

**Vihdin Kirkonkylän**

**Campusalueen energiahankesuunnitelma**

ENERGIAHANKESUUNNITELMA

DOKUMENTIN NRO 001 Rev B.

**31.10.2024**

A-insinöörit Suunnittelu Oy  
Puutarhankatu 10  
33210 TAMPERE

## SISÄLLYSLUETTELO

1	LYHENNELUETTELO.....	5
2	JOHDANTO .....	6
3	TEHDYT RAJAUKSET JA PERUSTELUT .....	9
4	VIHDIN CAMPUSALUEEN TARKASTELTAVAT KIINTEISTÖT .....	10
5	CAMPUSALUEEN NYKYINEN ENERGIAJÄRJESTELMÄ .....	13
5.1	Nykyinen aluelämpöverkko ja öljykattilalaitos.....	14
5.2	Rakennusten lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät sekä mitoitustehot.....	15
5.3	Öljykattilalaitoksen toteutunut öljynkulutus .....	15
5.4	Campusalueen toteutunut sähköenergiankulutus.....	16
5.5	Campusalueen toteutunut lämpöenergiankulutus .....	17
5.6	Campusalueen toteutunut kokonaisenergiankulutus.....	17
6	CAMPUSALUEEN VAIHTOEHTOISET ENERGIAJÄRJESTELMÄT .....	18
6.1	Pois suljetut järjestelmävaihtoehdot .....	18
6.2	Maalämpöjärjestelmä .....	18
6.2.1	Campusalueen TRT-mittausten ja EED-simuloinnin tulokset.....	18
6.2.2	Maalämpöjärjestelmävaihtoehdot 1 ja 2.....	20
6.2.3	Maalämpökaivojen lukumäärä ja maalämpökaivokentät.....	21
6.2.4	Maalämpöjärjestelmän alustavat laitevalinnat.....	25
6.2.5	Maalämpöjärjestelmän alustava mitoitus .....	26
6.2.6	Maalämpöjärjestelmien alustavat sijoitukset.....	26
6.3	Suora sähkölämmitysjärjestelmä .....	28
6.3.1	Mitoitustekniset asiat.....	28
6.4	Hakelämmitysjärjestelmä .....	28
6.4.1	Mitoitustekniset asiat.....	29
6.4.2	Hakelaitoksen tyyppi ja sijoitus.....	29
6.4.3	Sähköliittymän muutostarpeet.....	29
6.5	Biokaasulämmitysjärjestelmä.....	30
6.5.1	Mitoitustekniset asiat.....	30
6.5.2	Laitoksen tyyppi ja sijoitus .....	30
6.5.3	Sähköliittymän muutostarpeet.....	30
6.6	Geoterminen lämmitysjärjestelmä + sähkökattila + lämpöakku .....	30
6.6.1	Sähköliittymän muutostarpeet.....	32
6.7	Hybridijärjestelmissä huomioitavat asiat .....	32
6.8	Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen .....	32
6.8.1	Mitoitustekniset asiat.....	32
6.9	Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen .....	33
6.9.1	Mitoitustekniset asiat.....	33
6.10	Biokaasu + sähkökattila + IVLP-järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen.....	34
6.10.1	Mitoitustekniset asiat.....	34
6.11	Ilma-vesilämpöpumppu + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmä .....	35
6.12	Yhteenveto järjestelmälaitteiden tehoista .....	36
6.13	Lämpölaitosvaihtoehtojen sähkönverkon muutostarvearviot .....	37
6.14	Varavoimakone ja palvelualue.....	38
6.15	Hiilidioksidin talteenottomahdollisuus lämpölaitoksessa .....	38

6.16	Jääkiekkokaukalon lauhdelämmön määrän ja hyödyntämisen arvioiminen .....	38
6.17	Savukaasun puhdistuslaitteiston mahdollisuus ja optiohintaa asennettuna lämpölaitokseen....	39
6.18	Biokaasun varastoinnissa huomioitavat asiat .....	39
7	VIHDIN CAMPUSALUEEN KIINTEISTÖJEN ENERGIASIMULOINNIT .....	42
7.1	Energiatarkastelut pääjärjestelmille.....	42
7.2	Energiatarkastelut hybridijärjestelmille .....	42
7.3	Energiasimulointien lähtötiedot ja käytettävä säädädata .....	42
7.4	Energiasimulointien tulokset.....	42
7.4.1	Maalämpöjärjestelmä + SK + lämpöakku .....	43
7.4.2	Suora sähkölämmitys.....	43
7.4.3	Hakelämmitys.....	43
7.4.4	Biokaasulämmitys .....	44
7.4.5	Geotermisen järjestelmä + SK + lämpöakku .....	44
7.4.6	Hakekattila + Biokaasukattila + IVLP -järjestelmä .....	44
7.4.7	Hakekattila + sähkökattila + IVLP -järjestelmä .....	45
7.4.8	Biokaasukattila + sähkökattila + IVLP -järjestelmä .....	45
7.4.9	Ilma-vesilämpöpumppu + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmä.....	46
7.5	Lämmitysjärjestelmän menoveden lisälämmitystarve (priimaus) korkea- ja matalalämpötilaverkostossa.....	46
8	ENERGIAJÄRJESTELMIEN KUSTANNUSRAKENTEET JA -LASKELMAT.....	48
8.1	Nykyisen energiajärjestelmän kustannukset .....	48
8.2	Kustannus- ja kannattavuuslaskelmissa käytettävät energiahinnat .....	48
8.3	Maalämpöjärjestelmän kustannusrakenne.....	49
8.4	Suoran sähkölämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	49
8.5	Hakelämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	50
8.6	Biokaasulämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	50
8.7	Geotermisen lämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	50
8.8	Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	51
8.9	Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	52
8.10	Biokaasu + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne.....	52
8.11	Ilma-vesilämpöpumppu + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne	52
8.12	Yhteenveto investointikustannusarvioista .....	53
8.13	Yhteenveto ostoenergiakulutuksista ja -kustannuksista .....	54
8.14	Järjestelmävaihtoehtojen energiankäytön hiilidioksidipäästöt .....	56
9	KANNATTAVUUSLASKELMAT .....	57
9.1	Takaisinmaksuajan menetelmä ja yhteenveto järjestelmävaihtoehtojen takaisinmaksuajoista.	57
10	HERKKYYSANALYYSIT .....	58
11	KIRKKONIEMEN KOULUN LIITTÄMISEN TARKASTELU.....	60
12	LÄMPÖAKUN VAIKUTUKSET .....	62
13	SÄHKÖAKKU JA SÄÄTÖRESERVIMARKKINAT SEKÄ INTERGRID .....	63
14	CAMPUSALUEEN JÄÄHDYTYSOPTIO.....	65
15	GEOTERMISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ERILLISSELVITYS.....	67
17	KAASUSÄILIÖN SIJOITUSPAIKKA .....	68
18	TILANLÄMMITYSVERKOSTON PATTERNIEN VAIHTAMINEN.....	69

19	JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN PERIAATTEELLISET TOIMINTAKAAVIOT .....	69
20	JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN PÄÄKOMPONENTTIEN SJOITTELU CAMPUSALUEELLE .....	69
21	JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN RISKITARKASTELU .....	69
22	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET ENERGIAHANKESUUNNITELMASTA .....	72
23	LIITTEET .....	75
23.1	Maalämpövaihtoehdon 1 alustavat putkireititykset Kirkonkylän Campusalueella .....	75
23.2	Vihko-koulukeskuksen maalämpökaivokentän alustava sijoitus maalämpövaihtoehdossa 1 ...	76
23.3	Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpökaivokentän alustava sijoitus maalämpövaihtoehdoissa 1 ja 2.....	77
23.4	Yleisurheilukentän maalämpökaivokentän alustava sijoitus maalämpövaihtoehdossa 2 .....	78
23.5	Vihko-koulukeskuksen maalämpöjärjestelmän alustavat tilavaraukset maalämpövaihtoehdossa 1	79
23.6	Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmän alustavat tilavaraukset maalämpövaihtoehto 1.....	80
23.7	Keskitetyn maalämpöjärjestelmän lämpölaitoksen alustavat tilavaraukset maalämpövaihtoehto 2	81
23.8	Kalustohallin alustava IVLP-periaatekytkentäkaavio .....	82
23.9	Kalustohallin alustavat tilavaraukset .....	83
23.10	Kalustohallin alustava IVLP-laiteluettelo .....	84
23.11	Maalämpövaihtoehdon 2 alustava laiteluettelo .....	85
23.12	Alustava uuden huoltohallin sijoituspaikka (sininen viivoitettu alue) .....	86
23.13	Ote asemakaavasta (Vihdin karttapalvelu) .....	87

