijoitettuna Hermanninsaaren puhdistamolle

Alustava layout on määritelty Rambollin asiantuntijoiden kokemuksen sekä Oilon Group Oy:n antaman budjettitarjouksen mukaan. Kaikki mitat tarkistettava ennen toteutussuunnittelun käynnistämistä.

Lämpöpumppulaitoksen layout on periaatteellinen tilantarvesuunnitelma siten, että lämpöpumppulaitoksen tilantarve sekä kytkentä jäteveden purkupuutkeen on havainnollistettu.

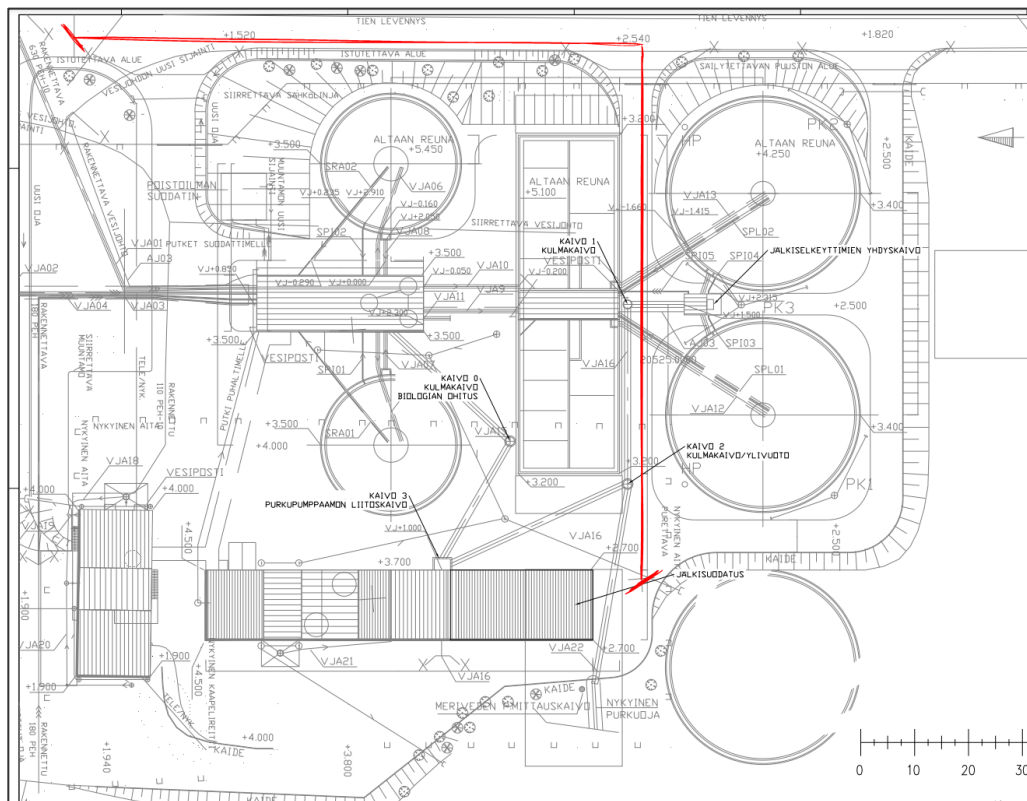
Työn yhteydessä on tehty kohdekäynti, jossa on tarkasteltu lämpöpumppulaitoksen mahdollinen sijoituspaikka. Rakennuksen päädyssä on jonkin verran tilaa lämpöpumppulaitokselle ja toteutus on teknisesti mahdollista jätevedenpuhdistusprosessin häiriintymättä normaalikäytön aikana.



Kuva 13. MPUK kanavan poikkileikkaus.

Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamishjeiden mukaan VE1:n putkikoon DN 125, kaivannon kokonaissyvyys 1 100 mm, kaivannon pohjan leveys 900 mm ja VE2:n putkikoon DN 200, kaivannon kokonaissyvyys 1 310 mm, kaivannon pohjan leveys 1 110 mm.

Kaukolämpöputkijohdon pituus on laskettu Porvoon Energian alustavien suunnitelmien mukaan. Kaukolämpöjohdon liittyminen lämpöpumppujärjestelmään on esitetty alla olevassa kuvassa.



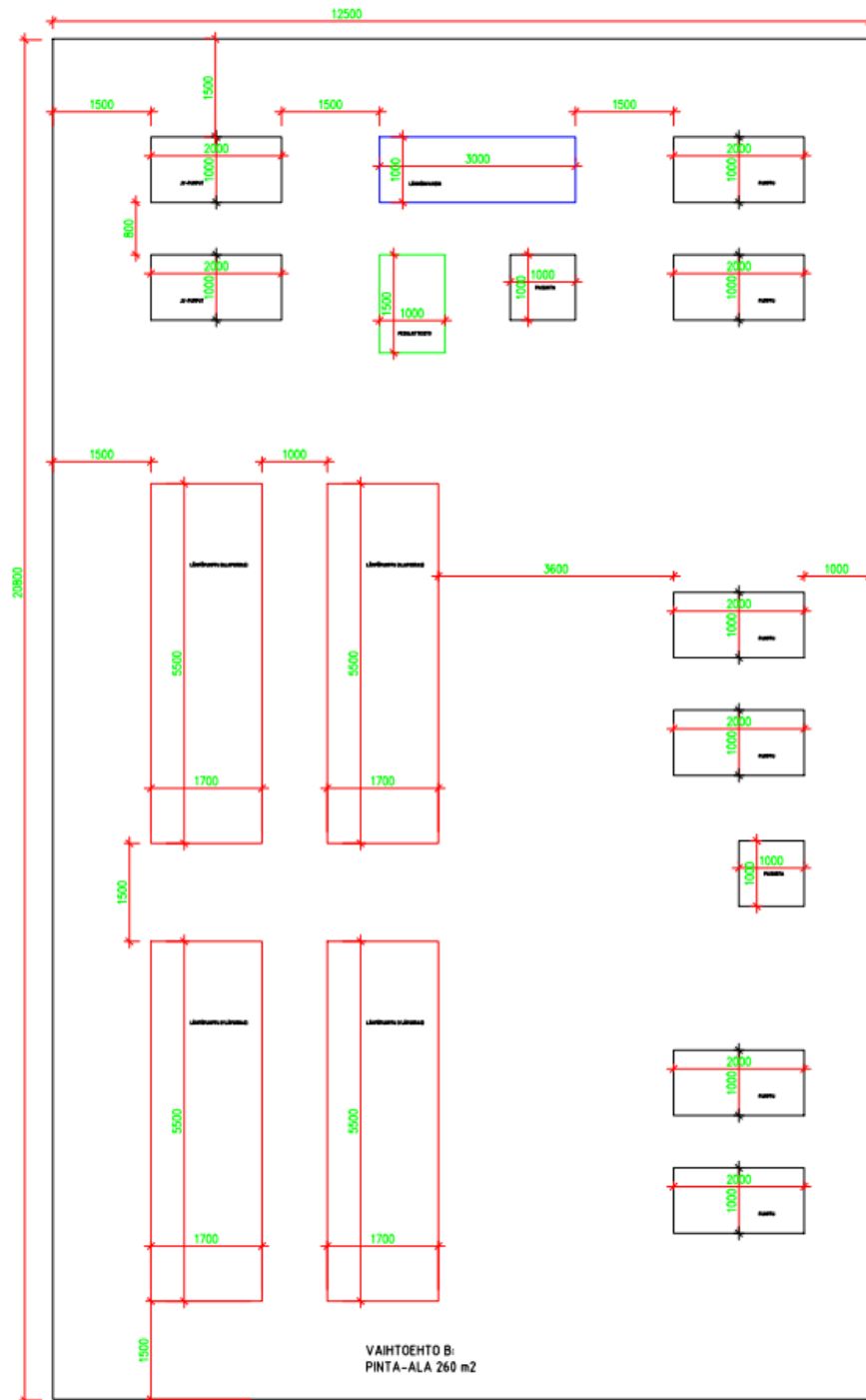
**Kuva 14. Alustava reittisuunnitelma kaukolämpöputkelle.**

Alustava reittisuunnitelma kaukolämpöputkelle on katsottu Hermannintielle rakennettavasta runkolinjasta suoraan lämpöpumppujärjestelmälle. Kohdekäynnin aikana on arvioitu, että alustavan reittisuunnitelman kohdalla maanalaiset putket olisivat riittävän syvällä, jolloin kaukolämpöputken rakentaminen olemassa olevien rakenteiden yläpuolelle saattaisi olla mahdollista.

Porvoon Veden kiinteistölle sijoitetun kaukolämpöputken linjaus tutkitaan toteutussuunnittelussa. Ennen maanrakennustöiden alkua, tulisi maanrakennusurakoitsijan kanssa suorittaa katselmus johtoreitillä.

### 3.2.1 VE1, pieni lämpöpumpputjärjestelmä

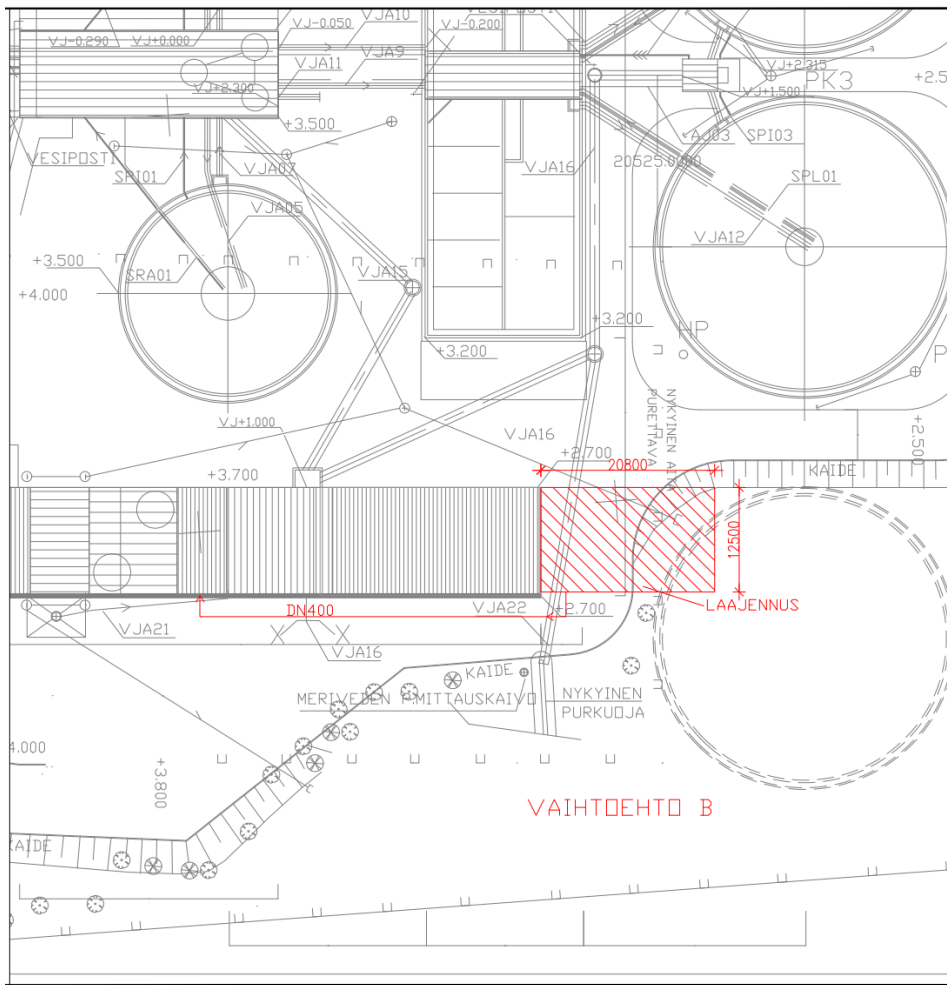
3 MW:n lämpöpumpputjärjestelmän alustava rakennuspinta-ala, ilman sähköpääkeskusta, on noin 260 m<sup>2</sup>. Lämpöpumpputjärjestelmän tilantarpeen mitoituksessa on huomioitu pumppujen ja muiden laitteistojen lisäksi putkistojen tarvitsemat tilat huoltotiloineen.



Kuva 15. VE 1, 3 MW:n lämmönlähteentojetjärjestelmän alustava tilantarpeen mitoitus.

Kohdekäynnillä Hernesaaren jäteveden puhdistamolla on tarkasteltu, että pienempi lämpöpumppujärjestelmä voisi olla mahdollista sijoittaa poistopumppaamorakennuksen päädyn. Jätevedestä hyödynnettävä lämpömäärä on ollut oletettua suurempi, jolloin myös lämpöpumppujen vaatima tila on suurempi.

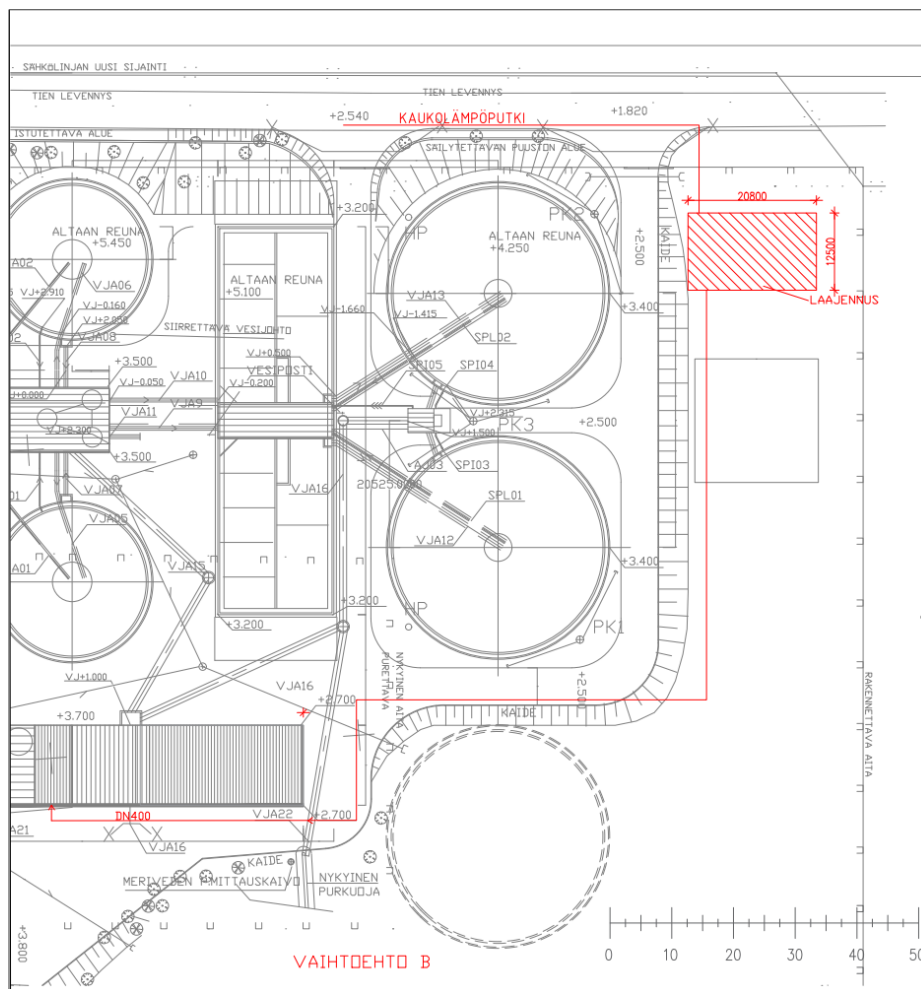
Rakennuksen päädyssä on varaus uudelle jälkiselkeytsaltaalle. Lämmöntalteenottojärjestelmän arvioitu tilantarve menee varausalueen kanssa limittäin noin 30 m<sup>2</sup>.



Kuva 16. VE1, aluelayout.

### Vaihtehtoinen sijoituspaikka

Mikäli lämmöntalteenottojärjestelmä sijoitettaisiin Hermanninsaarentien viereen, ei jälkiselkeytsaltaan tilavarausta tarvitsisi muuttaa. Vaihtehtoisesta sijoituspaikasta aiheutuisi muutamia lisäkustannuksia, kuten painetta nostavat lisäpumput, niiden tarvitsemat rakennusneliöt (n. 11 m<sup>2</sup>) sekä putkistokustannukset. Kaukolämpöjohtojen rakennuskustannukset puolestaan pienenisivät hieman. Alustava suunnitelma vaihtehtoisesta sijoituspaikasta kustannuksista ovat noin 140 855 euroa suuremmat.