## 1 LYHENNELUETTELO

BK	= biokaasukattila
EED	= maalämpösimulointi
ESP	= sähkösuodatin
Geo LP	= geoterminen lämpöpumppu
HK	= hakekattila
Hybridijärjestelmä	= järjestelmä, jossa lämpöenergia tuotetaan usealla eri tavalla
IDA ICE	= dynaaminen simulointiohjelma
IFC	= rakennuksen RAK-malli
IVLP	= ilma-vesilämpöpumppu
IV	= ilmanvaihto
LA	= lämpöakku
LL	= lattialämmitys
LKV	= lämmin käyttövesi
LTO	= lämmöntalteenotto
LVIJAS	= lämpö-, vesi-, ilma-, jäähdytys-, automaatio- ja sähkö
ML	= maalämpö
MLP	= maalämpöpumppu
RAK	= rakennus
RAU	= rakennusautomaatio
SK	= sähkökattila
Sähköakku	= sähköakku
TRT	= terminen vastetestimittaus
ÖK	= öljykattila

## 2 JOHDANTO

Vihdin Kirkonkylän Campusalue sijaitsee Nietoinkujalla Vihdissä Kirkkojärven rannalla, ja Campusalueeseen kuuluvat alla luetellut kiinteistöt. Vihko-koulukeskus koostuu vanhasta puolesta (RAK2) ja uudesta puolesta (RAK1).

RAK1+RAK2	- Vihko-koulukeskus – Nietoinkuja 1
RAK3	- Kirkonkylän liikuntahalli – Nietoinkuja 6
RAK4	- Kunnan kiinteistöhoiton varikko – Nietoinkuja 8
RAK8	- Pappilanpellon koulu – Kirkkojärventie 3
	- Uusi huoltorakennus

Lisäksi energiahankesuunnitelmassa huomioidaan Campusalueen ulkopuolisen Kirkkoniemen koulun vaikutukset energijärjestelmän alustavaan mitoitukseen erillistarkasteluna. Lisäksi arvioidaan Kirkkoniemen koulun lämmitystehontarve ja vuotuinen energiankulutus sekä koulun liitettävyyden vaikutukset erillistarkasteluna.

Kirkkoniemen koulu	- Kirkkoniementie 10
--------------------	----------------------

Energiahankesuunnitelmassa tarkastellaan Vihdin Kirkonkylän Campusalueen nykyisen energijärjestelmän (öljykattilalaitoksen ja siihen liitettyjen Kirkonkylän Campusalueen kiinteistöjen alueöljylämmitysjärjestelmän) muuntamista campusalueella vaihtoehtoiseen energijärjestelmään.

Energijärjestelmävaihtoehdot ovat:

- Hakelämmitysjärjestelmä
- Suora sähkölämmitysjärjestelmä
- Maalämpöjärjestelmä + SK + lämpöakku
- Geoterminen lämmitysjärjestelmä + SK + lämpöakku
- Biokaasulämmitysjärjestelmä
- Hake + biokaasu + ilma-vesilämpöpumppu -hybridilämmitysjärjestelmä + lämpöakku
- Hake + sähkökattila + ilma-vesilämpöpumppu -hybridilämmitysjärjestelmä + lämpöakku
- Biokaasu + sähkökattila + ilma-vesilämpöpumppu -hybridilämmitysjärjestelmä + lämpöakku
- Ilma-vesilämpöpumppu + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmä

Lisäksi tarkastellaan ulkotekojään jäähdytyksen lauhdelämmön hyödyntämistä jääkiekkokaukalon jäähdytyskoneesta hybridijärjestelmävaihtoehdoissa sekä myös maalämpöjärjestelmässä, geotermisessä järjestelmässä ja IVLP+SK+lämpöakku -järjestelmässä. Lämpöakun hyödyntämistä tarkastellaan hybridijärjestelmissä sekä maalämpöjärjestelmässä, geotermisessä järjestelmässä ja IVLP+SK+lämpöakku -järjestelmässä.

Keskitetyllä järjestelmällä viitataan tässä raportissa siihen, että Campusalueella on yksi lämmöntuotantopaikka. Hajautetussa järjestelmässä Campusalueen kiinteistöillä on kaksi tai useampi lämmöntuotantopaikka Campusalueella. Hybridijärjestelmässä on yksi tai useampi eri lämmöntuotantotapa, mutta yksi lämmöntuotantopaikka. Hake- ja biokaasujärjestelmävaihtoehdot sekä suora

sähkölämmitysjärjestelmä ovat keskitettyjä järjestelmiä. Geoterminen lämmitysjärjestelmä on keskitetty järjestelmä. Maalämpöjärjestelmästä tarkastellaan keskitettyä ja hajautettua järjestelmää. Hybridijärjestelmät ovat keskitettyjä järjestelmiä, koska lämmöntuotanto-, jäähdytysenergiantuotanto- ja lämmöntalteenottojärjestelmät on sijoitettu yhteen lämpölaitosrakennukseen Campusalueelle.

Ulkotekojään jäähdytyskoneen lauhdelämmön talteenoton osalta jäähdytyslaitteisto sijaitsee uudessa huoltorakennuksessa ulkotekojääkentän vieressä, ja on yhdistettynä alueverkostoon.

Energiahankesuunnitelmassa tehdään vertailu Campusalueen kiinteistöjen nykyisten lämmitysjärjestelmän ja vaihtoehtoisten energiajärjestelmien välillä. Lisäksi suoritetaan vaihtoehtoisten energiajärjestelmien alustavien tilatarpeiden tarkastelut sekä laitteistojen sijoituspaikat Campusalueella. Energiahankesuunnitelma sisältää myös hankekuvauksen ja kiinteistöjen lämmitysteho- ja energiakulutusten arvioimisen ja laskemisen järjestelmävaihtoehdoissa sekä kustannus- ja takaisinmaksuaikalaskennan.

Lisäksi laaditaan periaatetason toimintakaaviot Campusalueen järjestelmävaihtoehdoista ja siitä, miten järjestelmän pääkomponentit sijoittuisivat Campusalueelle ja mitkä ovat järjestelmäosien keskinäiset riippuvuussuhteet.

Luotua energiahankesuunnitelma, jota käytetään järjestelmävalinnassa, ei sisällä yleissuunnittelu-työtä, toteutus suunnittelua eikä yksityiskohtaisia järjestelmälaitteistojen mitoituksia, vaan ainoastaan laskennallisesti suoritettua energiateknisen ja taloudellisen vertailun nykyisen ja vaihtoehtoisten energiajärjestelmien välillä sekä järjestelmien alustavat mitoitukset ja tilatarpeet Campusalueella.

Maalämpöjärjestelmän tarkasteluissa hyödynnetään myös Kirkonkylän Campusalueella suoritettua TRT-mittausta ja EED-simulointia. Geoterminen lämmitysjärjestelmän osalta hyödynnetään geoterminen lämmön erillisselvitystä.

Energiahankesuunnittelun päätavoitteena on selvittää, onko jokin vaihtoehtoista energiajärjestelmästä teknisesti ja kustannustehokkaasti mahdollista ja kannattavaa toteuttaa Campusalueelle ja mitä se edellyttää.

- Energiahankesuunnitelman liitteiden lisäksi on erillinen materiaaliaineisto, joka sisältää seuraavat liitteet pdf-muodossa:

- o Liite 14 EED simulointi pappilanpellon koulu ja liikuntahalli,
- o Liite 15 EED simulointi Vihko-koulukeskus,
- o Liite 16 MA luonnos EED RAK 1+RAK 2,
- o Liite 17 MA luonnos EED RAK 8
- o Liite 18 TRT Kirkkojärventie 3 kaivo 1
- o Liite 19 TRT Kirkkojärventie 3 kaivo 2
- o Liite 20 Geotermisten lämpökaivojen esiselvitys
- o Liitteet 21 - 27 Järjestelmävaihtoehtojen pääkomponenttien sijoittelu Campusalueella yleistasolla

A-insinöörit Suunnittelu Oy

Energiahankesuunnitelman saa kopioida vain kokonaisuudessaan ja värillisenä

- Liite 28 Järjestelmävaihtoehtojen periaatteelliset toimintakaaviot  
Campusalueella yleistasolla
- Liite 29 Geotermisen lämmitysjärjestelmän erillisselvitys
- Liitteet 30 – 35 Lämpölaitosten alustavat laitoslayoutit
- Liite 36 Keskitetyn maalämpöjärjestelmän alustava periaatteellinen kaavio



### 3 TEHDYT RAJAUKSET JA PERUSTELUT

Energiahankesuunnitelmassa on tehty rajauksia liittyen tarkasteltaviin kiinteistöihin ja järjestelmävaihtoehtoihin.

Pois rajatut järjestelmävaihtoehdot ovat kaukolämpö, öljylämmitys ja biopolttoöljylämmitys. Järvestä lämpöpumpuilla lämpöenergiaa tuottava järjestelmä on käsitelty erillistarkasteluna erillislausunnossa. Jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä mainitaan vain mahdollisuutena, mutta sitä ei tarkastella sen syvällisemmin tässä hankkeessa, koska yleisellä tasolla jätevedestä on haastavaa ottaa lämpöä talteen pienessä mittakaavassa. Keskitetty ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä (myöhemmin IVLP) lisätään tarkasteluun. Tarkasteltava ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä sisältää sähkökattilan (myöhemmin SK) lisä- ja varalämmitysjärjestelmänä sekä lämpöakkujärjestelmän (myöhemmin LA).

Tarkasteltavien kiinteistöjen osalta tarkasteluissa pidettiin mukana Vihko-koulukeskus, Liikuntahalli, kiinteistöhuollon varikko ja Pappilanpellon koulu. Mukana on myös uudishuoltorakennus. Kirkkoniemen koulun mahdollista liittämistä Campusalueen lämmitysjärjestelmään ja sen vaikutuksia käsitellään erillisenä omassa kappaleessaan, eikä sitä oteta mukaan muuhun laskentaan. Hiilidioksidin talteenottojärjestelmää käsitellään mahdollisuutena ja optiona. Jäähdytysjärjestelmää käsitellään mahdollisuutena ja optiona.

Pääenergiajärjestelmien osalta oletuksena on se, että ne toimivat sekä perus-, keski- ja huippukuormien lämmöntuottajana, kuten myös lisä- ja varalämmön tuottajana. Hybridijärjestelmien osalta jako ensisijaiseen ja toissijaiseen lämmöntuotantotapaan on lämmitystehon osalta 60/40 %.

Maalämpö + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmän osalta oletuksena on se, että maalämpö on ensisijainen lämmöntuotantotapa ja sähkökattila on lisä- ja varalämmitysmuoto. Lämpöakkuun varastoitaisiin mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävää lämpöenergiaa.

Geoterminen + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmän osalta oletuksena on se, että geoterminen lämpöpumppu on ensisijainen lämmöntuotantotapa ja sähkökattila on lisä- ja varalämmitysmuoto. Lämpöakkuun varastoitaisiin mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävää lämpöenergiaa.

Ilma-vesilämpöpumppu + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmän osalta oletuksena on se, että ilma-vesilämpöpumppu on ensisijainen lämmöntuotantotapa ja sähkökattila on lisä- ja varalämmitysmuoto. Lämpöakkuun varastoitaisiin mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävää lämpöenergiaa.

Ulkotekojään jäähdytyskoneen lauhdelämmön ja lämpöakkujen hyödyntämistä ja vaikutuksia tarkastellaan osana hybridijärjestelmiä ja lämpöpumppujärjestelmiä. Hybridijärjestelmissä on kolmantena lämmöntuotantomuotona ilma-vesilämpöpumppu, jolla tuotetaan lämpöenergiaa järjestelmään silloin, kun se on tarpeenmukaista. Lämpöakkuun varastoitaisiin mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävää lämpöenergiaa.

Hybridijärjestelmissä ilma-vesilämpöpumpun oletusteho on 600 kW.

#### 4 VIHDIN CAMPUSALUEEN TARKASTELTAVAT KIINTEISTÖT

Alla olevassa kuvassa 1 on Vihko-koulukeskuksen (RAK1+RAK2) IFC-malli, jonka etualalla on koulukeskuksen vanha puoli (RAK2) ja taka-alalla koulukeskuksen uusi puoli (RAK1). Mallin kuvaussuunta on Kirkonkylän liikuntahallin suunnasta Vihko-koulukeskukseen päin. Rakennuksen takana on koulukeskuksen viereinen parkkipaikka.



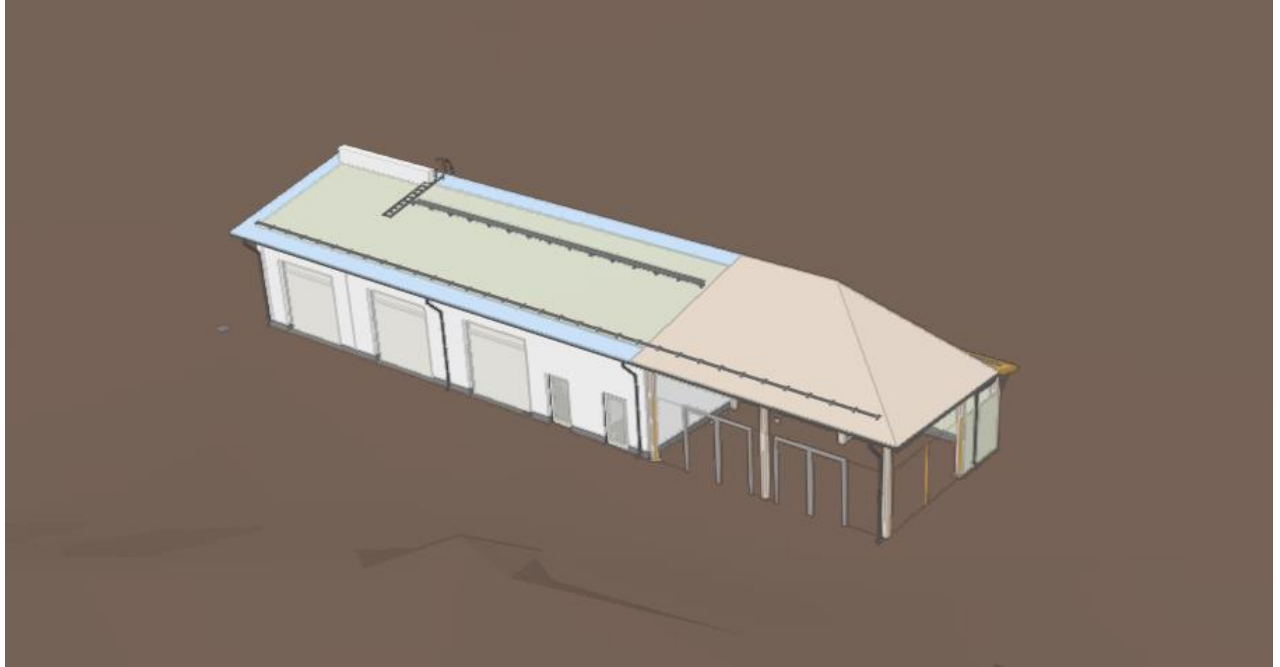
**Kuva 1.** Vihko-koulukeskus.

Alla olevassa kuvassa 2 on Kirkonkylän liikuntahallin (RAK3) IFC-malli, jonka kuvaussuunta on Campusalueen jalkapallokentältä Kirkonkylän Liikuntahalliin päin. Liikuntahallin takana sijaitsee yleisurheilukenttä.