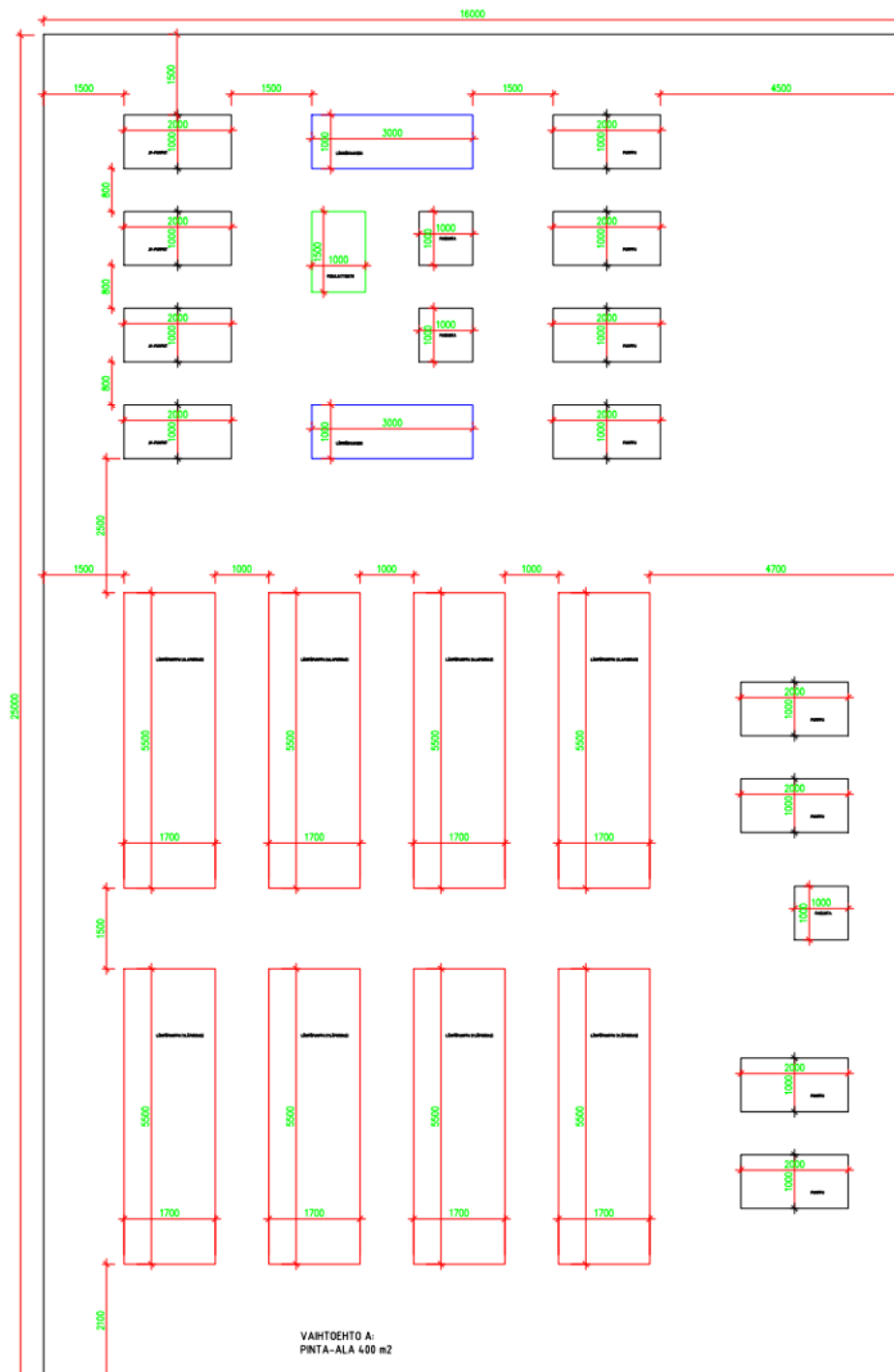


Kuva 17. Vaihtehtoinen sijoituspaikka, VE1.

### 3.2.2 VE2, suuri lämpöpumppujärjestelmä

11 MW:n lämpöpumppujärjestelmän alustava rakennuspinta-ala, ilman sähköpääkeskusta on noin 400 m<sup>2</sup>.

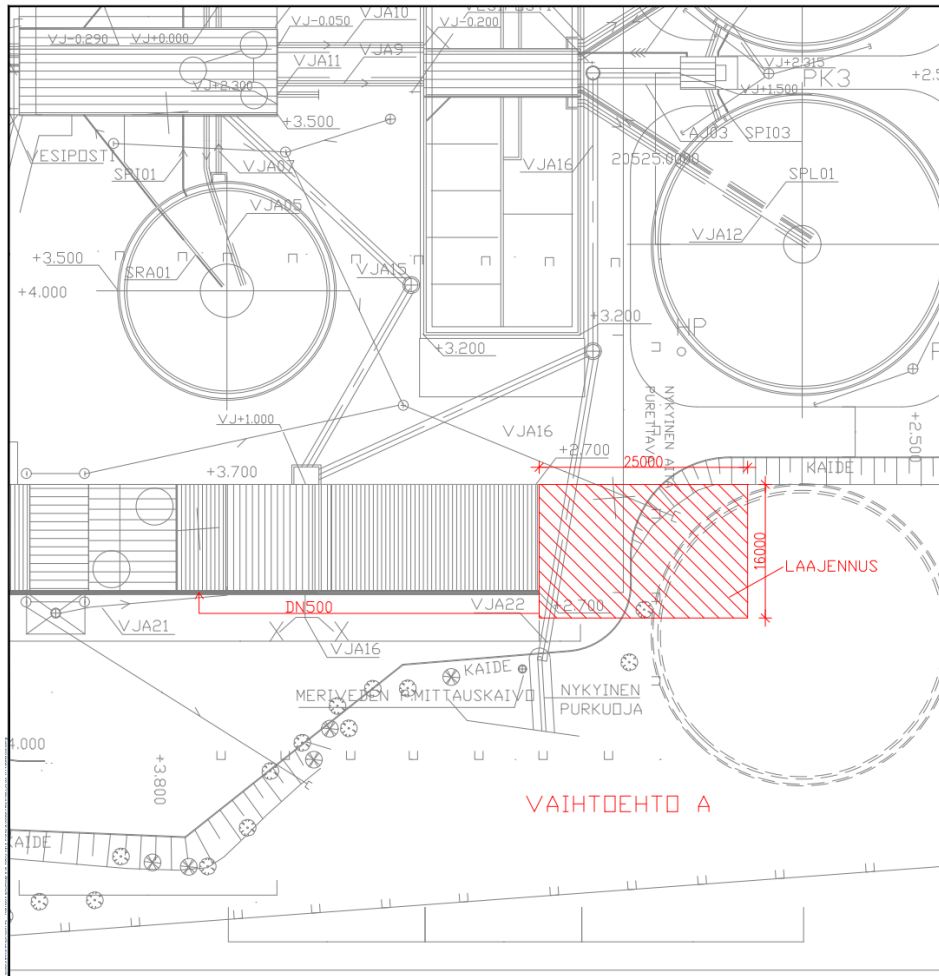
Lämpöpumppujärjestelmän tilantarpeen mitoituksessa on huomioitu pumppujen ja muiden laitteistojen lisäksi putkistojen tarvitsemat tilat huoltotiloineen.



Kuva 18. VE 2, 11 MW:n lämmöntalteenottojärjestelmän alustava tilantarpeen mitoitus.



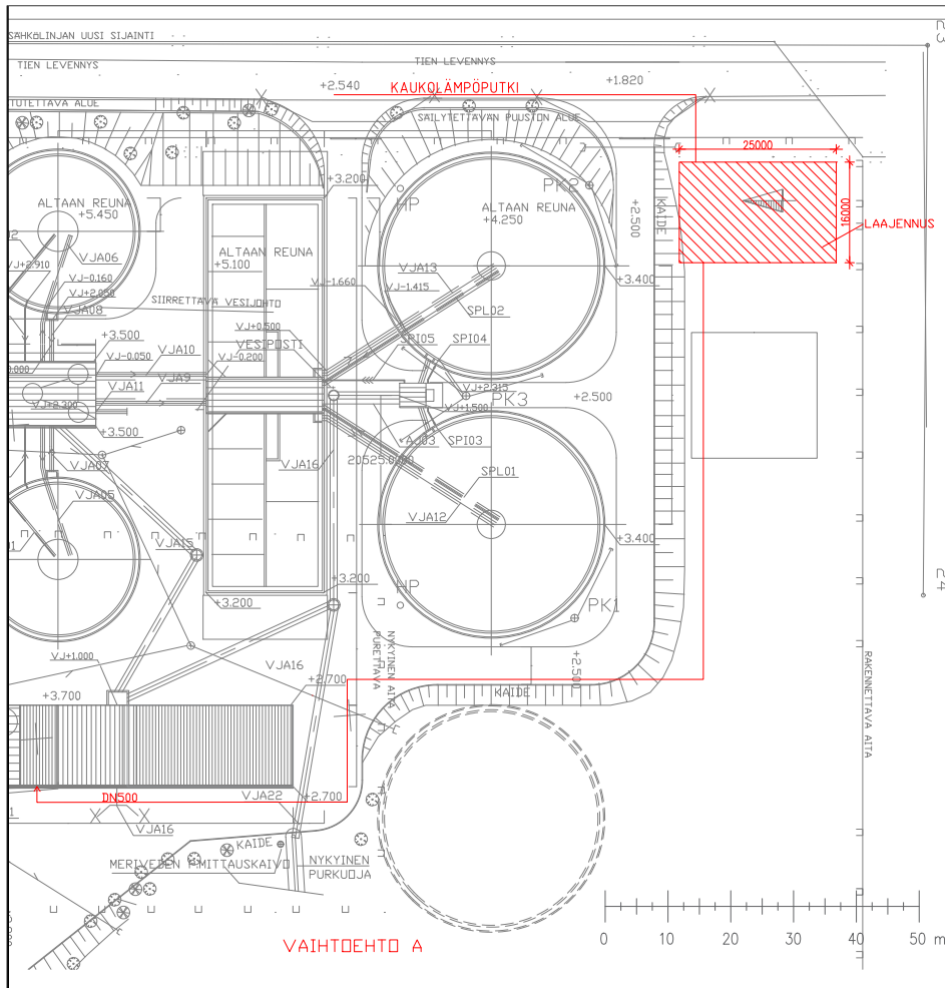
Rakennuksen päädyssä on varaus uudelle jälkiselkeytsaltaalle. Lämmöntalteenottojärjestelmän arvioitu tilantarve menee varausalueen kanssa limittäin noin 121 m<sup>2</sup>.



Kuva 19. VE2, aluelayout.

### Vaihtoehtoinen sijoituspaikka

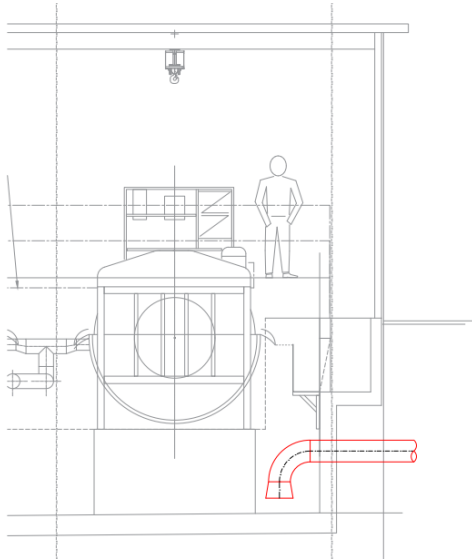
Mikäli lämmöntalteenottojärjestelmä sijoitettaisiin Hermanninsaarentien viereen, ei jälkiselkeytsaltaan tilavarausta tarvitsisi muuttaa. Vaihtoehtoisesta sijoituspaikasta aiheutuisi muutamia lisäkustannuksia, kuten painetta nostavat lisäpumput, niiden tarvitsemat rakennusneliöt (n. 22 m<sup>2</sup>) sekä putkistokustannukset. Kaukolämpöjohtojen rakennuskustannukset puolestaan pienenisivät hieman. Vaihtoehtoisen sijoituspaikan kustannukset olisivat noin 223 000 euroa suuremmat.



Kuva 20. Vaihtoehtoinen sijoituspaikka, VE2.

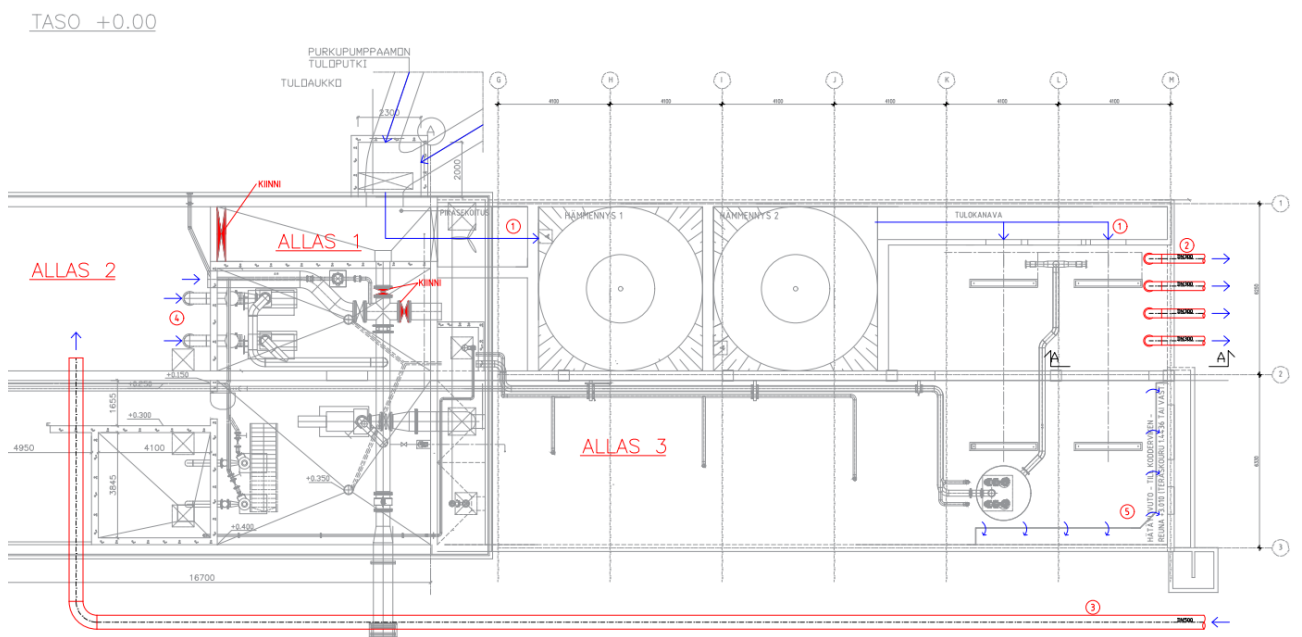
### 3.3 Kytkäntäkaavio

Jälkiselkeytyksestä tulokaivon kautta tuleva puhdistettu jätevesi ohjataan 1-altaaseen. Mikäli 1-altaaseen tuleva vesi ohjataan 3-altaaseen, saataisiin tulevan veden lämpö hyödynnettyä vaikuttamatta prosessilämpötiloihin.



Kuva 21. Leikkaus A-A, lämpimän veden otto 3-altaasta.

3-altaasta voidaan lämmin vesi siirtää pumppujen avulla kaukolämpöä tuottavaan lämpöpumppulaitokseen. Lämmöntalteenoton jälkeen vesi palautetaan 2-altaaseen. Tämä tarkoittaisi pientä ajotavan muutosta, jolloin venttiili 03-501 olisi kiinni. Vesi palautettaisiin lämpöpumppujärjestelmältä 2-altaaseen. Paluukierto toteutettaisiin pääsääntöisesti painovoimaisena.



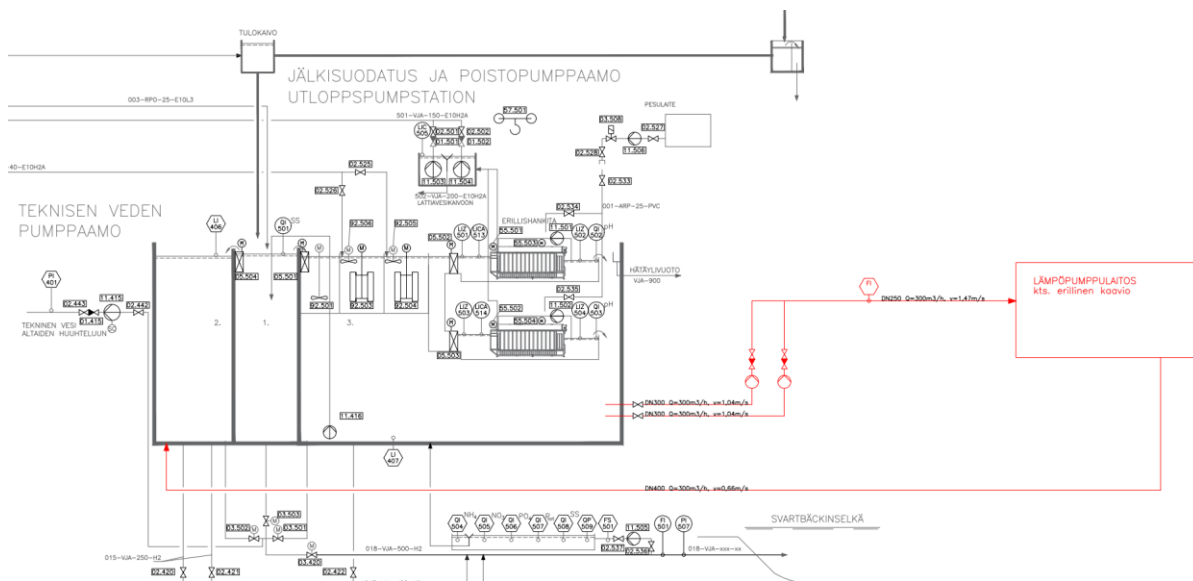
Kuva 22. Lämmöntalteenottojärjestelmän vedenkierto tasopiirustuksen kuvattuna.