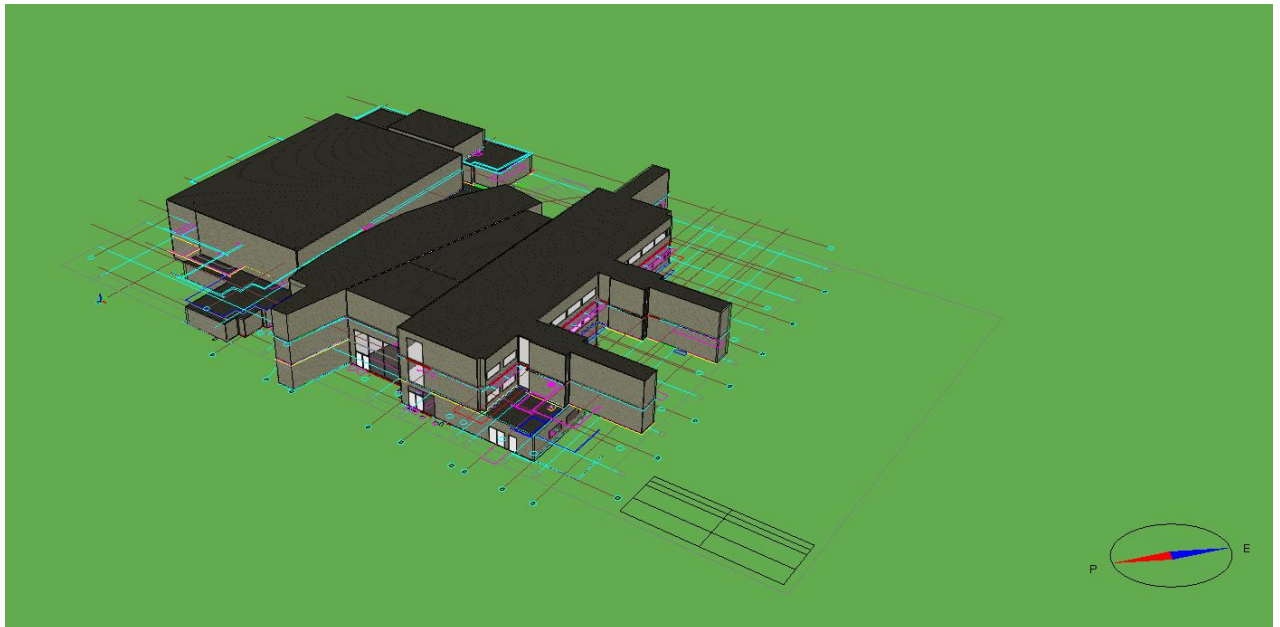
**Kuva 2.** Vihdin Kirkonkylän liikuntahalli.

Alla olevassa kuvassa 3 on kunnan kiinteistöhuollon varikon (RAK4) IFC-malli, jonka kuvaussuunta on yleisurheilukentän päädyistä liikuntahallin kulmalta varikolle päin.



**Kuva 3.** Vihdin kiinteistöhuollon varikko.

Alla olevassa kuvassa 4 esitetään Pappilanpellon koulun IDA ICE-malli lännestä päin katsottuna.



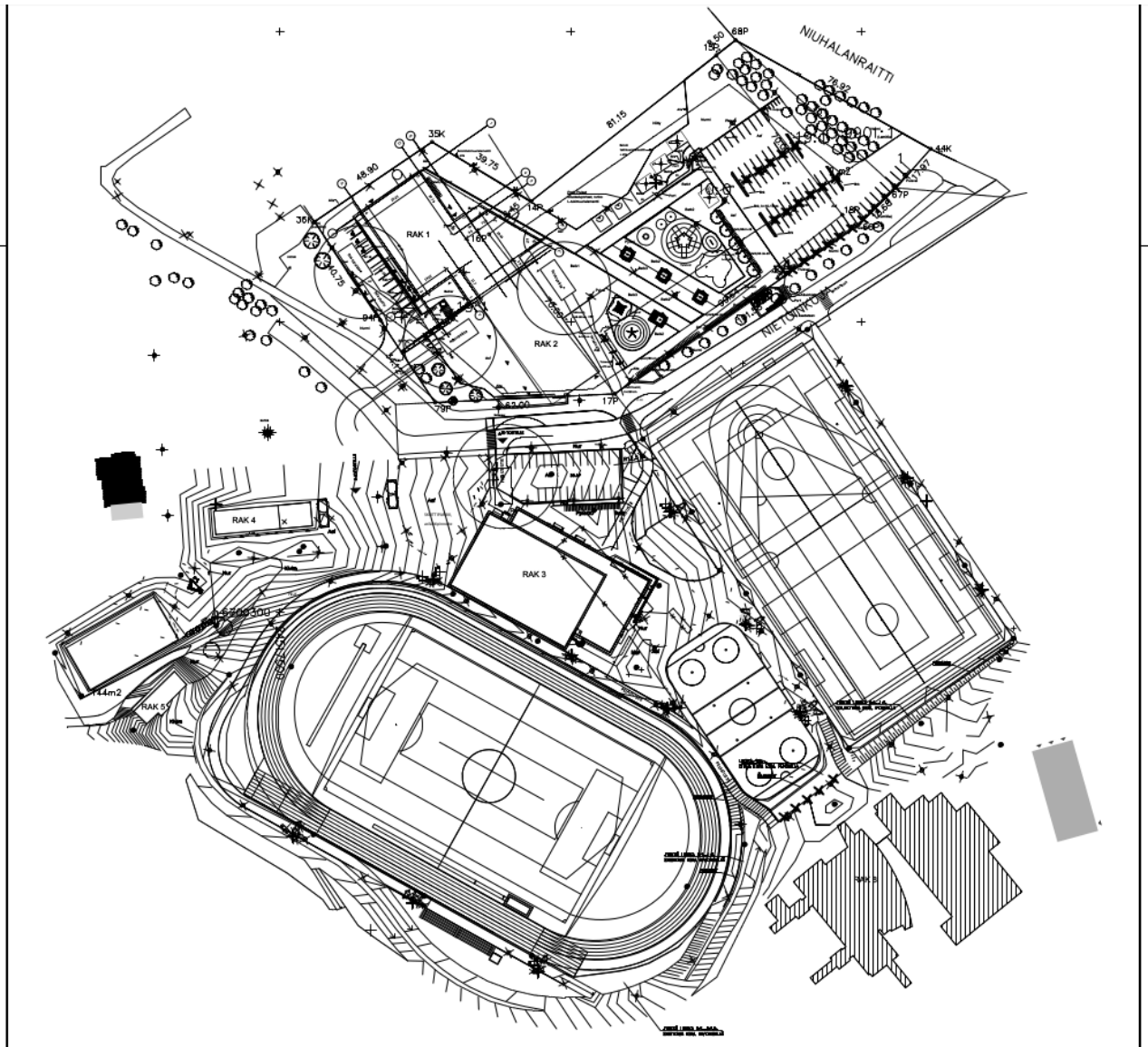
**Kuva 4.** Pappilanpellon koulu.

Kirkkoniemen koulu sijaitsee Campusalueen läheisyydessä olevassa niemessä. Koulun lattiapinta-ala on noin 2 700 brm<sup>2</sup>. Koulu on rakennettu 1950-luvulla. Koulun arvioitu opetusrakennuksen vakioituun käyttöön ja 1950-luvun tyypillisten rakenteiden U-arvoihin perustuva lämmitystehontarve on noin 300 kW (ilmanvaihto, tilanlämmitys ja lämmin käyttövesi). Kirkkoniemen koulun arvioitu lämmitysenergiankulutus on 400 MWh/a ja sähköenergiankulutus on noin 241 MWh/a.

Kirkkoniemen koulun liittämistä Campusalueen aluelämpöverkostoon tarkastellaan omassa kappaleessaan, eikä campusalueen energiankulutus- ja kustannuslaskelmissa oteta huomioon Kirkkoniemen koulun vaikutusta. Kirkkoniemen koulun vaikutukset Campusalueen lämmitysjärjestelmän mitoitustehoon ja energiankulutuksiin ja -kustannuksiin huomioidaan erillistarkasteluna omassa kappaleessaan.

## 5 CAMPUSALUEEN NYKYINEN ENERGIAJÄRJESTELMÄ

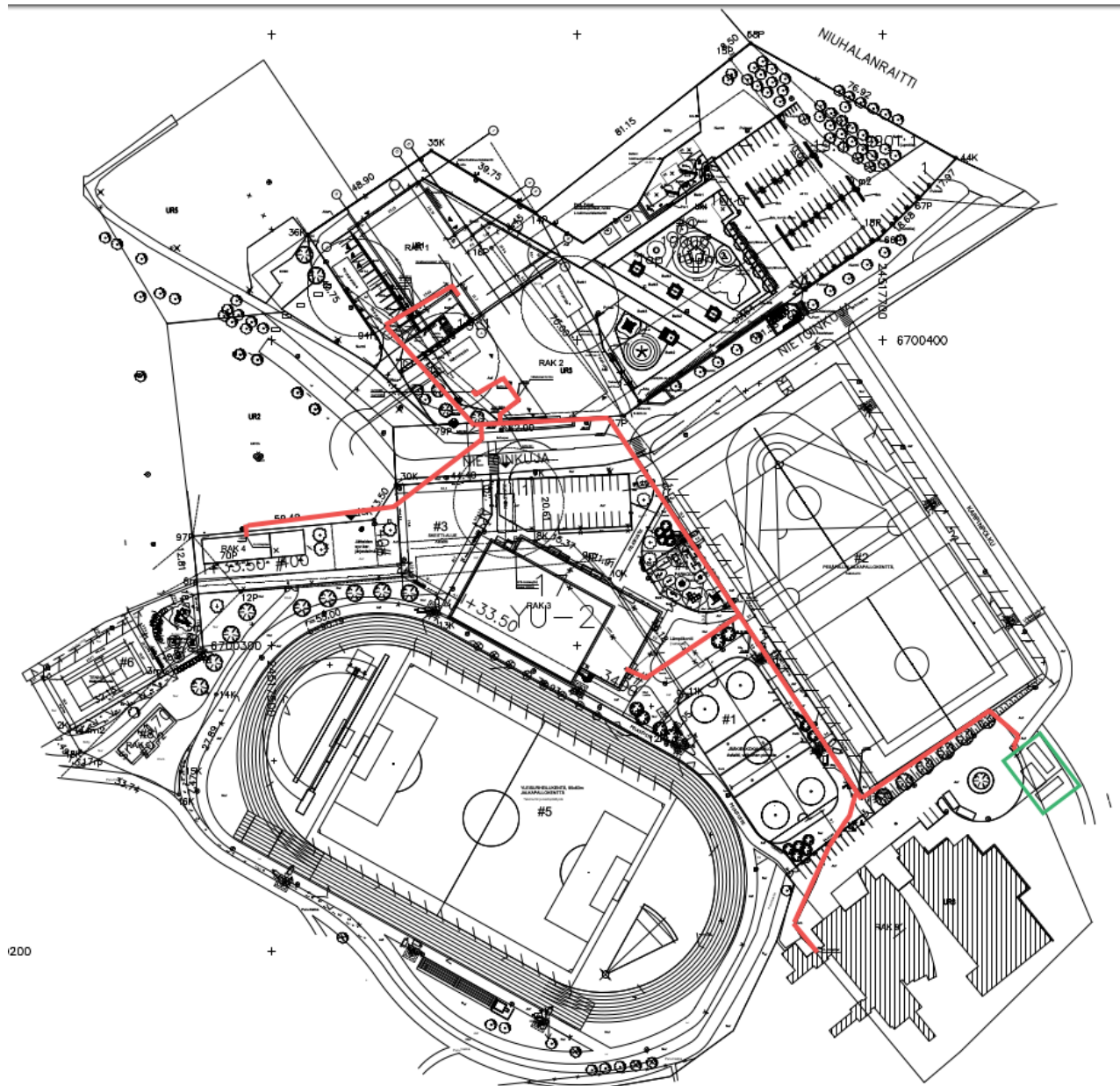
Campusalueen kiinteistöt ovat merkittyinä alla olevaan asemakuvaan. Asemakuvan oikeassa alalaidassa Pappilanpellon koulun (RAK8) vieressä sijaitseva nykyinen öljykattilalaitos on merkittyinä harmaana suorakulmiona. Campusalueen muut tarkasteltavat kiinteistöt ovat Vihko-koulukeskus (RAK1+RAK2) asemakuvan ylälaidassa, kunnan kiinteistöhoiton varikko (RAK4) asemakuvan vasemmalla laidassa ja Kirkonkylän liikuntahalli (RAK3) asemakuvan keskellä yleisurheilukentän vieressä. Pappilanpellon (RAK8) viereinen hiekkakenttä ja metsäalue ovat yleisurheilukentän alapuolella Pappilanpellon koulun vieressä, mutta jäävät asemakuvarajan ulkopuolelle.



Kuva 5. Vihdin Kirkonkylän Campusalueen asemakuva.

## 5.1 Nykyinen aluelämpöverkko ja öljykattilalaitos

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen kiinteistöjen nykyiset lämmitysjärjestelmät ovat kytkettyinä maanalaiseen aluelämpöverkoston, jonka nykyisenä lämmönlähteenä on Campusalueen laidalla Pappilanpellon koulun vieressä sijaitseva ja asemakuvaan vihreällä suorakulmiolla merkitty öljykattilalaitos. Alun perin öljykattilalaitos oli tarkoitettu väliaikaiseksi ratkaisuksi. Campusalueen nykyisen aluelämpöverkoston maanlaiset vierekkäin kulkevat meno- ja paluuputket ovat merkitty alla olevaan asemakuvaan punaisiin viivoihin. Nykyisellään jokaisella kiinteistöllä on oma erillinen lämmönjakohuoneensa, joiden sijainnit ovat rakennusten kohdalla aluelämpöverkoston päissä. Campusalueen kiinteistöjen kuluttama sähkö on kokonaan ostosähköä. Öljykattilalaitoksen kuluttama öljy on polttoöljyä, joka toimitetaan paikan päälle säiliöautolla.



**Kuva 6.** Vihdin Kirkonkylän Campusalueen nykyinen aluelämpöverkosto (punaiset viivat) ja öljykattilalaitos (vihreä suorakulmio).



## 5.2 Rakennusten lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät sekä mitoitusohjeet

Rakennusten jäähdytys tapahtuu osin IV-koneiden jäähdytyspattereilla tuloilman viilentämisen kautta ja osin huonetiloissa olevien jäähdytyspalkkien välityksellä. Tuloilman lämmityksen, tilanlämmityksen, lämpimän käyttöveden valmistuksen ja lattialämmityksen lämmitysjärjestelmät ovat kytketty maanalaiseen aluelämpöverkoston rakennuskohtaisten lämmönjakohuoneissa sijaitsevien lämmönjakokeskusten välityksellä. Rakennusten tilanlämmitysjärjestelmät ovat vesikiertoisia patterijärjestelmiä, tuloilmanlämmitysjärjestelmät ovat IV-koneiden vesikiertoisia IV-lämmityspattereita ja lattialämmitysjärjestelmät ovat vesikiertoisia lattialämmitysjärjestelmiä. Lämpimän käyttöveden valmistusjärjestelmät, tilanlämmitysjärjestelmät ja IV-lämmitysjärjestelmät on kytketty rakennusten lämmönjakohuoneissa sijaitseviin lämmönjakokeskusten lämmönsiirtimiin. Campusalueen rakennusten IV-koneissa on jäähdytyspatterit, joilla tuloilmaa viilennetään tarvittaessa.

Vihko-koulukeskuksen uuden puolen jäähdytys jäähdytystä tarvitsevilla tiloilla on toteutettu vesikiertoisin jäähdytyspalkkein. Vihko-koulukeskuksen vanhan puolen tiloissa jäähdytystä on keittiötiloissa. Kunnan kiinteistöhuollon varikolla ei ole erillistä jäähdytysjärjestelmää tiloissa. Liikuntahallissa ei ole erillistä jäähdytysjärjestelmää tiloissa. Pappilanpellon koulussa ei ole erillistä jäähdytysjärjestelmää tiloissa muuta kuin keittiötilassa, missä se on toteutettu ilma-vesilämpöpumpulla. Alla olevassa taulukossa esitetään yhteenveto rakennusten lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tehoista. Jäähdytysteho sisältää nykyisten IV-koneiden jäähdytyspatterien ja huonetilojen jäähdytyspalkkien yhteenlasketun jäähdytystehon.