Nykyisessä tilanteessa 3-altaasta lähtevä vesi johdetaan 2- ja 3-altaiden väliseen yhdysputkeen. Yhdysputkesta on yhteys purkuputkeen, johon vesi virtaa painovoimaisesti pienillä virtaamilla (n. 500 m<sup>3</sup>/h). Virtaamien kasvaessa lähtevää vettä ei enää täysin pystytä johtamaan painovoimaisesti, vaan vesi virtaa 2 ja 3-altaan yhdysputkea pitkin 3-altaan vapaaseen vesitilaan. Veden noustessa riittävän korkealle 2-altaassa 2-altaan purkupumput käynnistyvät.

Kaikki raportissa esitetyt kaaviot on lisätty raportin liitteeksi.

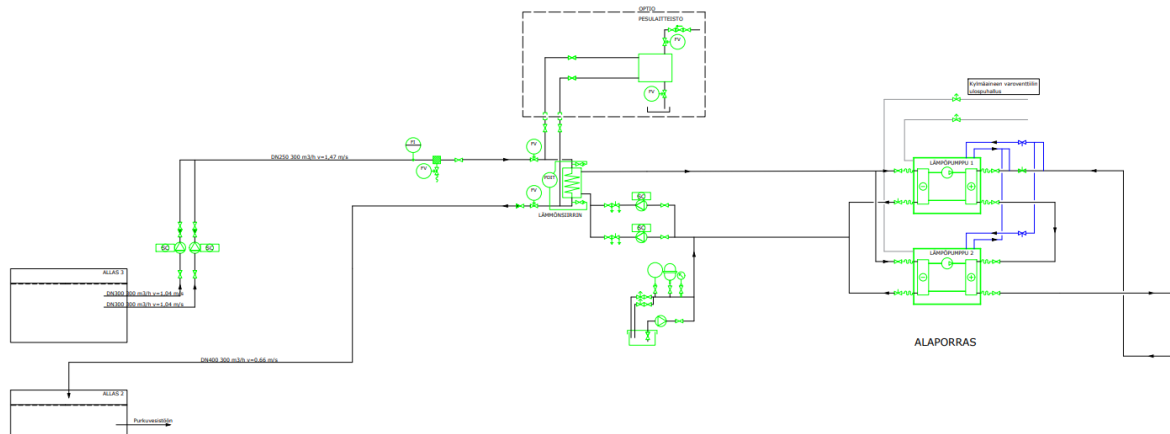
### 3.3.1 VE1

3 MW:n lämpöpumppujärjestelmä kerää lämpimän veden 3-altaasta kahden jätevesipumpun avulla. Lämpöpumppujärjestelmän kautta kiertänyt vesi palautetaan painovoimaisesti 2-altaaseen.



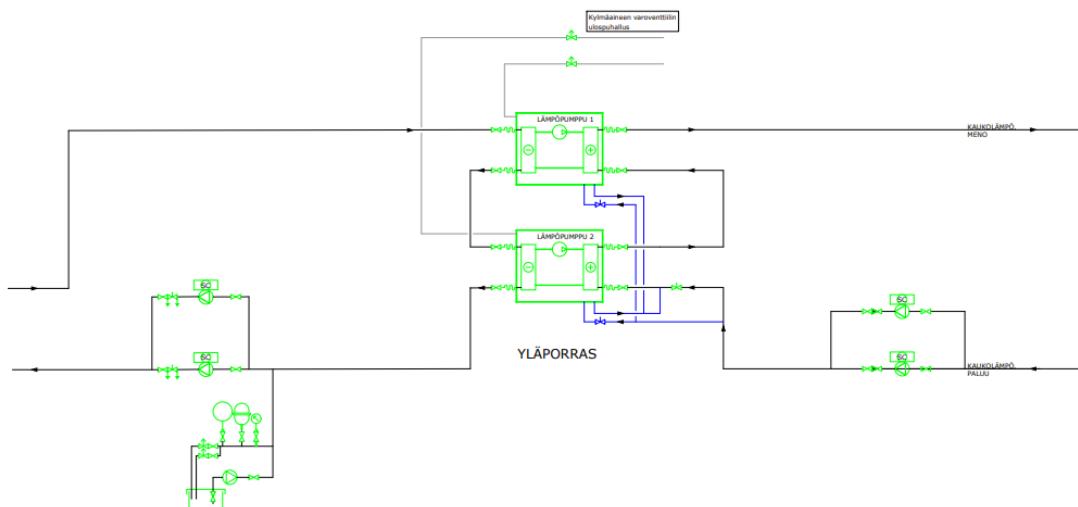
**Kuva 23. VE1 lämpöpumppujärjestelmän PI-kaavio**

Alla olevassa kuvassa on esitetty VE1:n PI-kaavio. Ennen ensimmäisiä lämpöpumppuja sijaitsee lämmönsiirrin, lämmönsiirtimen pesulaitteisto, paisuntalaitteisto sekä välipiirin pumput. 3 MW:n lämpöpumppujärjestelmän alaporras sisältää kaksi lämpöpumppua. Järjestelmän alaporras lämmittää veden 30°C:sta 50°C:een lämpöpumppujen avulla. Alin koneporras kerää jätevedestä lämmönsiirtimeltä energiaa. Lämpöpumppujärjestelmän alaportaan antama lämpöteho on 2 056 kW, 535 kW:n sähkötehoilla.



Kuva 24. VE1, 3-altaasta lämpimän veden otto alaporttaaseen.

Ennen lämpöpumppuja paluupuolella sijaitsee kaksi välipiirin pumppua sekä paisuntalaitteisto. Yläportaan lämpöpumppupari nostaa veden lämpötilan kaukolämmitysverkkoon soveltuvaksi 50°C:sta 90°C:en. Lämpöpumppujärjestelmän yläportaan antama lämpöteho on 2 760 kW, 723 kW:n sähköteholla. 3 MW:n lämpöpumppujärjestelmä tuottaa kaukolämpöä järjestelmän yläportaan tuottaman lämpötehon verran.

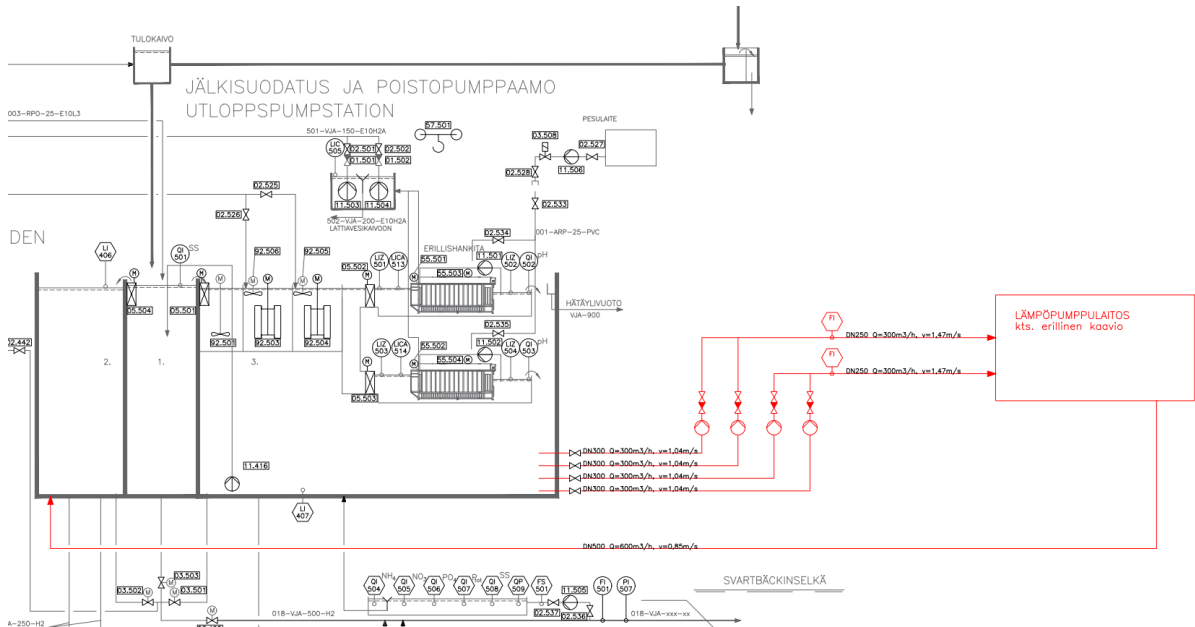


Kuva 25. Lämpöpumppujärjestelmän yläportaan PI-kaavio.

Kaukolämpöpumput on mitoitettu lämpöpumppujen siirrettävän lämpötehon, maksimi painehäviöiden (150 kPa) sekä putkiston painehäviön mukaan. Kaukolämpöpumput on mitoitettava uudelleen toteutussuunnittelun alkaessa, kun investoitavien lämpöpumppujen tekniset tiedot tarkistetaan.

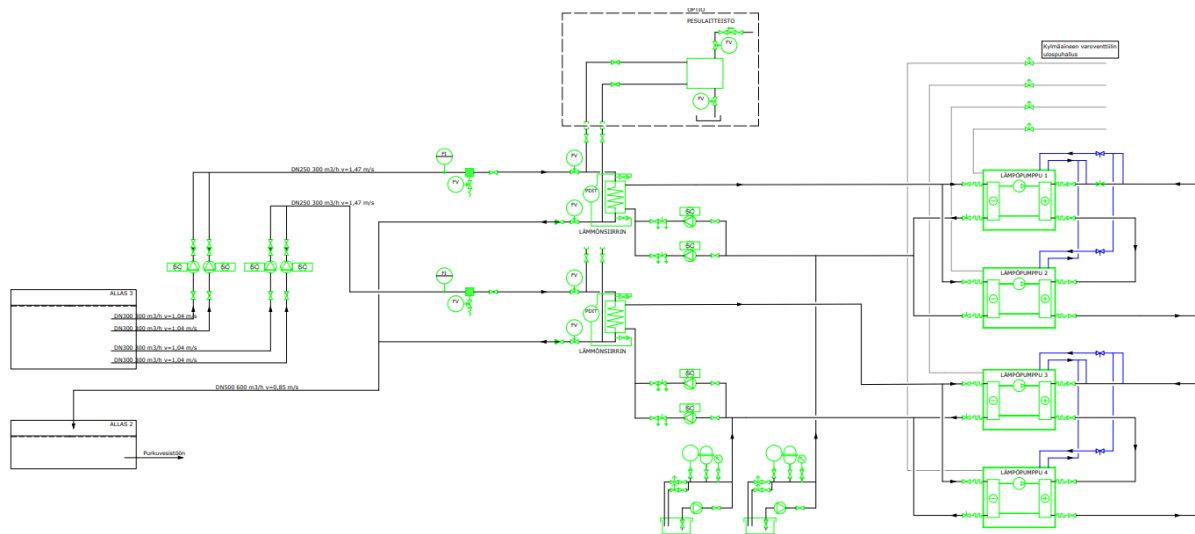
### 3.3.2 VE2

11 MW:n lämpöpumppujärjestelmä kerää lämpimän veden 3-altaasta neljän jätevesipumpun avulla. Lämpöpumppujärjestelmän kautta kiertänyt vesi palautetaan painovoimaisesti 2-altaaseen.



Kuva 26. PI-kaavio lämpöpumppulaitoksen liittämisestä

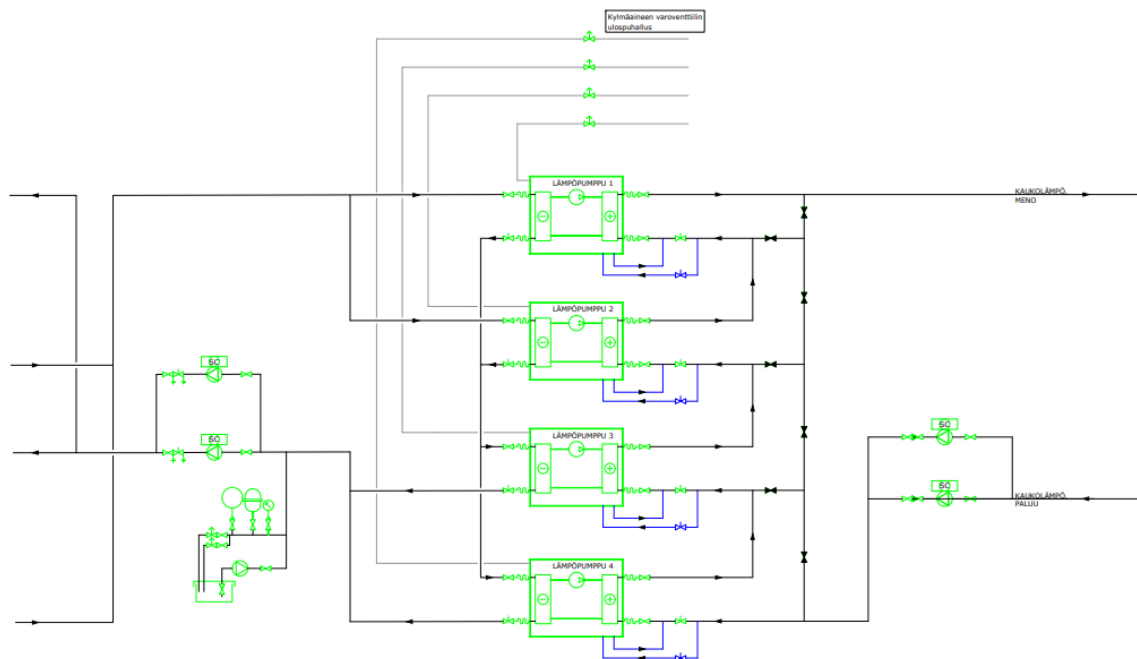
Alla olevassa kuvassa on esitetty VE2:n PI-kaavio. Ennen ensimmäisiä lämpöpumppuja sijaitsee kaksi lämmönsiirintä, lämmönsiirtimen pesulaiteisto, paisuntalaitteistot sekä välipiirin pumput (4 kpl). 11 MW:n lämpöpumppujärjestelmän alaporras sisältää neljä lämpöpumppua. Järjestelmän alaporras lämmitteä vesi 30°C:sta 50°C:een lämpöpumppujen avulla. Alin koneporras kerää jätevedestä lämmönsiirtimeltä energiaa. Lämpöpumppujärjestelmän alaportaan antama lämpöteho on 3 712 kW, 2 x 961 kW:n sähkötehoilla.



Kuva 27. 11 MW:n lämpöpumppujärjestelmän PI-kaavion alaportaan kuvaus.



Ennen lämpöpumppuja paluupuolella sijaitsee kaksi välipiirin pumppua sekä paisuntalaitteisto. Yläportaan lämpöpumppupari nostaa veden lämpötilan kaukolämmitysverkkoon soveltuvaksi 50°C:sta 90°C:en. Lämpöpumppujärjestelmän yläportaan antama lämpöteho on 9 670 kW, 2 275 kW:n sähköteholla. 11 MW:n lämpöpumppujärjestelmä tuottaa kaukolämpöä järjestelmän yläportaan tuottaman lämpötehon verran.



**Kuva 28. 11 MW:n lämpöpumppujärjestelmän yläportaan PI-kaavio.**

Kaukolämpöpumput on mitoitettu lämpöpumppujen siirrettävän lämpötehon, maksimi painehäviöiden (150 kPa) sekä putkiston painehäviön mukaan. Kaukolämpöpumput on mitoitettava uudelleen toteutussuunnittelun alkaessa, kun investoitavien lämpöpumppujen tekniset tiedot tarkistetaan.

## 4. INVESTOINTIKUSTANNUKSET

Alustavat investointikustannukset on määritelty lämpöpumppulaitokselle, lämmönsiirtimelle sekä kaukolämpölinjalle (Edelfeltinrannan kautta kaukolämpöverkkoon). Lämpöpumppulaitos oletetaan toteutettavan pääosin yhtenä toimituksena perustuksista ylöspäin, jolloin toimittajan vastuut saadaan määritettyä selkeästi.

Maaperätutkimukset eivät kuulu alustavaan selvitykseen, vaan perustustapa ja investointiarvio perustuvat asiantuntijanäkemykseen perustamistavasta.

Investointiarviot perustuvat pääosin Rambollin kokemukseen. Lämpöpumppujärjestelmän budjettiarvion on antanut Oilon Group Oy.

Jätevesilämpöpumppujärjestelmän budjettitarjouksen on antanut 4.8. ja 5.8.2022 Oilon Group Oy. Osaan koneista ei ole laskettu pehmokäynnistimiä. Tämä ei kuitenkaan koske taajuusmuuntajilla varattuja koneita. Kaikki laitemitoitukset ja kustannukset tulee tarkastaa ennen toteutussuunnittelua.

Kappaleessa esitetyt investointikustannukset ovat lähemmäs rantaan sijoitettavan vaihtoehdon kustannusarvioita.

### 4.1 Jätevesipumpppauksen, -putkien ja laitteistojen kustannusarvio

Jätevesipumpppauksen, -putkien ja laitteistojen kustannusarvioon on huomioitu muun muassa vaihdinpaketit, jätevesipumput, välipiirien pumput, kaukolämpöpumput, putkisto-osat sekä venttiilit.



**Kuva 29. Jätevesipumppu, esim. Grundfos NKE 150-200/224.**

Altaan käyttöönotossa tulee allas 2 ja 3 saada tyhjiksi, vuorotellen. Ylimääräisiä jäteveden ohituspumppauksesta aiheutuvia kustannuksia ei synny. Laitteiden kunnossapitoon letkukeloja varten tulee huomioida verkostoveden linja sekä vesien viemäröinti.

**Taulukko 1. Jätevesipumpkauksen, -putkien ja laitteistojen kustannusarvio.**

	JV-pumppauksen-, putkien ja laitteistojen kustannusarvio
VE1	345 771 €
VE2	570 203 €

#### 4.2 Lämpöpumppujärjestelmän kustannusarvio

Lämpöpumppulaitteiston alustava kustannusarvio on määritelty Oilonin 4.8. ja 5.8.2022 antamien budjettitarjouksen mukaisesti. Lämpöpumppujen kylmäaine R1234ze(E) takaa pitkän käytettävyyden.

Lämmönlähteen määrittelyssä on käytetty puhdistetun jäteveden lämpötiloja vuosien 2019–2021 vuosien keskiarvoina, jolloin saatava lämpömäärä vastaa keskimääräistä tilannetta.

**Taulukko 2. Lämpöpumppujärjestelmän kustannusarvio.**

	Sähkönkulutus	Lämmöntuotto	COP (täydellä teholla)	Budjettihinta
VE1	1 258 kW	2 760 kW	2.19	830 800 €
VE2	3 236 kW	9 670 kW	2.99	2 290 400 €

#### 4.3 Perustustavan kustannusarvio

Rev. B. 12.10.2017 laaditun rakennusselostuksen mukaan Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamon jälkisuodatuksen rakennusalueella on noudatettu MaaRYL 2010 ohjeistusta. Rakennusalueella ei ole tehty pohjatutkimuksia jälkisuodatusalueen rakennushankeen yhteydessä.

Hankkeen toteutuessa urakoitsijan on varauduttava siihen, että maassa voi olla putkia, kaivoja, kaapeleita yms., jotka eivät ole olleet tiedossa ja joita ei siksi ole merkitty alustaviin suunnitelmiin.

Välipumppaamo on alustavasti suunniteltu sijoitettavaksi teräsbetonilaatan päälle, suojarakennukseen. Koska lämpöpumppulaitosten painokuorma neliötä kohden on suhteellisen pieni, alustavaksi perustustavaksi on arvioitu riittävän 200 mm:n teräsbetonilaatta. Perustuskustannuksiin on lisäksi huomioitu kaivuukustannukset, suodatinkangas, mursketäyttö, XPS-routaeriste, salaojat sekä työmaan yleiset kustannukset.

Maanrakennuskustannuksiin ei ole huomioitu piha-alueen ulkopuolelle laajentuvaa rakennusalueutta, sillä perustamistavan suunnittelu vaatisi tarkempia maaperätutkimuksia.

**Taulukko 3. Perustuksien alustava kustannusarvio.**

	Pituus	Leveys	Pinta-ala	Kustannukset
VE1	12 500 mm	20 800 mm	260 m <sup>2</sup>	74 880 €
VE2	16 000 mm	25 000 mm	400 m <sup>2</sup>	115 200 €

#### 4.4 Kaukolämpölinjan rakennuskustannukset

Kaukolämpölinjan koko on mitoitettu lämpöpumppujärjestelmästä saatavan lämpömäärän mukaan. Kaukolämpölinja on mitoitettu lämpötilaerolla 40°C, mitoituspainehäviöllä 2 bar/km.

Kaukolämpölinjan yksikköhinnat ovat Porvoon Energia Oy:n antamia lähtötietoja (8/2022). Vallitsevan maailmantilanteen vuoksi yksikköhinnat tulee tarkistaa uudelleen urakkaa kilpailuttaessa.

**Taulukko 4. Kaukolämpölinjan rakennuskustannukset.**

	Putkijohdon pituus metreinä	Arvioitu putkikoko	Yksikköhinta	Kustannukset yhteensä
VE1	3 093 m	DN 125	356 €/m	1 101 108 €
VE2	3 093 m	DN 200	503 €/m	1 555 779 €

#### 4.5 Sähköliittymä

Sähköliittymän alustavat kustannukset selvitetään investointikustannusarvion määrittämisen yhteydessä. Lämpöpumppujärjestelmälle erikseen rakennettava erillinen sähköpääkeskus varmistaa jätevedenpuhdistamon häiriöttömän toiminnan.

Kustannusarviosta puuttuu KJ-sähköliittymän laajennuskustannukset, jotka arvioidaan tapauskohtaisesti. Toimitusajat muuntajilla tällä hetkellä noin 1 vuosi.

##### 4.5.1 VE1

Vaihtoehdossa 1, on pienempi, 3 MW:n lämpöpumppujärjestelmä. Lämpöpumpuille on laskettu pätöteho Oilon Group Oy:n antaman budjettitarjouksen mukaisesti. Kiertovesi- ja kaukolämpöpumppujen pätöteho on laskettu alustavien pumppumitoitusten mukaisesti. Suojarakennukseen on lisäksi huomioitu talosähkö sekä LVI-järjestelmien tarvitsemat sähköt.

**Taulukko 5. Sähköteholaskelma, VE1.**

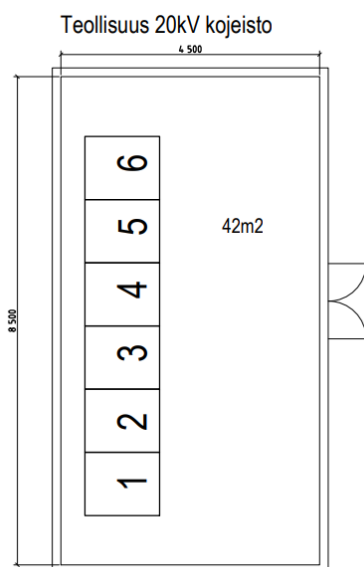
VE 1	Pätöteho [kW]
Lämpöpumput 1 ja 2, alaporras	535
Lämpöpumput 1 ja 2, yläporras	726

Kiertovesipumput 12 kpl	45
Kiertovesipumput 12 kpl	45
Kiertovesipumput 12 kpl	45
Kaukolämpöpumput 2 kpl (7,5 kW/kpl)	15
Talosesähköt	40
Yhteensä	1 451

Sähkölaitteistojen kustannusarvio on annettu edellisen päätötehoteholaskelman kautta. Lämpöpumppujärjestelmä tarvitsee teollisuusmallin 20 kV:n kojeiston, erillisen muuntajan sekä 3200 A:n pääkeskuksen. Kustannusarvioon on lisäksi huomioitu keskijänniteliittymän investointikustannukset. Alueen toimittaja arvioi verkon laajennuskustannukset tapauskohtaisesti.

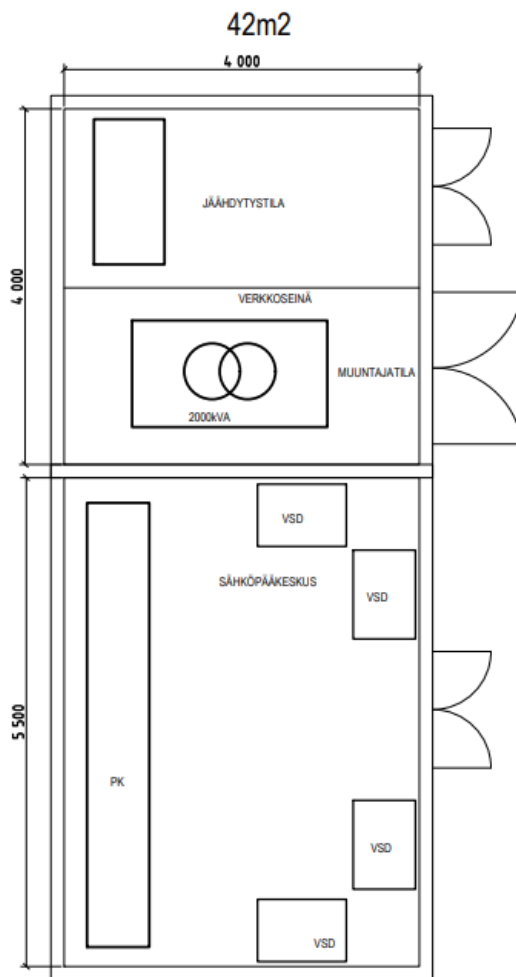
#### Taulukko 6. Sähkölaitteistojen kustannusarvio, VE1

Investointikustannusarvio	VE1
20 kV kojeisto (teollisuusmalli)	90 000 €
Muuntaja 20/0,4, 2,0 MVA (1 kpl)	50 000 €
Pääkeskus In 3200A (2 kpl)	45 000 €
Kaapeloinnit, johtotiet, talosesähkö ym. asennukset	70 000 €
KJ-sähköliittymä 2MVA	78 000 €
Yhteensä	333 000 €



Kuva 30. Teollisuuskojeiston tilavaaraus suunnitelma, VE1.

Vaihtoehdossa 1 teollisuuskojeisto vaatii noin 42 m<sup>2</sup> rakennuspinta-alaa.



**Kuva 31. Sähköpääkeskuksen, muuntajatilän ja jäähdytystilan tilantarvesuunnitelma, VE1.**

Vaihtoehdossa 1 sähköpääkeskus, muuntajatila ja jäähdytystila vaativat noin 42 m<sup>2</sup> kokoisen rakennuksen. Tilantarvesuunnitelmissa laitteistot on sijoitettu optimaalisesti. Sähkötöiden sijoittelu Hernesaaren jätevedenpuhdistamolle voidaan tehdä toteutussuunnittelussa lämpöpumppulaitoksen yhteyteen.

Sähkölaitteistot vaativat yhteensä noin 84 m<sup>2</sup> lisärakennustilaa. Esitetyt alustavat rakennuskustannukset ovat arvioita.

**Taulukko 7. VE1 sähkölaitteistojen suojarakennuksen**

	VE1
Suojarakennus	21 840 €
Perustukset	24 192 €
Yhteensä	46 032 €



#### 4.5.2 VE2

Vaihtoehdossa 2, on pienempi, 11 MW:n lämpöpumppujärjestelmä. Lämpöpumpuille on laskettu pätöteho Oilon Group Oy:n antaman budjettitarjouksen mukaisesti. Kiertovesi- ja kaukolämpöpumppujen pätöteho on laskettu alustavien pumppumitoitusten mukaisesti. Suojarakennukseen on lisäksi huomioitu talosähkö sekä LVI-järjestelmien tarvitsemat sähköt.

**Taulukko 8. Sähköteholaskelma, VE2.**

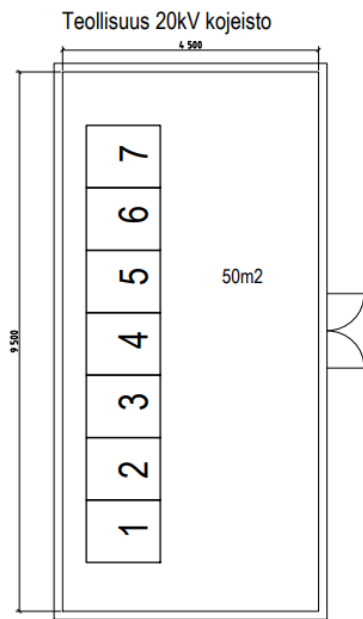
VE 2	Pätöteho [kW]
Lämpöpumput 1 ja 2, alaporras	961
Lämpöpumput 1 ja 2, yläporras	961
Kiertovesipumput 12 kpl	48
Kiertovesipumput 12 kpl	48
Kiertovesipumput 12 kpl	48
Lämpöpumput 1-4, yläporras	2 275
Kaukolämpöpumput 2 kpl (75 kW/kpl)	150
Talosähköt	40
Yhteensä	4 531

Sähkölaitteistojen kustannusarvio on annettu pätötehoteholaskelman kautta.

Lämpöpumppujärjestelmä tarvitsee teollisuusmallin 20 kV:n kojeiston, kaksi erillistä muuntajaa sekä kaksi 4000 A:n pääkeskusta. Kustannusarvioon on lisäksi huomioitu keskijänniteliittymän investointikustannukset. Alueen toimittaja arvioi verkon laajennuskustannukset tapauskohtaisesti.

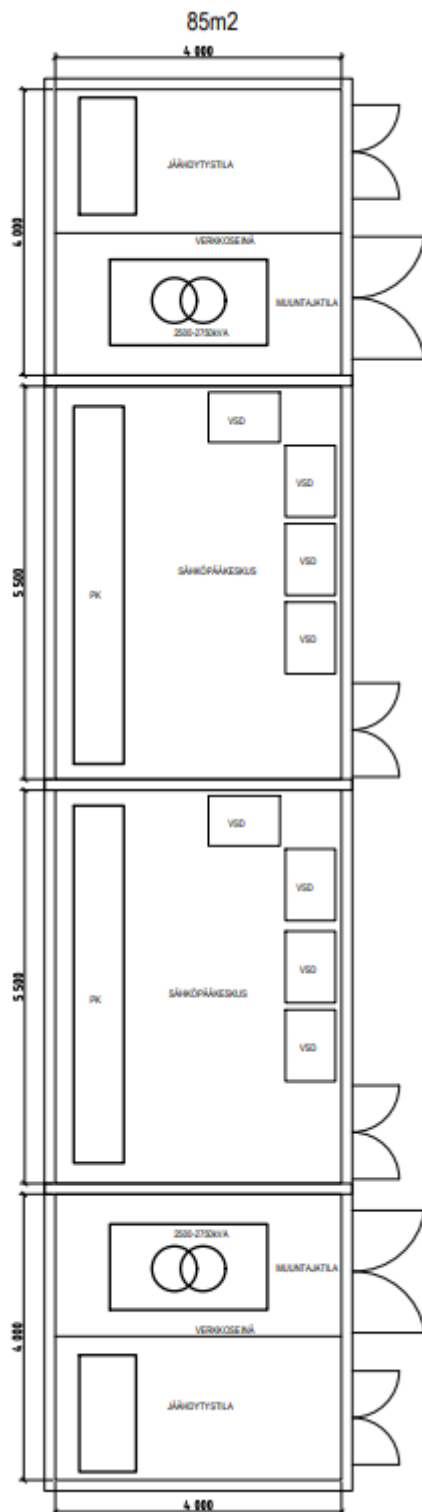
**Taulukko 9. Sähkölaitteistojen kustannusarvio, VE2**

Investointikustannusarvio	VE2
20 kV kojeisto (teollisuusmalli)	110 000 €
Muuntaja 20/0,4, 2,75 MVA (2 kpl)	120 000 €
Pääkeskus In 4000A (2 kpl)	100 000 €
Kaapeloinnit, johtotiet, talosähkö ym. asennukset	110 000 €
KJ-sähköliittymä 5,5MVA	215 000 €
Yhteensä	655 000 €



**Kuva 32. Teollisuuskojeiston tilavaraussuunnitelma, VE2.**

Vaihtoehdossa 2 teollisuuskojeisto vaatii noin 50 m<sup>2</sup> rakennuspinta-alaa.



**Kuva 33. Sähköpäätöskeskuksen, muuntajatilän ja jäähdytystilan tilantarvesuunnitelma, VE2.**

Vaihtoehdossa 2 sähköpäätöskeskus, muuntajatala ja jäähdytystila vaativat noin 85 m<sup>2</sup> kokoisen rakennuksen. Tilantarvesuunnitelmissa laitteistot on sijoitettu optimaalisesti. Sähkötöiden sijoittelu Hernesaaren jätevedenpuhdistamolle voidaan tehdä toteutussuunnittelussa lämpöpumppulaitoksen yhteyteen.