**Taulukko 1.** Campusalueen rakennusten toteuttavissa oleva lämmitys- ja jäähdytysteho (loppupiirustuksista) pois lukien Kirkkonniemen koulu.

Rakennuksen nimi	Tilanlämmitys [kW]	Ilmanvaihto [kW]	LKV [kW]	LL [kW]	Jäähdytys [kW]	Lämmitys yhteensä [kW]
Vihko-koulukeskus (uusi puoli, RAK1)	190	328	262	0	271	780
Vihko-koulukeskus (vanha puoli, RAK2)	75	625	300	0	0	1 000
Kunnan kiinteistöhuollon varikko (RAK 4)	4	23	74	2	0	103
Kirkkonkylän liikuntahalli (RAK 3)	27	241	645	72	0	985
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	91	532	340	0	0	963
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä</b>	<b>387</b>	<b>1 749</b>	<b>1 621</b>	<b>74</b>	<b>271</b>	<b>3 831</b>

## 5.3 Öljykattilalaitoksen toteutunut öljynkulutus

Vihdin Kirkkonkylän Campusalueen vuotuiset öljynkulutustiedot esitetään taulukossa 2. Öljynkulutustiedot sisältävät Pappilanpellon koulun (RAK8), Kirkkonkylän liikuntahallin (RAK3), Vihko-koulukeskuksen (RAK1+RAK2) ja kunnan kiinteistöhuollon varikon (RAK4) aluelämpöverkosta ottaman lämpöenergian sekä aluelämpöverkoston verkostolämpöhäviöt ja lämmöntuotannon tuotantohäviöt öljykattilalaitoksessa, koska öljynkulutus on mitattu öljykattilalaitoksen kuluttamana öljymääränä yksikössä l/a.

Campusalueen öljynkulutustilastot eivät ole yhtä suuret vuosittain vuosina 2018-2021, koska näiden vuosien aikana on Campusalueella sekä purettu vanhoja kiinteistöjä, jotka on irrotettu aluelämpöverkosta, että rakennettu uusia kiinteistöjä, jotka on myöhemmin liitetty aluelämpöverkoston. Vuosien 2018 ja 2019 pienemmät öljynkulutukset selittyvät vuoden 2020 aikana rakennettujen ja aluelämpöverkoston liitettyjen liikuntahallin ja Vihko-koulukeskuksen

puuttumisella. Vuonna 2020 ja 2021 kaikki nykyiset kiinteistöt, jotka mainitaan johdannossa, ovat olleet käytössä ja aluelämpöverkostoon kytkettyinä. Noiden kahden vuoden öljynkulutustiedot ovat suurin piirtein yhtä suuret minkä seurauksena kyseisten vuosien kulutus- ja hintakeskiarvoja käytetään nykyisen energijärjestelmän osalta. Polttoöljyn keskimääräinen tiheys on Motivan tilastojen mukaan  $1,00 \text{ kg/dm}^3$  ja keskimääräinen lämpöarvo on  $11,35 \text{ MWh/öljy-t}$ . Tiheyden, lämpöarvon ja kulutustietojen perusteella on laskettu öljykattilaitoksen kuluttaman polttoöljyn keskimääräinen energiasisältö vuosittain yksikössä  $\text{MWh/a}$  alla olevaan taulukkoon. Polttoöljyn keskimääräinen  $\text{CO}_2$ -päästökerroin on  $77,98 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{TJ}$ , joka yksikkömuunnosten jälkeen on  $280,73 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}$ .

**Taulukko 2.** Vihdin Kirkonkylän Campusalueen öljykattilaitoksen öljynkulutustiedot vuosilta 2018-2021.

Vuosi	Öljynkulutus [l/a]	Öljyn energiasisältö [MWh/a]
2018	96 150	1 940
2019	157 620	1 576
2020	204 800	2 048
2021	199 881	1 999
<b>Keskiarvo</b>	<b>202 340</b>	<b>1 904</b>

#### 5.4 Campusalueen toteutunut sähköenergiankulutus

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen sähkökäyttökohteiden kuluttama ostosähkö toimitetaan Campusalueen muuntamon kautta. Muuntamon mittaama sähkökulutus kattaa Campusalueen kaikkien sähkökulutuskohteiden (rakennusten kiinteistösähkön, LVI-sähkön, asukassähkön, muun valaistussähkön ja muiden sähköjärjestelmien sähkökulutukset sekä järjestelmä- ja siirtohäviöt) sähkökulutukset. Sähköntuotannon keskimääräinen  $\text{CO}_2$ -päästökerroin (Suomessa) on  $89,00 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}_{\text{sähkö}}$ . Vuotuisessa sähkökulutuksessa on merkittävää vaihtelua.

**Taulukko 3.** Vihdin Kirkonkylän Campusalueen keskimääräinen ostosähkökustannus.

Ostosähkökulutus	Ostosähkökustannus [€/a. alv. 0 %]
Keskimääräinen arvo vuosilta (2017-2022)	100 000

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen toteutuneet keskimääräiset kiinteistökohtaiset sähköenergiankulutukset, jotka on saatu kiinteistökohtaisista sähköenergiamittareista, esitetään alla olevassa taulukossa 4. Pappilanpellon koulun kiinteistökohtaisista sähkökulutuksista ei ollut saatavilla, joten sen sähkökulutus arvioidaan Campusalueen sähkökulutuksen ominaisarvosta. Sähkökulutuksessa on merkittävää vaihtelua vuositason tasolla.

**Taulukko 4.** Vihdin Kirkonkylän Campusalueen keskimääräiset ostosähkökulutukset.

Vuosi	Ostosähkön kulutus [MWh/a]
Vihko-koulukeskus (RAK1 ja RAK 2)	357
Kunnan kiinteistöhuollon varikko (RAK 4)	19
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 3)	120
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	387
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä</b>	<b>884</b>



## 5.5 Campusalueen toteutunut lämpöenergiankulutus

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen toteutuneet kiinteistökohtaiset lämpöenergiankulutustiedot esitetään alla olevassa taulukossa 5. Rakennuskohtaiset lämpöenergian kulutustiedot on saatu kiinteistökohtaisista energiamittareista. Lämpöenergian kulutustiedot sisältävät kiinteistökohtaiset järjestelmähäviöt, mutta ei maanalaisten aluelämpöjohtojen eikä lämmönjakokeskuksen järjestelmähäviöitä. Jotta nykyisen öljylämmitysjärjestelmän aluelämpölämpöjohtojen ja öljykattilalaitoksen tuotannon järjestelmähäviöt ja häviöitä vastaavat öljynkulutukset otettaisiin huomioon laskennassa, häviöitä vastaavat öljynkulutukset sisällytetään kiinteistöjen lämpöenergian kulutuksiin lämmitetyn nettoalan suhteessa. Aluelämpöverkoston häviöenergia-arvio [MWh/a] on arvioitu öljykattilalaitoksen öljynkulutuksen [l/a] ja kiinteistöjen mitattujen lämpöenergiakulutustietojen erotuksena.

**Taulukko 5.** Campusalueen nykyisen energiajärjestelmän toteutuneet keskimääräiset lämpöenergiankulutukset.

Rakennus	Lämpöenergiankulutus [MWh/a]
Vihko-koulukeskus (RAK1 ja RAK 2)	827
Kunnan kiinteistöhuollon varikko (RAK 4)	39
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 3)	194
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	519
Aluelämpöverkoston häviöenergia-arvio	325
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä</b>	<b>1 578</b>
<b>Campusalueen kokonaislämpöenergiankulutus alueöljylämmitysverkoston häviöenergia huomioiden</b>	<b>1 904</b>

## 5.6 Campusalueen toteutunut kokonaisenergiankulutus

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen toteutuneet keskimääräiset kokonaisenergiankulutukset esitetään taulukossa 6. Kulutustiedot perustuvat Campusalueen muuntajan vuotuisiin sähköenergiamittauksiin ja öljykattilalaitoksen vuotuisiin öljynkulutuksiin. Kulutustiedot sisältävät Campusalueen aluelämpöverkoston ja öljykattilalaitoksen sekä sähköverkon arvioidut järjestelmähäviöt. Vuotuisissa kulutuksissa on merkittävää vaihtelua.

**Taulukko 6.** Campusalueen nykyisen energiajärjestelmän arvioidut keskimääräiset kokonaisenergiankulutukset aluelämpöverkoston häviöenergia huomioiden.

Rakennus	Kokonaisostoenergiankulutus [MWh/a]
Vihko-koulukeskus (RAK1 ja RAK 2)	1 209
Kunnan kiinteistöhuollon varikko (RAK 3)	59
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 4)	320
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	922
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä ilman aluelämpöverkoston lämpöhäviöitä</b>	<b>2 510</b>
<b>Campusalueen alueöljylämmitysverkoston lämpöhäviöenergia</b>	<b>325</b>
<b>Campusalueen kokonaisostoenergia aluelämpöverkoston lämpöhäviöt huomioiden</b>	<b>2 836</b>

## 6 CAMPUSALUEEN VAIHTOEHTOISET ENERGIAJÄRJESTELMÄT

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen nykyiselle aluelämpöverkostolle ja öljykattilalaitokselle etsitään korvaavaa energiajärjestelmää, jonka toteutuskelpoisuutta, kannattavuutta ja alustavaa mitoitusta tarkastellaan tässä energiahankesuunnitelmassa.

### 6.1 Pois suljetut järjestelmävaihtoehdot

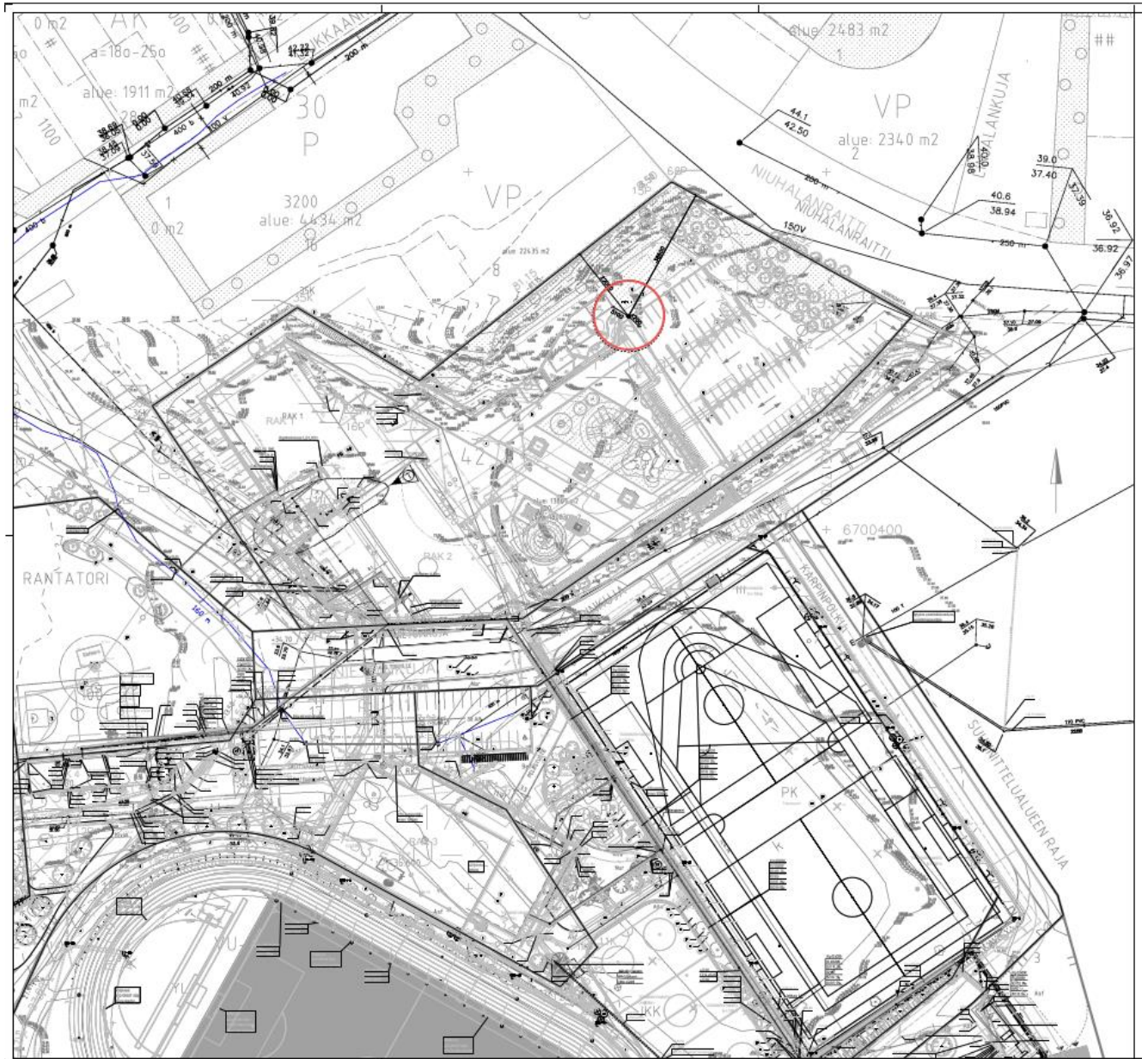
Vihdin Kirkonkylän Campusalueen energiahankesuunnitelmasta on yhteisellä päätöksellä tilaajan kanssa suljettu pois kaukolämpöjärjestelmä, koska Kirkonkylällä ei ole kaukolämmöntuotantoa eikä kaukolämpöverkkoa, johon rakennukset voi kytkeä. Pois suljettu vaihtoehto on jätevedestä lämpöenergiaa tuottava lämpöpumppujärjestelmä. Lisäksi tarkastelusta on suljettu pois öljylämmitysjärjestelmä ja biopolttoöljylämmitysjärjestelmä. Järvestä lämpöpumpuilla lämpöenergiaa tuottava järjestelmä on käsitelty erillistarkasteluna erillislausunnossa.

Suora sähkölämmitys ei ole suositeltava lämmitysjärjestelmä sen hintariskin ja sähkökattiloiden edellyttämän suuren sähkötehon ja sitä myötä tulevan sähköliittymän muutostarpeiden kustannusten myötä, mutta otetaan vertailun mukaan kuitenkin tarkasteluihin.

### 6.2 Maalämpöjärjestelmä

#### 6.2.1 Campusalueen TRT-mittausten ja EED-simuloinnin tulokset

Alueen maa- ja kallioperän ominaisuuksien ja ominaislämpökapasiteettien sekä lämmönluovutus-tehojen selvittämiseksi campusalueella suoritettiin kesän ja syksyn 2022 aikana TRT-mittaukset ja EED-simuloinnit. Osapuolten, ja porauksen ja mittauksen suorittavan tahon, kesken päädyttiin asettamaan alueella kaksi TRT-kaivoa, yksi kuhunkin maalämpökenttäalueelle. TRT-kaivoista ensimmäinen sijoitettiin Vihko-koulukeskuksen viereisen parkkipaikan viereiselle viheralueelle ja toinen sijoitettiin Pappilanpellon koulun viereisen hiekkakentän viereen metsänlaitaan, koska silloin ne sijaitsivat kaavailluilla maalämpökenttäalueilla ja lisäksi valitut sijoituspaikat soveltuivat TRT-poraukseen. Seuraavissa kuvissa kahden TRT-kaivojen sijainnit campusalueella on merkitty ympyräkatkoviivalla. TRT-kaivojen soveltuvaksi poraussyvyudeksi sovittiin osapuolien sekä porauksen ja mittauksen suorittavan tahon kanssa 400 m.