Sähkölaitteistot vaativat yhteensä noin 135 m<sup>2</sup> lisärakennustilaa. Esitetyt alustavat rakennuskustannukset ovat arvioita.

**Taulukko 10. VE2 sähkölaitteistojen suojarakennuksen**

	VE2
Suojarakennus	28 350 €
Perustukset	38 880 €
Yhteensä	67 230 €

#### 4.6 Suojarakennus

Laitteiston suojarakennus on valmiselementeistä rakennettu harjakattoinen halli. Suojarakennuksen ulkomuoto mukailisi nykyisten rakennusten ulkonäköä.

Arvioidut kustannukset sisältävät seinärakenteet eristettyinä, ulkoverhouksen, vesikaton katteineen, yläpohjan sulkumuoveineen, räystäät, (tarvittaessa) puurunkoiset väliseinät, ikkunat, ovet, tarvittavat kiinnitystarvikkeet sekä betonilattiatarvikkeet valutukineen. Arvioon on huomioitu lisäksi valaistus sekä LVI-järjestelmän kustannukset.

**Taulukko 11. Suojarakennuksen arvioidut kustannukset.**

	Koko	Kustannukset
VE1	260 m <sup>2</sup>	127 600 €
VE2	400 m <sup>2</sup>	184 000 €

Kaikki kustannukset tarkistettava ennen toteutussuunnitteluvaiheeseen siirtymistä.

#### 4.7 Kooste lämpöpumppujärjestelmän kustannuksista

Alustavista investointikustannuksista ja lämpöpumpuilla tuotetuista vuosittaisista lämpötehoista on määritelty jätevedellä tuotettavan lämmön investointikustannukset, 15 vuoden poistoajalla, 3 %:n korolla, tuotettua lämpöä kohti.

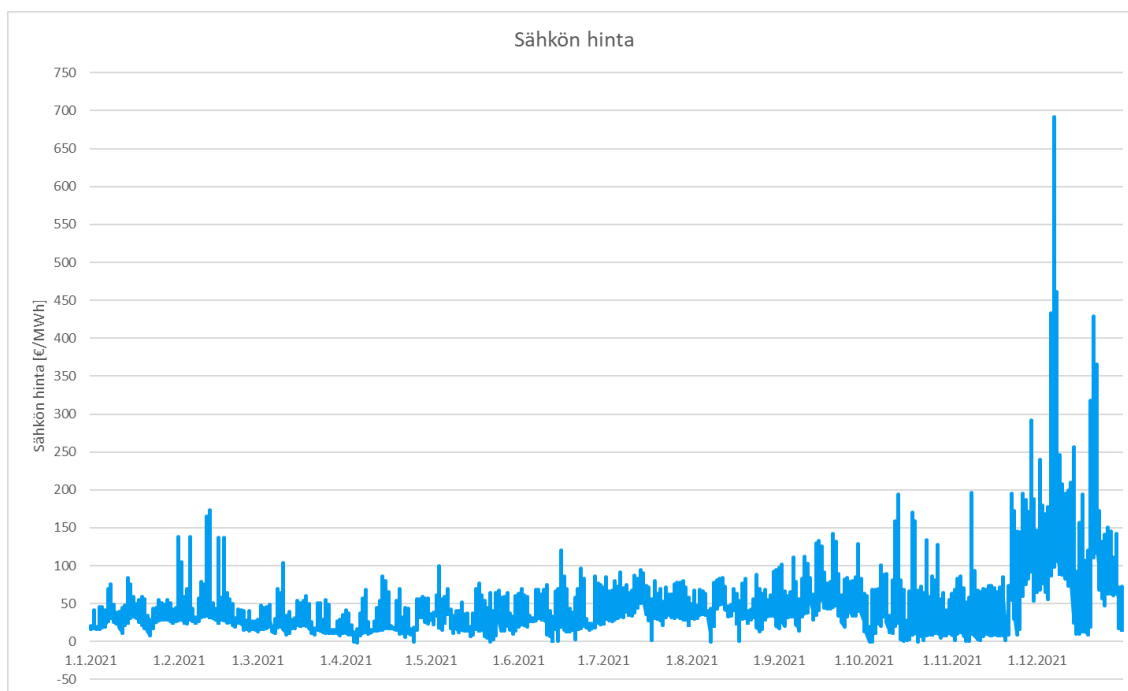
**Taulukko 12. Kooste lämpöpumppujärjestelmien investointikustannuksista.**

	VE1		VE2	
Lämpöpumpun tuottama lämpömäärä [MWh/a]	26 253.57 MWh/a		60 349.80 MWh/a	
Edelfeltinrannan käyttämä lämpömäärä, 15 900 m <sup>2</sup>	860 MWh/v			
Edelfeltinrannan käyttämä lämpömäärä, 29 600 m <sup>2</sup>	1450 MWh/v			
Laitteiden poisto aika	15 vuotta		15 vuotta	
Korko	3 %		3 %	
	[€]	[€/MWh]	[€]	[€/MWh]
Jätevesipumppaus, -putket ja laitteistot	345 771 €	1.10 €	570 203 €	0.79 €
Lämpöpumppujärjestelmät	83 800 €	0.27 €	2 290 400 €	3.18 €
Perustukset	74 880 €	0.24 €	115 200 €	0.16 €
Kaukolämpölinjat	1 101 108 €	3.51 €	1 555 779 €	2.16 €
Sähkölaitteistot (sis. suojarakennuksen)	379 032 €	1.21 €	722 230 €	1.00 €
Suojarakennus	127 600 €	0.41 €	184 000 €	0.26 €
<b>Yhteensä [€]</b>	<b>2 112 191 €</b>	<b>6.74 €</b>	<b>5 437 812 €</b>	<b>7.55 €</b>
Investoinnin suuruus laitteiston lämpötehoa kohden [€/kW]	765.29 €/kW		562.34 €/kW	

## 5. LÄMMÖN HINTA JÄTEVEDELLÄ TUOTETTUNA

Jätevedellä tuotetun lämmön hinta on määritelty keskimääräisten käyttökustannuksien sekä sähkönkäyttökustannuksien mukaan.

Sähkönkäyttökustannuksia laskiessa on käytetty vuoden 2021 hintaprofilia, joka on skaalattu 50 €/MWh keskihintaan.



Kuva 34. Sähkön hintana on vuoden 2021 hintaprofiili, skaalattuna keskihintaan 50 €/MWh.

### 5.1 Lämmön muuttuvat tuotantokustannukset

Lämmön muuttuviin kustannuksiin on laskettu lämpöpumpun lämmöntuotantoon käyttämä sähkö. Lämpöpumppujen kompressoriteho on mitoitettu Oilon Group Oy:n antaman tarjouksen mukaan.

Alueella toimii Porvoon Sähköverkko Oy, joka vastaa alueen sähkönsiirrosta. Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu 1.7.2022 alkaen II-veroluokassa 0,063 snt/kWh (alv 0%), joihin sisältyy lämpöpumppujen käyttämä sähkö kaukolämmön tuotantoon.

Taulukko 13. Lämpöpumpun sähkön käyttökustannukset.

	Sähkönkulutus [MWh/v]	Sähkönsiirto- ja tehomaksut	Sähkön käyttökustannukset	Kustannukset
VE1	10 251 MWh/v	112 756.30 €	546 479.07 €	659 235.37 €
VE2	19 694 MWh/v	216 639.44 €	1 008 487.28 €	1 225 126.72 €

**Taulukko 14. Keskimääräiset käyttökustannukset.**

	Vuotuiset käyttökustannukset
VE1	183 774.96 €
VE2	422 448.57 €

Keskimääräisenä käyttö- ja ylläpitokustannuksena on käytetty 7 €/MWh.

**Taulukko 15. Lämmön muuttuvat tuotantokustannukset ilman investointia**

	Tuotettu lämpö	Lämmön muuttuvat kustannukset yhteensä	Ominaiskustannus
VE1	26 253.57 MWh/v	843 010.33 €	32.11 €/MWh
VE2	60 349.80 MWh/v	1 647 575.29 €	27.30 €/MWh

Jätevesilämpöpumpuilla tuotetun lämmön muuttuvat kustannukset ovat ensimmäisessä vaihtoehdossa 32,11 € tuotettua lämpöenergiaa kohden ja toisessa vaihtoehdossa 27,30 € tuotettua lämpöenergiaa kohden vuodessa.

## 5.2 Lämmönhinta investoinnin kanssa

Investointikustannukset on laskettu 15 vuoden poistoajalla ja 3 %:n korolla.

**Taulukko 16. Lämmönhinta investointikustannuksien kanssa.**

	Lämmön muuttuvat kustannukset ilman investointia	Investointikustannukset	Investointikustannukset sekä muuttuvat kustannukset yhteensä	Lämmönhinta investoinnin kanssa
VE1	843 010.33 €/v	176 931.07 €/v	1 019 941.40 €	38.85 €/MWh
VE2	1 647 575.29 €/v	455 506.94 €/v	2 103 082.23 €	34.85 €/MWh

Jätevesilämpöpumpuilla tuotetun lämmönhinta investoinnin kanssa on ensimmäisessä vaihtoehdossa 38,85 € tuotettua lämpöenergiaa kohden ja toisessa vaihtoehdossa 34,85 € tuotettua lämpöenergiaa kohden vuodessa.

## 6. VAIHTOEHDOT LÄMMÖN TUOTANTOON

Työssä on vertailtu Porvoon kaukolämmön mukaista lämmön hintaa vaihtoehtoisen lämmöntuotantovaihtoehdon kustannuksiin. Vaihtoehtoina tutkitaan kiinteistökohtaisia maalämpö- sekä ilma-vesilämpöpumppujärjestelmiä. Kaava-alueille on tutkittu tarvittavat kaivomäärät sekä niiden mahtuminen kiinteistöjen tonteille. Ratkaisuille laskettiin arvio kiinteistölle koituvista investoinnista sekä omakustannehinta lämmön tuotannosta. Järjestelmät on oletettu toimivan keskitetyn lämpöpumpun kautta kortteleittain. Lämpöpumppujärjestelmät tarvitsevat rinnalleen tukilämmitysmuodon kuten kaukolämmön tai suoran sähkölämmityksen. Tässä työssä on oletettu, että järjestelmät hyödyntävät suoraa sähkölämmitystä tukilämmitysmuotonaan.

Kustannuslaskennassa otetaan huomioon järjestelmään tarvittavat investoinnit, huoltokustannukset, sähkönhankinnan kustannukset sekä laiteuusinnat. Kustannustiedot perustuvat Rambollin kokemuksiin vastaavista hankkeista sekä laitetoimittajien hinnastoihin. Kaukolämmön hintana on käytetty Porvoon energian nykyisiä hintoja.

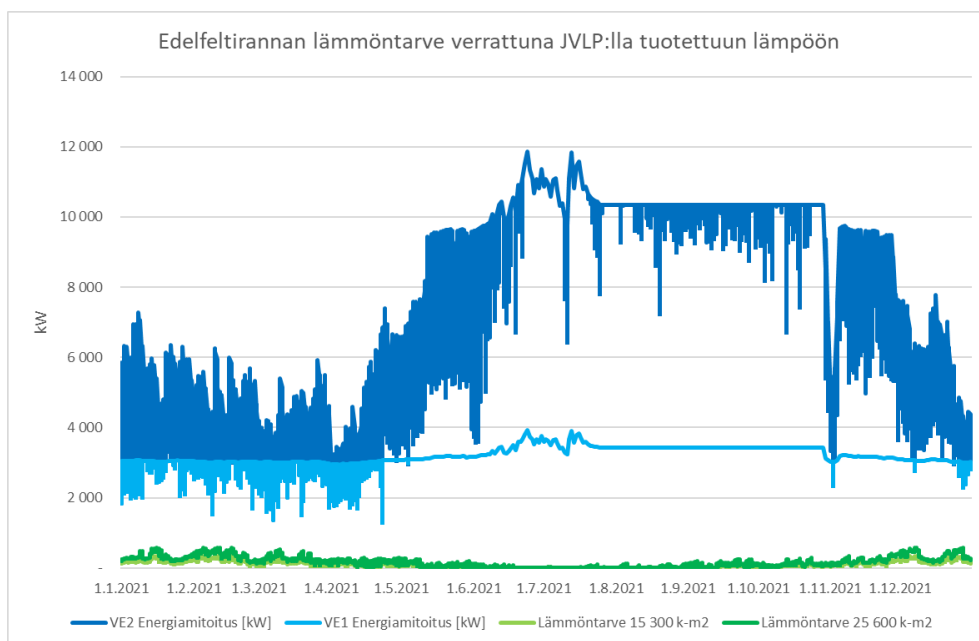
### 6.1 Edelfeltinrannan liittyminen kaukolämpöverkoston

Mikäli Edelfeltinrannan asuinalue tullaan liittämään kaukolämpöverkoston, ei alueelle voida määrittellä erillistä kaukolämpöhinnastoa. Edelfeltinrannan alueelle on mahdollista luoda täysin erillinen hinnoittelu, mikäli alueelle rakennetaan täysin erillinen aluelämpöverkko.

Taulukko 17. Kaukolämpöverkoston liittymismaksut

	Alue 1 KL	Alue 2 KL
<b>Investoinnit yhteensä [€]</b>	149 000	202 000
<b>Käyttökustannukset [€/v]</b>	59 600	99 700
<b>Laiteuusinnat [€/20 vuotta]</b>	23 000	38 000
<b>Elinkaarikustannus (30 vuotta) [M€]</b>	1 960 000	3 230 000
<b>Lämmön hinta ilman investointi [€/MWh]</b>	69.2	69.2
<b>Lämmön hinta investoinnilla [€/MWh]</b>	76	75





Kuva 35. Edelfeltirannan lämmöntarve suhteutettuna jätevedellä tuotettuun lämpöön.

Yllä olevassa kuvassa on havainnollistettu, kuinka paljon kaukolämpöä Edelfeltin asuinalueelle tarvitaan talvella jätevesilämmön lisäksi. Jätevedellä tuotettu kaukolämpö kattaa kokonaisuudessaan Edelfeltirannan lämmöntarpeen.

## 6.2 Ilma-vesilämpöpumppu, kiinteistökohtainen

Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP) hyödyntää ilmasta saatavaa lämpöenergiaa kiinteistöjen lämmitykseen. IVLP hyötysuhde on riippuvainen ulkoilman lämpötilasta. Mitä lämpimämpää sen parempi hyötysuhde. Työssä on oletettu käytettävän lämpöpumppua, jolla voi tuottaa lämmitystä -15 °C asti. Jos ulkolämpötila on kylmempää kuin -15 °C, kiinteistö joutuu hyödyntämään tukilämmitysmuotoa, tässä tapauksessa sähkökattilaa.

IVLP järjestelmän investoinnit ovat alueelle 1 noin 340 000 € ja alueelle 2 noin 550 000 €. Tuotetun lämmön hinnaksi tulee 30 vuoden elinkaarella noin 85–87 €/MWh. IVLP järjestelmä ei ole kilpailukykyinen kaukolämpöön nähden kyseisillä kortteilla.

Taulukko 18. Ilma-vesi lämpöpumppujärjestelmän kustannuslaskelma

	VE 1 IVLP	VE 2 IVLP
<b>Investoinnit yhteensä [€]</b>	342 000	548 000
<b>Käyttökustannukset [€/v]</b>	53 000	86 000
<b>Laiteusinnat [€/20 vuotta]</b>	322 000	548 000
<b>Elinkaarikustannus (30 vuotta) [M€]</b>	2 254 000	3 676 000
<b>Tuotetun lämmön hinta ilman investointi [€/MWh]</b>	62	60
<b>Tuotetun lämmön hinta investoinnilla [€/MWh]</b>	87	85
<b>Takaisinmaksuaika vrt. kaukolämpöön</b>	-	-

### 6.3 Maalämpö

Maalämpöjärjestelmä hyödyntää maasta saatavaa lämpöenergiaa kiinteistöjen lämmitykseen. Arvioitu kaivojen määrä on 25 kpl 350 m syviä kaivoja. Kaivojen on katsottu mahtuvan korttelien tonteille.

Maalämpöjärjestelmän investoinnit ovat alueelle 1 noin 490 000 € ja alueelle 2 noin 780 000 €. Investoinneista suuri osuus menee energiakaivojen poraamiseen sekä lämpöpumppujärjestelmään. Tuotetun lämmön hinnaksi tulee 30 vuoden elinkaarella noin 60–69 €/MWh. Maalämmön takaisinmaksuaika suhteessa kaukolämpöön on noin 18 vuotta.

**Taulukko 19. maalämpöpumppujärjestelmän kustannuslaskelma**

	VE 1 MLP	VE 2 MLP
<b>Investoinnit yhteensä [€]</b>	490 000	780 000
<b>Käyttökustannukset [€/v]</b>	35 000	57 000
<b>Laiteusinnat [€/20 vuotta]</b>	233 000	130 000
<b>Elinkaarikustannus (30 vuotta) [M€]</b>	1 774 000	2 630 000
<b>Tuotetun lämmön hinta ilman investointi [€/MWh]</b>	41	40
<b>Tuotetun lämmön hinta investoinnilla [€/MWh]</b>	69	61
<b>Takaisinmaksuaika vrt. kaukolämpöön</b>	19	18

### 6.4 Yhteenveto

Kiinteistökohtaisissa ratkaisuissa elinkaarikustannuksiltaan edullisin ratkaisu on toteuttaa maalämpöjärjestelmä. Maalämmössä investoinnit ovat kuitenkin korkeimmat. Kaukolämmöllä on pienimmät investoinnit eri järjestelmävaihtoehdoista. Tulokset ovat samankaltaisia molempien alueiden kesken.

**Taulukko 20. Alue 1 Kiinteistökohtaisten ratkaisujen kustannusten vertailu**

	KL	IVLP	MLP
<b>Investoinnit yhteensä [€]</b>	149000	342 000	491 000
<b>Käyttökustannukset [€/v]</b>	59 586	53 000	35 000
<b>Laiteusinnat [€/20 vuotta]</b>	23 000	322 000	233 000
<b>Elinkaarikustannus (30 vuotta) [M€]</b>	1 959 580	2 254 000	1 774 000
<b>Tuotetun lämmön hinta ilman investointi [€/MWh]</b>	69.2	62	41
<b>Tuotetun lämmön hinta investoinnilla [€/MWh]</b>	76	87	69
<b>Takaisinmaksuaika vrt. kaukolämpöön</b>		Ei ole	19

Taulukko 21. Alue 2 Kiinteistökohtaisten ratkaisujen kustannusten vertailu

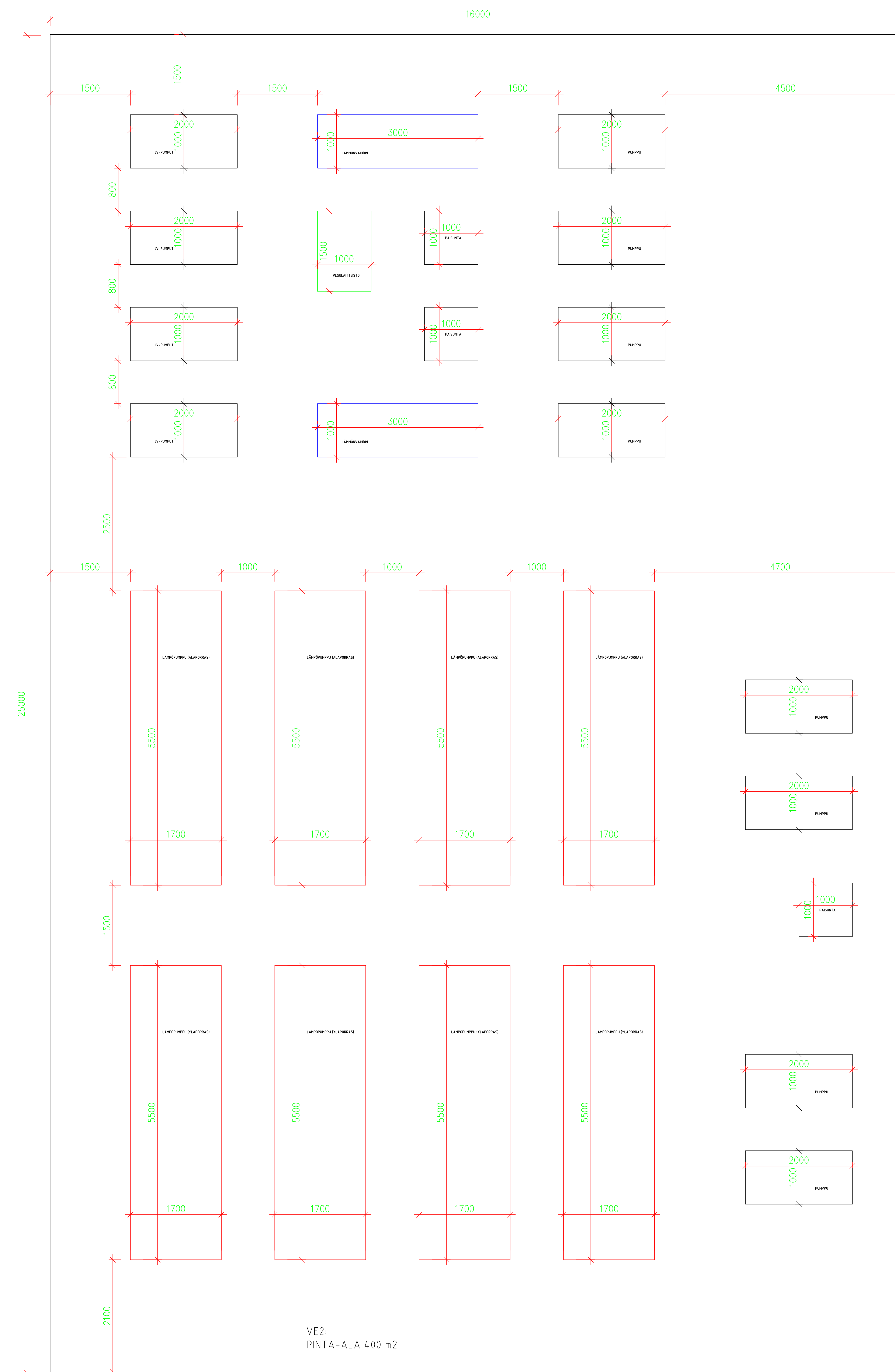
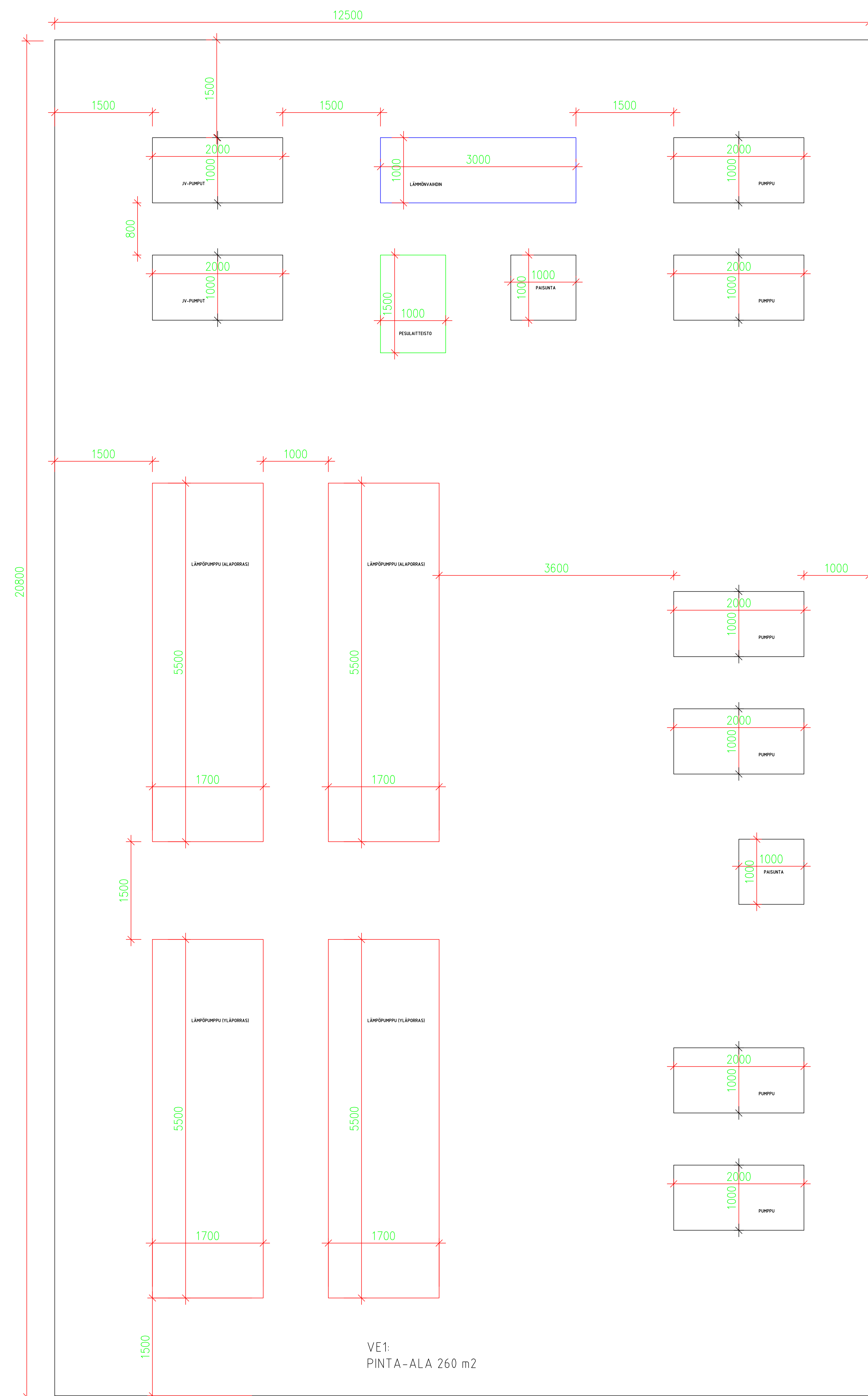
	KL	IVLP	MLP
<b>Investoinnit yhteensä [€]</b>	202 000	548 000	780 000
<b>Käyttökustannukset [€/v]</b>	99 700	86 000	57 000
<b>Laiteuusinnat [€/20 vuotta]</b>	38 00	548 000	130 000
<b>Elinkaarikustannus (30 vuotta) [M€]</b>	3 230 000	3 676 000	2 630 000
<b>Tuotetun lämmön hinta ilman investointi [€/MWh]</b>	69.2	60	40
<b>Tuotetun lämmön hinta investoinnilla [€/MWh]</b>	75	85	61
<b>Takaisinmaksuaika vrt. kaukolämpöön</b>	-	Ei ole	18

## 7. VASTAAVAT HANKKEET

Ohessa kooste vastaavista jäteveden hukkalämmöntalteenottojärjestelmistä, joissa lämpö on hyödynnetty kaukolämmöntuotantoon.

Taulukko 22. Suomessa kaukolämmöntuotannossa olevia jätevesilämpöpumppuja

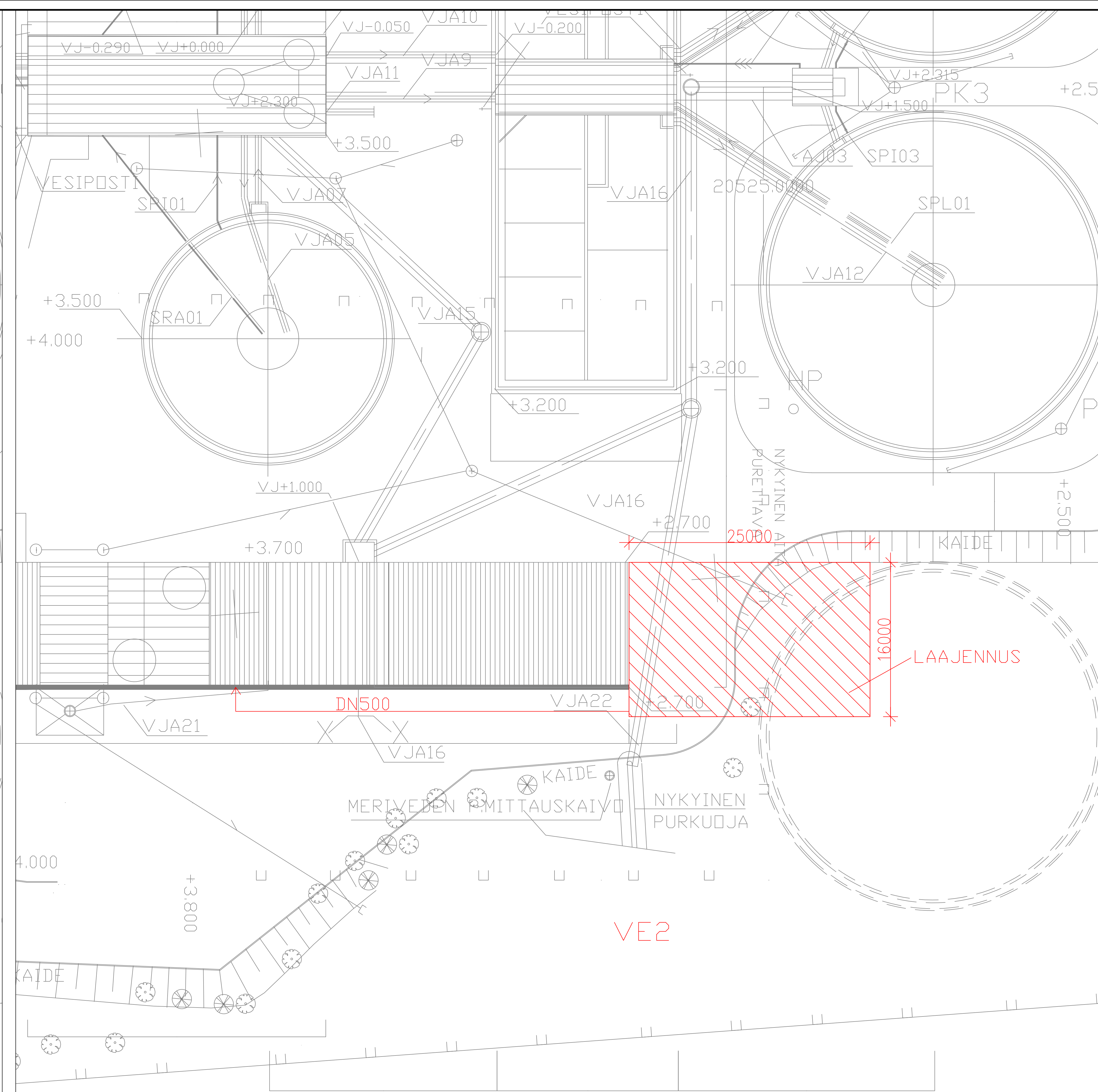
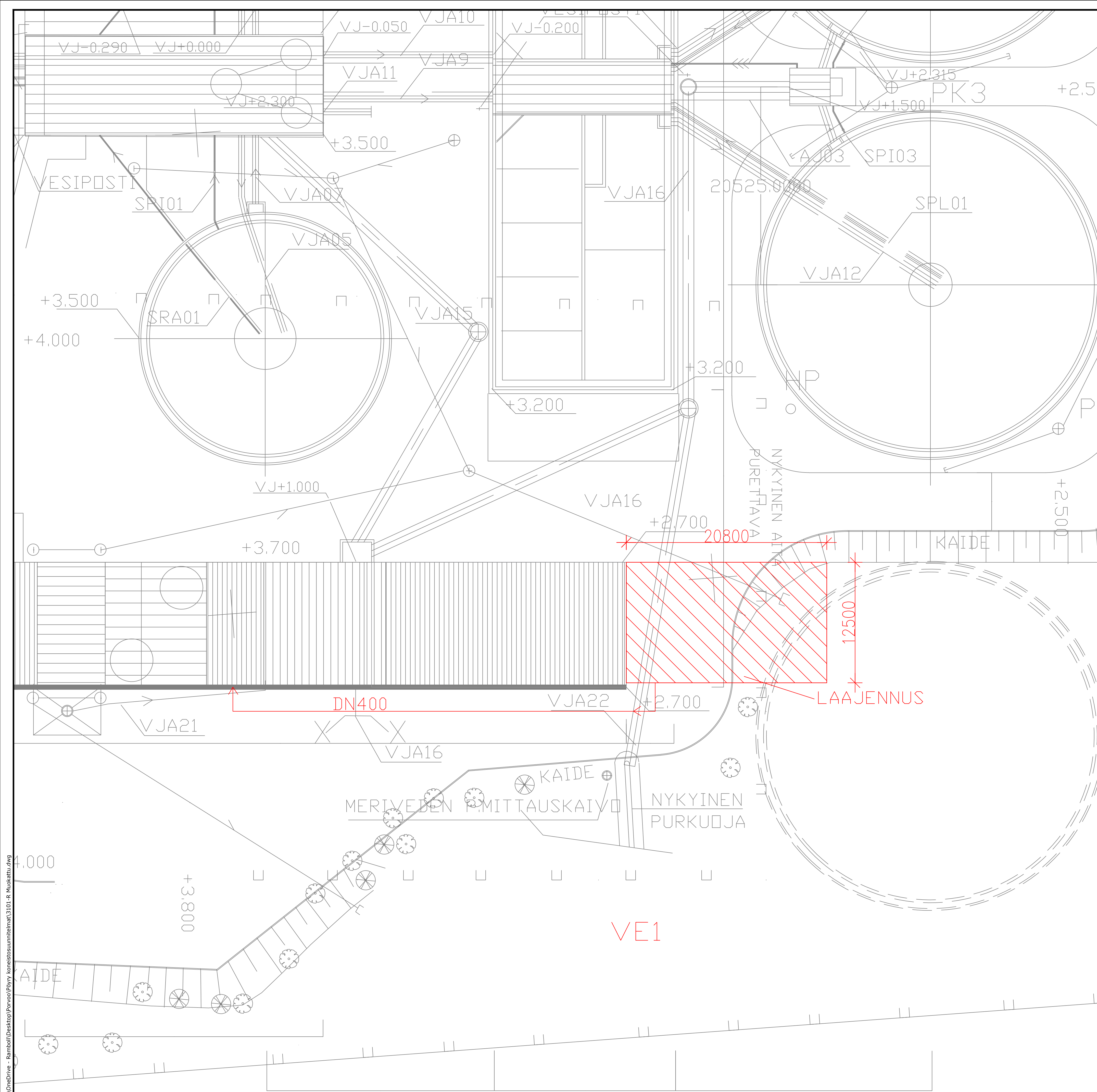
Yritys ja käyttöönottovuosi	Sijainti	Lämpöteho	Lisätiedot
<b>Vaasan Sähkö</b> Suunniteltu käyttöönotto 2024	Pättin jätevedenpuhdistamo, Vaasa	2 lämpöpumppua Lämpö jätevedestä 50–60 GWh/a	Investointikustannus 11 M€ josta Työ- ja elinkeinoministeriön investointituki 1,9 m€
<b>Lahti Energia</b> Valmistuu syksyllä 2022	Ali-Juhakkalan jätevedenpuhdistamo, Lahti	5 MW lämpöpumppu Lämpö jätevedestä 16,9 GWh/a	Calefa AmbiHeat- lämpöpumppulaitos 1,4 m€ ympäristöministeriön investointitukea.
<b>Helen</b> 2006, 7. lämpöpumpun suunniteltu käyttöönotto 2023	Katri Vala, Helsinki	1 * 18 MW + 5 * 21MW + 32 MW (2023) = 155 MW	Lämmönlähteenä puhdistettu jätevesi ja kaukojäähdytyksen paluuvesi
<b>Fortum</b> 2015, 2021	Suomenoja, Espoo	3 lämpöpumppua, yhteensä 70 MW	
<b>Turun Seudun Energiantuotanto Oy</b> 2009	Kakolan lämpöpumppulaitos	2*21 MW	



LUONNOS 26.8.2022

Työ	Lukuma	Määrä	Esikuvitus	Hyväksyjä	Päivä
Suunnittelun vaiheet			Projektin johtaja		
Ramboll			Suunnittelija	Yhteistyö	Tilasto
Rambollin katu 7 00100 Helsinki Puh: 020 735 844 Ramboll.com			Käsitteittäjä	Maailma	
Nimi	pp	vuosi	pp	vuosi	pp





LUONNOS 26.8.2022

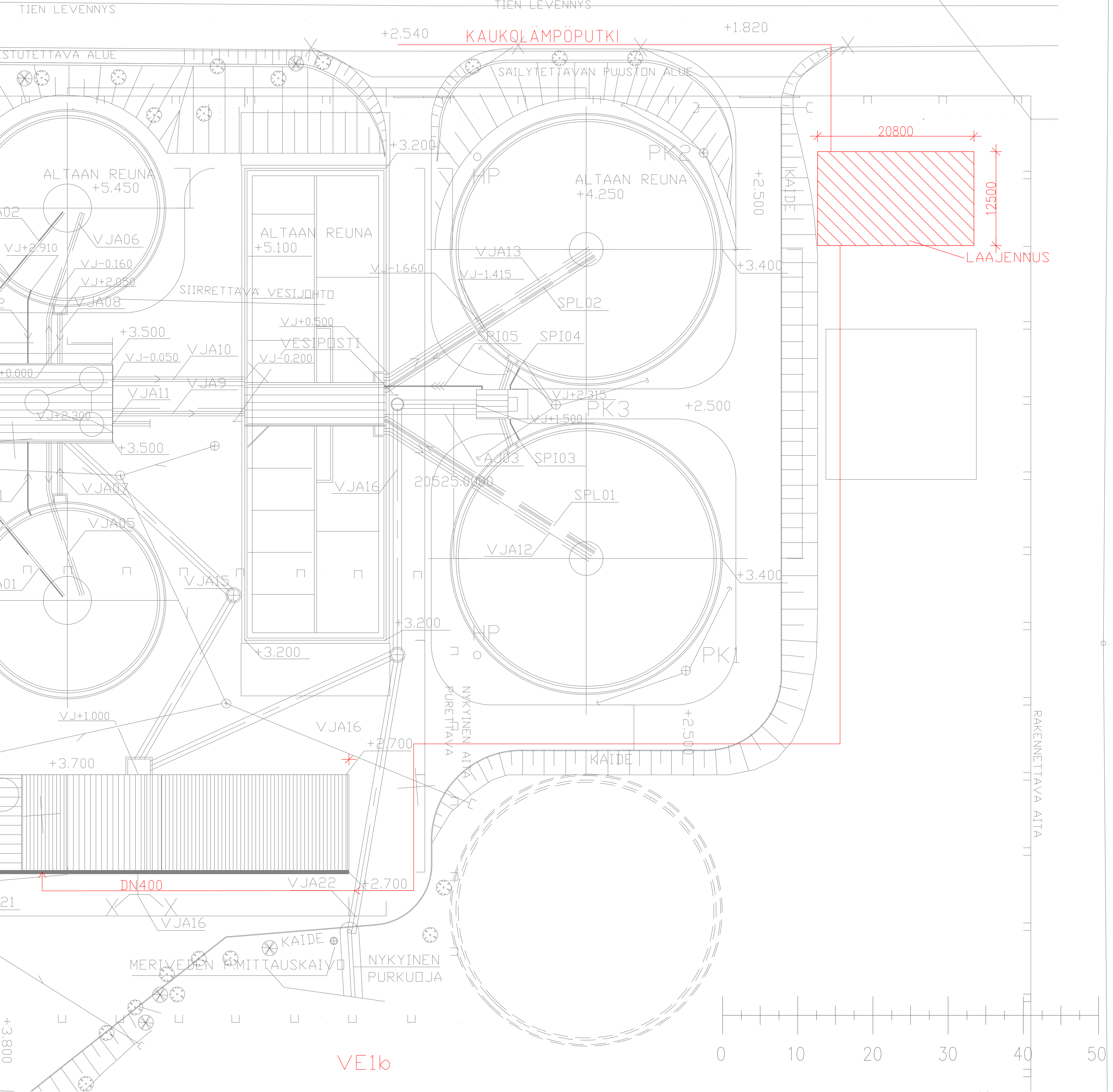
Tunnus Lukun Muutos Suunnittelija Hyväksyjä Päiväys

Käynnästyksen nimi ja osoite Piirustuksen sisältö Mittakaava

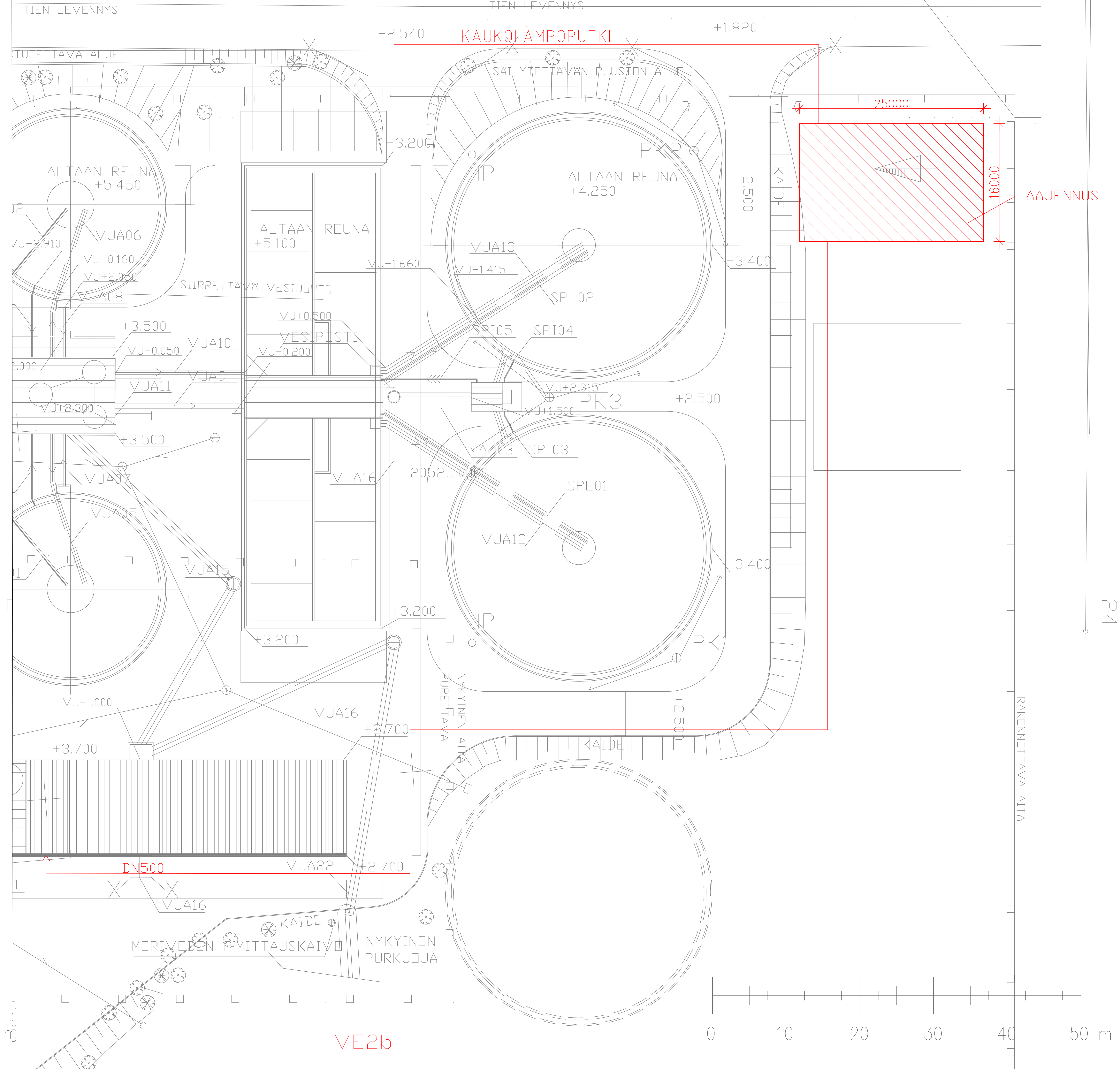
RAMBOLL Ramboll  
Niemenkatu 73  
00100 LAHTI  
puh. 020 755 611  
https://fi.ramboll.com

Suunnittelu	Työnohje	Tiedosto
Piirustus	Muutos	
piir.	suunn.	pvm



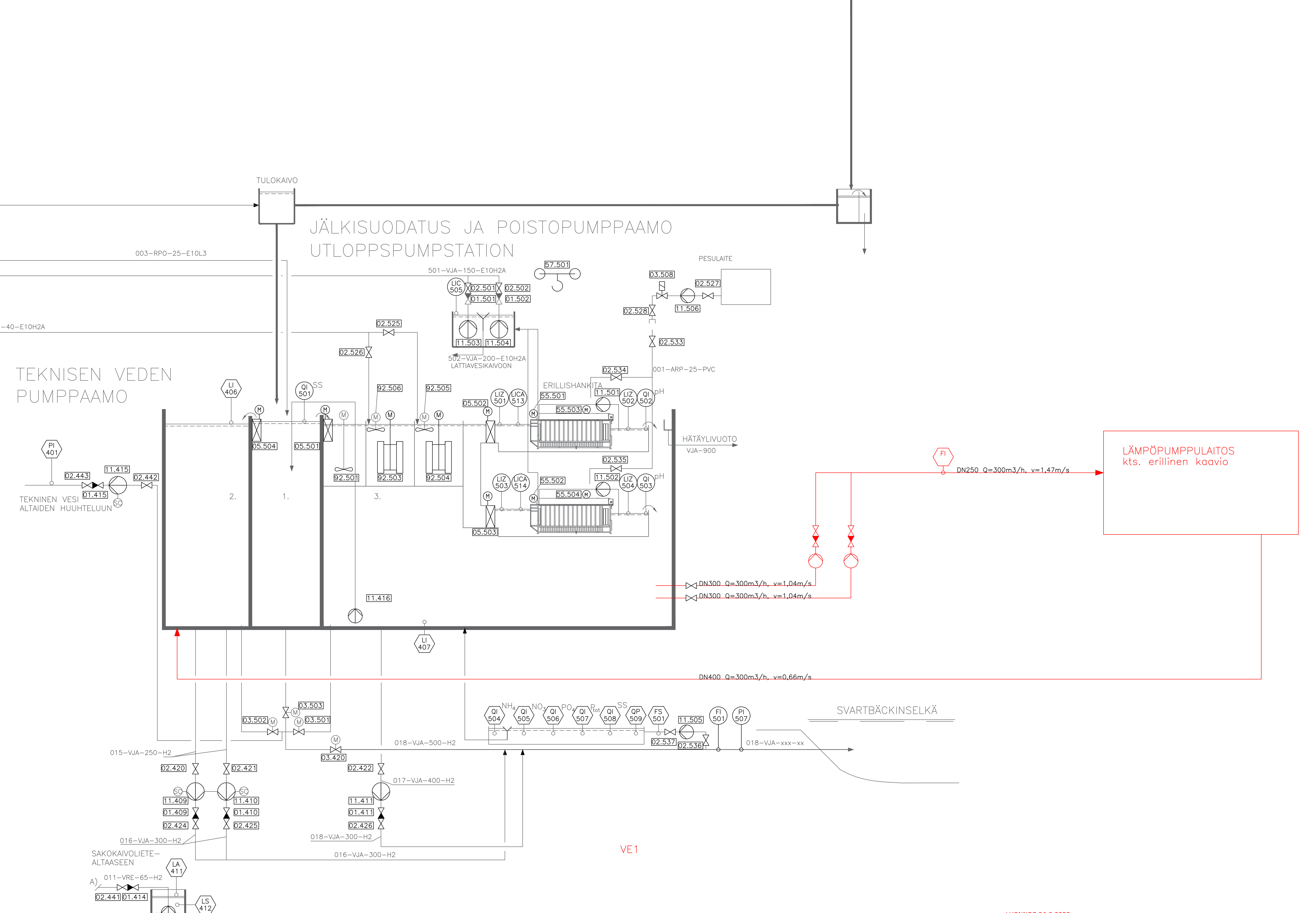


VE1b



VE2b





LÄMPÖPUMPPULAITOS  
kts. erillinen kaavio

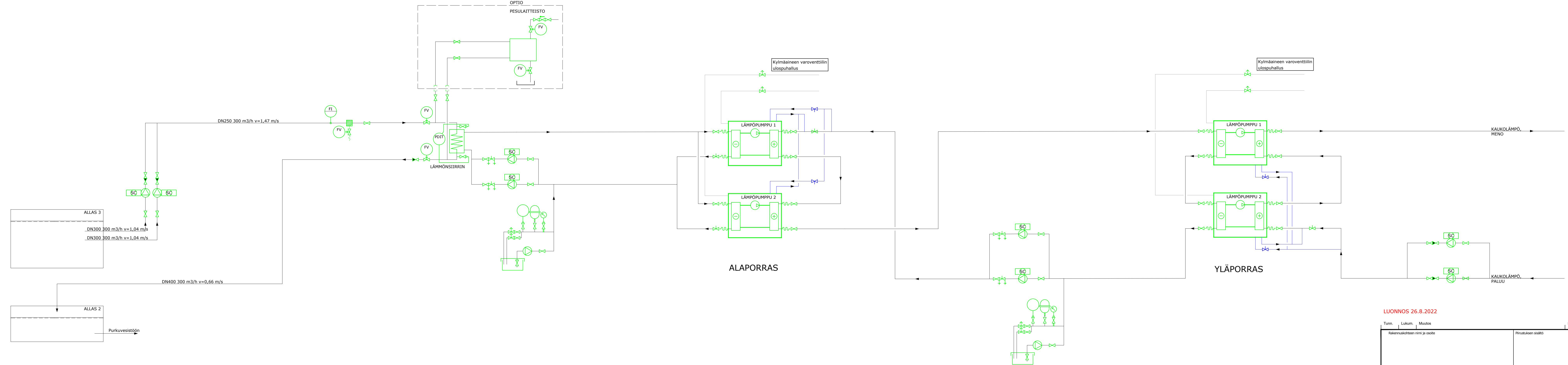
LUONNOS 26.8.2022

Tunn.	Lukum.	Muutos	Suunnittelija	Hyväksyjä	Päiväys
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Perustuksen sisältö		
Mittakaava			Mittakaava		
			Suunn.ala	Työno	Tiedosto
Ramboll Niemenkatu 73 15140 LAHTI puh. 020 755 611 <a href="https://fi.ramboll.com">https://fi.ramboll.com</a>			Perustusnro	Muutos	
hyv.	piir.	suunn.	pvm		

C:\Users\AMINA\Desktop\Porvoo\Työkalustat\Porvoo PI-kaavio.dwg



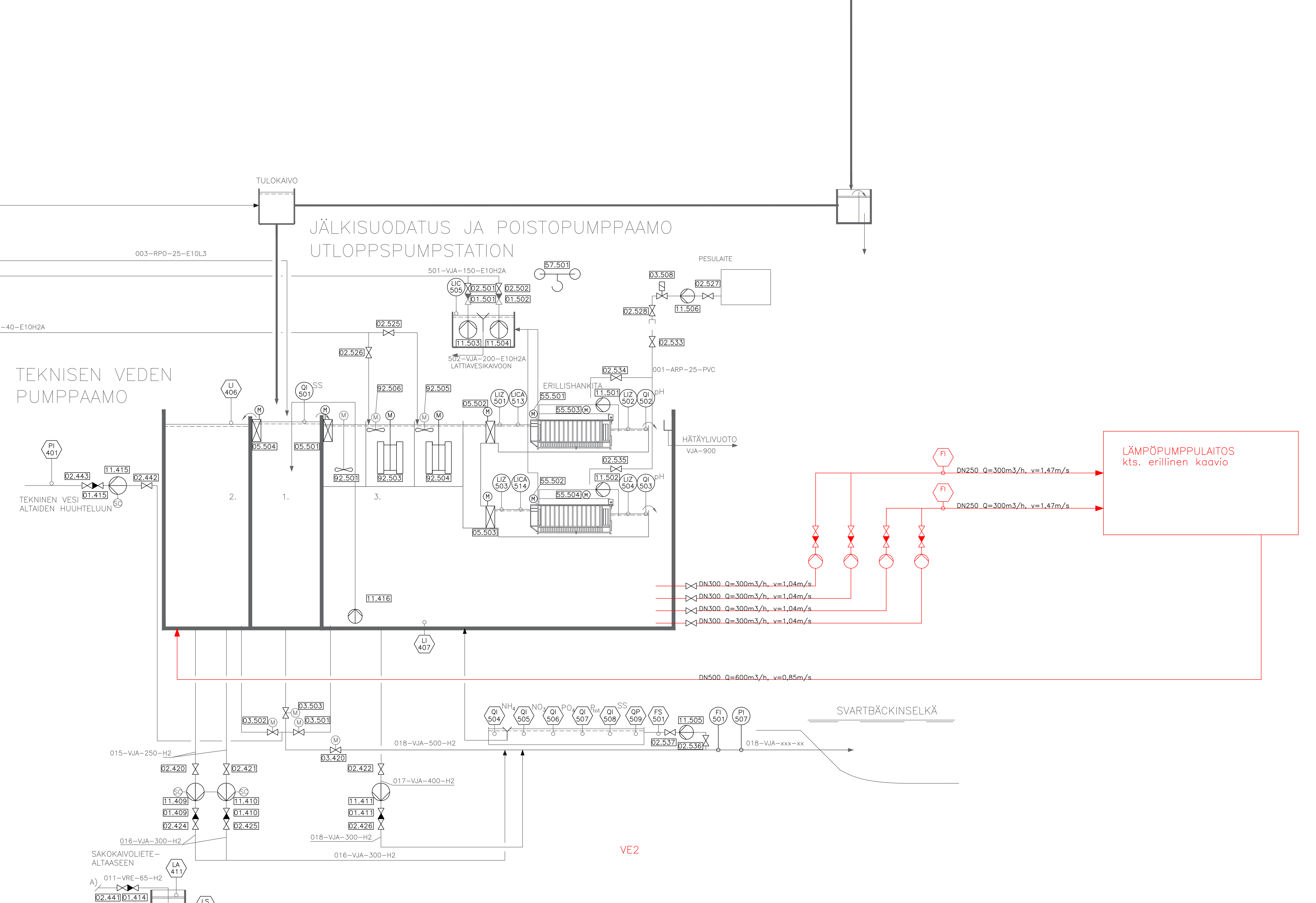
C:\Users\ARIMA\OneDrive - Ramboll\Desktop\Porvoo\Työtiedostot\Porvoo lämpöpumpkaaviot.dwg



VE1

LUONNOS 26.8.2022

Tunn.	Lukum.	Muutos	Suunnittelija	Hyväksyjä	Päiväys
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Pitustuksen sisältö		
Ramboll Niemenkatu 73 15140 LAHTI puh. 020 755 611 https://fi.ramboll.com			Suunn.ala	Työnro	Tiedosto
hyv.			Piirustusnro	Muutos	
			piir.	suunn.	pvm



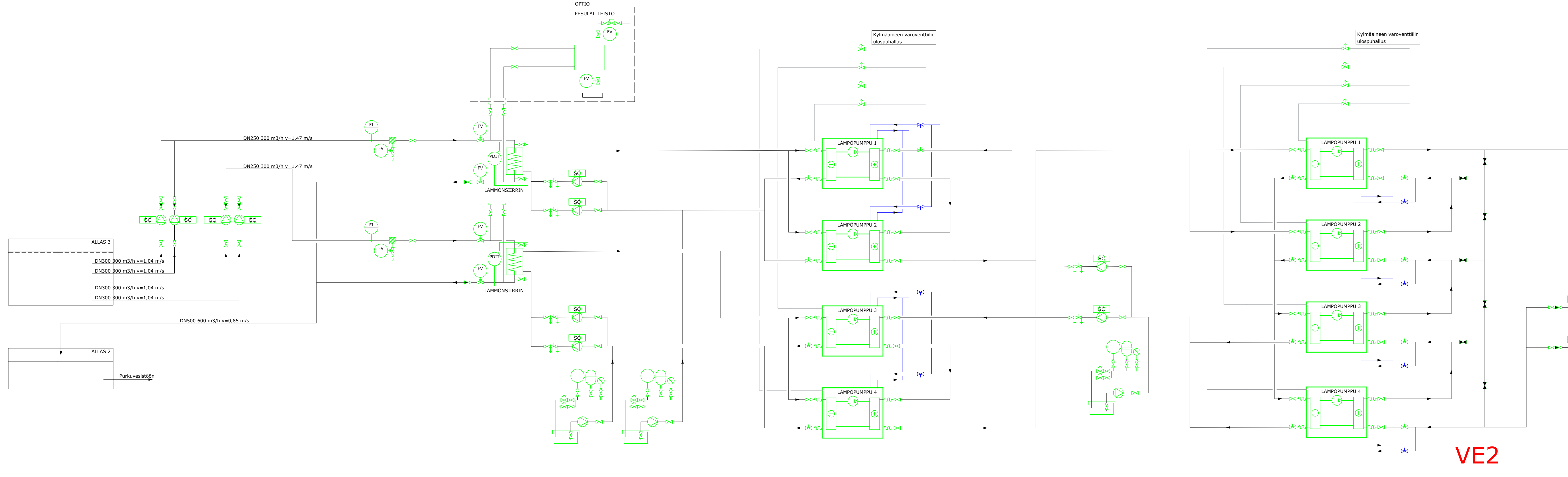
LÄMPÖPUMPPULAITOS  
kts. erillinen kaavio

LUONNOS 26.8.2022

Tunn.	Lukum.	Muutos	Suunnittelija	Hyväksyjä	Päiväys
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Perustuksen sisältö		
Mittakaava			Mittakaava		
			Suunn.ala	Työno	Tiedosto
Ramboll Niemenkatu 73 15140 LÄHTI puh. 020 755 611 https://fi.ramboll.com			Perustusnro	Muutos	
hyv.	piir.	suunn.	pvm		

C:\Users\AMINA\OneDrive - Ramboll\Desktop\Porvoo Työkalustat\Porvoo PI-kaavio.dwg

C:\Users\ARI\OneDrive - Ramboll\Desktop\Porvoo\Työtiedostot\Porvoo lämpöpumpunkaaviot.dwg



VE2

LUONNOS 26.8.2022

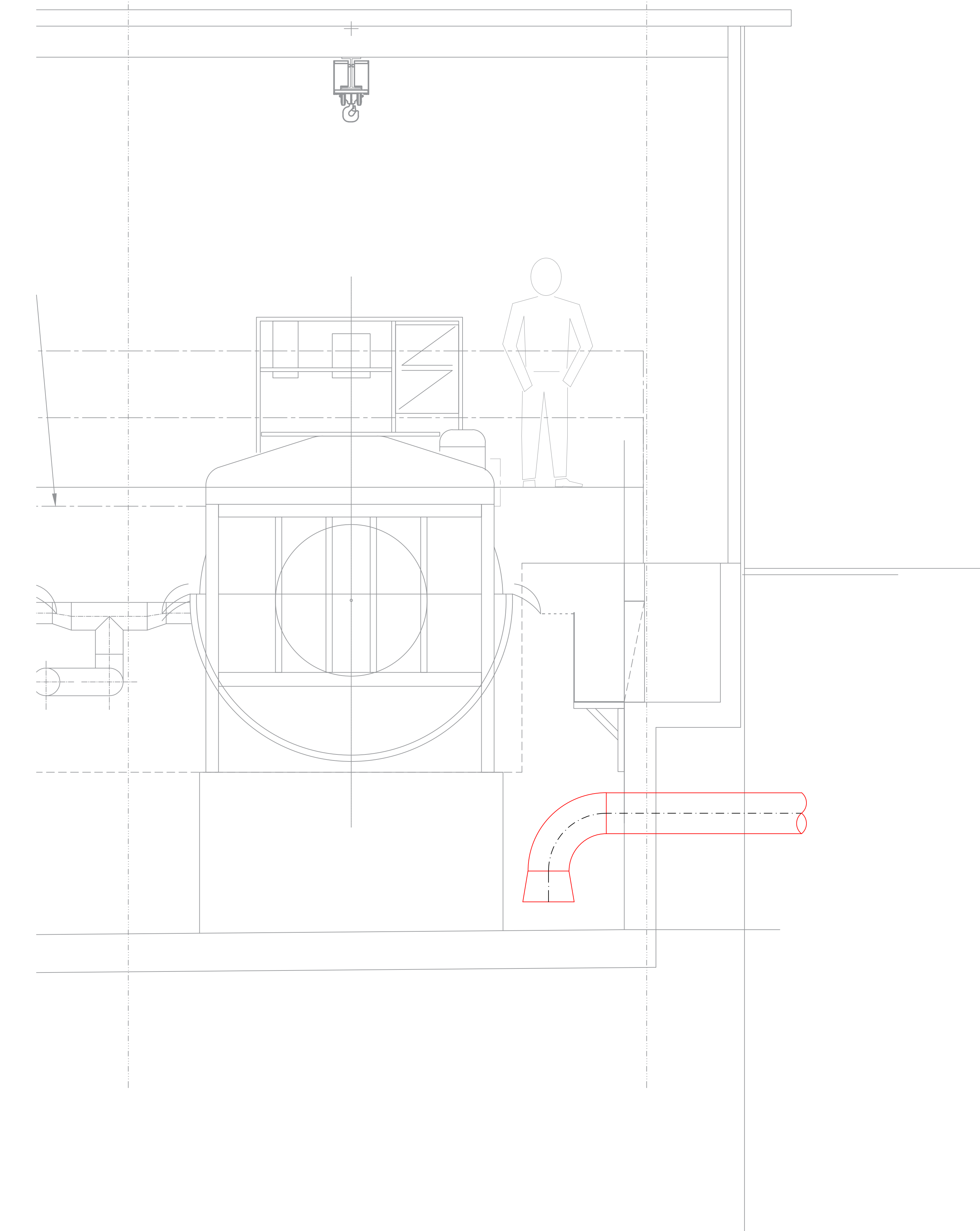
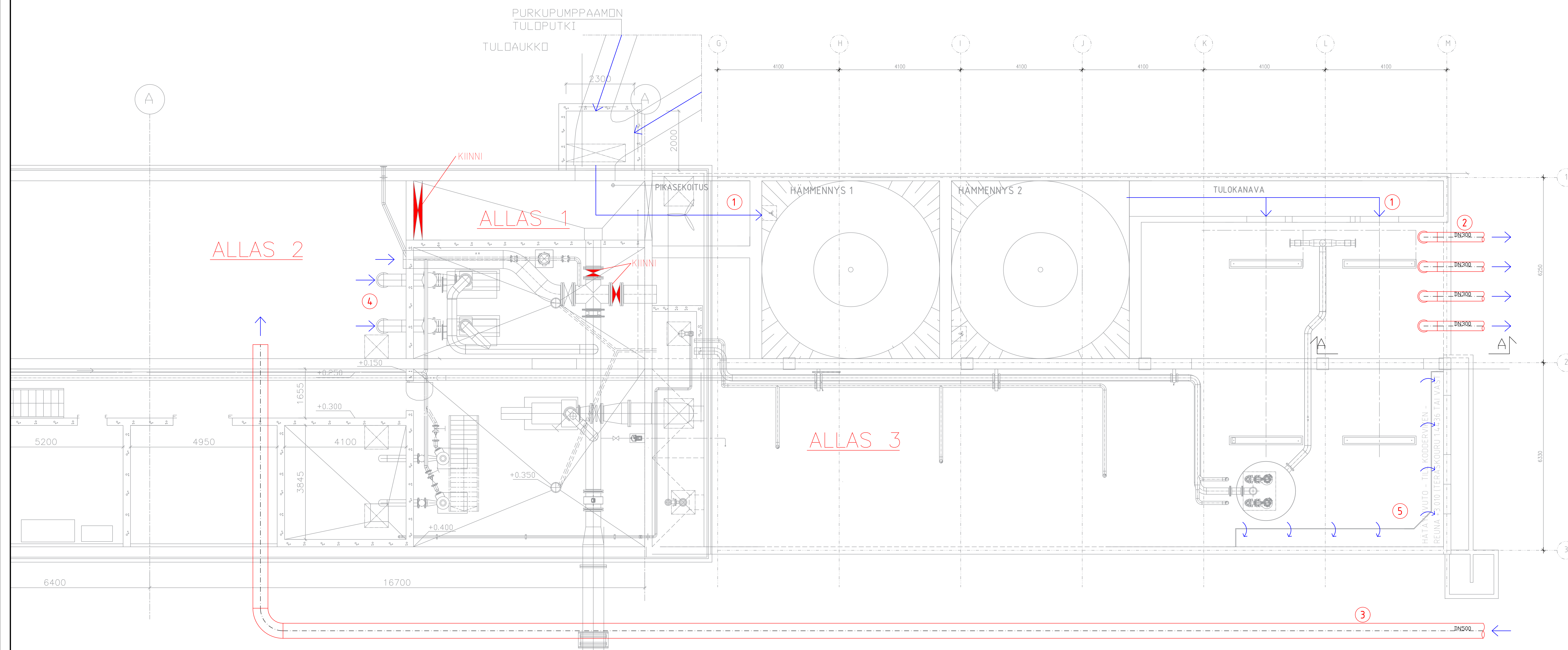
Tunn.	Lukum.	Muutos	Suunnittelija	Hyväksyjä	Paiväys
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Pirustuksen sisältö		
Ramboll Niemenkatu 73 15140 LAHTI puh. 020 755 611 https://fi.ramboll.com			Suunn.ala	Työnro	Tiedosto
hyv.			Piirustusnro	Muutos	Mittakaava
			plir.	suunn.	pvm



# TASOPIIRUSTUS (1:50)

# LEIKKAUS A-A (1:20)

TASO +0.00



1. JÄTEVESI JOHDETAAN NYKYISIÄ VIRTAUSREITTEJÄ JÄLKIKÄSITTELYYN
2. JÄLKIKÄSITELTY JÄTEVESI JOHDETAAN LÄMPÖPUMPPULAITOKSELLE, JÄTEVESI-PUMPPUJEN IMUPUTKET ALTAASSA 3
3. PALUULINJA LÄMPÖPUMPPULAITOKSELTA ALTAASEEN 2
4. VESI JOHDETAAN ALTAASTA 2 NYKYISIÄ VIRTAUSREITTEJÄ PURKUVEESISTÖÖN
5. HÄIRIÖTILANTEISSA HÄTÄYLIVUOTO ALTAASTA 3 -> KODDERVIKEN

LUONNOS 26.8.2022

Työ	Lukittu	Muutos	Esitiedot	hyväksytty	Päätös
<b>RAMBOLL</b> Ramboll Mannerkatu 7 00100 HELSINKI puh. +358 9 735 811 info@ramboll.com			Suunnittelija Pääsuunnittelija Tekijä Tarkastaja Päivä	Suunnittelija Pääsuunnittelija Tekijä Tarkastaja Päivä	Suunnittelija Pääsuunnittelija Tekijä Tarkastaja Päivä