Kuva 7. TRT-testikaivo 1





Kuva 8. TRT-testikaivo 2

### 6.2.2 Maalämpöjärjestelmävaihtoehdot 1 ja 2

Maalämpöjärjestelmän osalta tarkastelussa on kaksi eri vaihtoehtoa. Vaihtoehdossa 1 on kaksi erillistä maalämpökaivokenttää ja kaksi erillistä maalämpöjärjestelmää. Tässä vaihtoehdossa yksi maalämpökaivokenttä on Vihko-koulukeskuksen viereisellä parkkialueella ja toinen maalämpökaivokenttä Pappilanpellon koulun viereisellä metsä- ja hiekkakenttäalueella. Vaihtoehdossa 1 järjestelmä on tyypiltään hajautettu järjestelmä. Kalustohallissa on oma erillinen IVLP-järjestelmä.

Vaihtoehdossa 2 on yksi yhteinen keskitetty maalämpöjärjestelmä, joka sijoitetaan uuteen tekniseen tilaan Campusalueelle. Maalämpövaihtoehdossa 2 on uuteen tekniseen tilaan yhdistettynä kaksi maalämpökaivokenttää, josta ensimmäinen on Pappilanpellon koulun viereisellä

metsäalueella ja toinen on yleisurheilukentän alueella. Maalämpöjärjestelmä on keskitetty järjestelmä. Kalustohallissa on oma erillinen IVLP-järjestelmä.

Näistä kahdesta maalämpövaihtoehdosta vaihtoehto 2 on suositeltu, koska vaihtoehdossa 1 on enemmän haittoja ja riskejä. Olemassa oleva parkkipaikan maanalainen tekniikka tekee maalämpökaivojen poraamisen ei suositeltavaksi, koska kaivojen osumista tekniikkaan sitä vaurioittamatta ei voida täysin estää. Lisäksi maalämpölaitteiston sijoittaminen Vihko-koulun IV-konehuoneeseen on vaikeaa eikä siten suositeltavaa. Lisäksi erillisen maalämpökeskuksen rakentaminen Vihko-koulukeskuksen pihalle kentän läheisyyteen ei ole suositeltavaa ahtaan tilan ja alueen rinteisyyden takia.

Vaihtoehdossa 2 on enemmän hyötyjä ja vähemmän haittoja kuin vaihtoehdossa 1

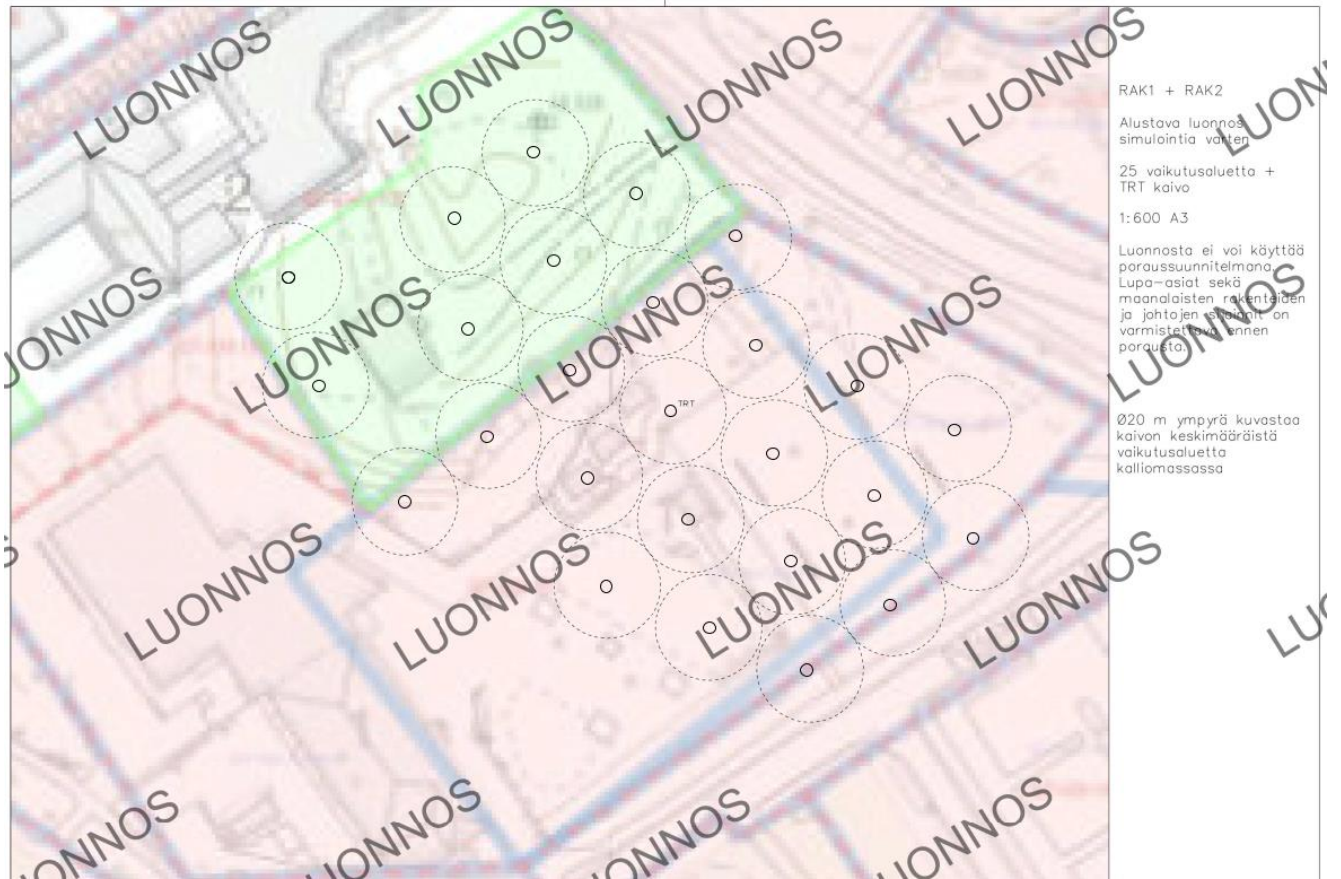
- Pappilanpellon koulun vieressä on lämpökeskukselle riittävästi tilaa
- Sijoituspaikka on tasainen verrattuna vaihtoehdon 1 rinteisyyteen
- Pappilanpellon koulun vieressä sijoituspaikalla on riittävästi etäisyyttä maanalaiseen tekniikkaan
- Pappilanpellon koulun vieressä on riittävästi tilaa lämpökäivölle
- Yleisurheilukentän ja Pappilanpellon koulun viereisen metsäalueen läheisyydessä on riittävästi etäisyyttä maanalaiseen tekniikkaan, mikä tekee maalämpökaivojen poraamisesta turvallista
- Keskitetyn järjestelmän säätö on helpompaa, kuin hajautetun järjestelmän säätö
- Lämpökeskuksen varavoimakoneen sijoittaminen ja käyttö on helpompaa ja tehokkaampaa keskitetyssä järjestelmässä kuin hajautetussa järjestelmässä
- Nykyisen aluelämpöverkoston pää on sijoituspaikassa

### 6.2.3 Maalämpökaivojen lukumäärä ja maalämpökaivokentät

Maalämpövaihtoehdossa 1 Vihdin Kirkonkylän Campusalueelle Pappilanpellon koulun (RAK 8) ja Liikuntahallin (RAK 3) maalämpökentälle maalämpökaivojen lukumäärä on yhteensä 25 maalämpökaivoa. Maalämpökaivojen sijoittaminen on ensisijaisesti hiekkakentälle ja viereiselle metsäalueelle. Näiden rakennusten energiankulutuksen osalta maalämpökenttäalueen kaivot riittävät kattamaan rakennusten vuotuisen lämmitysenergiankulutuksen ilman, että maalämpökaivoalueelta saatava lämpöenergia haittaavasti pienentyy 25 vuoden ajanjaksolla. Maalämpökaivojen alustavasti tarvittava keskisyvyys on noin 400 m. Vihko-koulukeskuksen (RAK1+RAK2) maalämpökenttä sijoittuisi parkkipaikan viereiselle nurmikko- ja metsäalueelle. Maalämpökaivojen tarvittava lukumäärä on 25 kappaletta.

Maalämpövaihtoehdossa 2 maalämpökaivojen kokonaismäärä on sama kuin vaihtoehdossa 1, mutta Vihko-koulukeskuksen viereinen maalämpökenttä siirretään yleisurheilukentän alueelle.

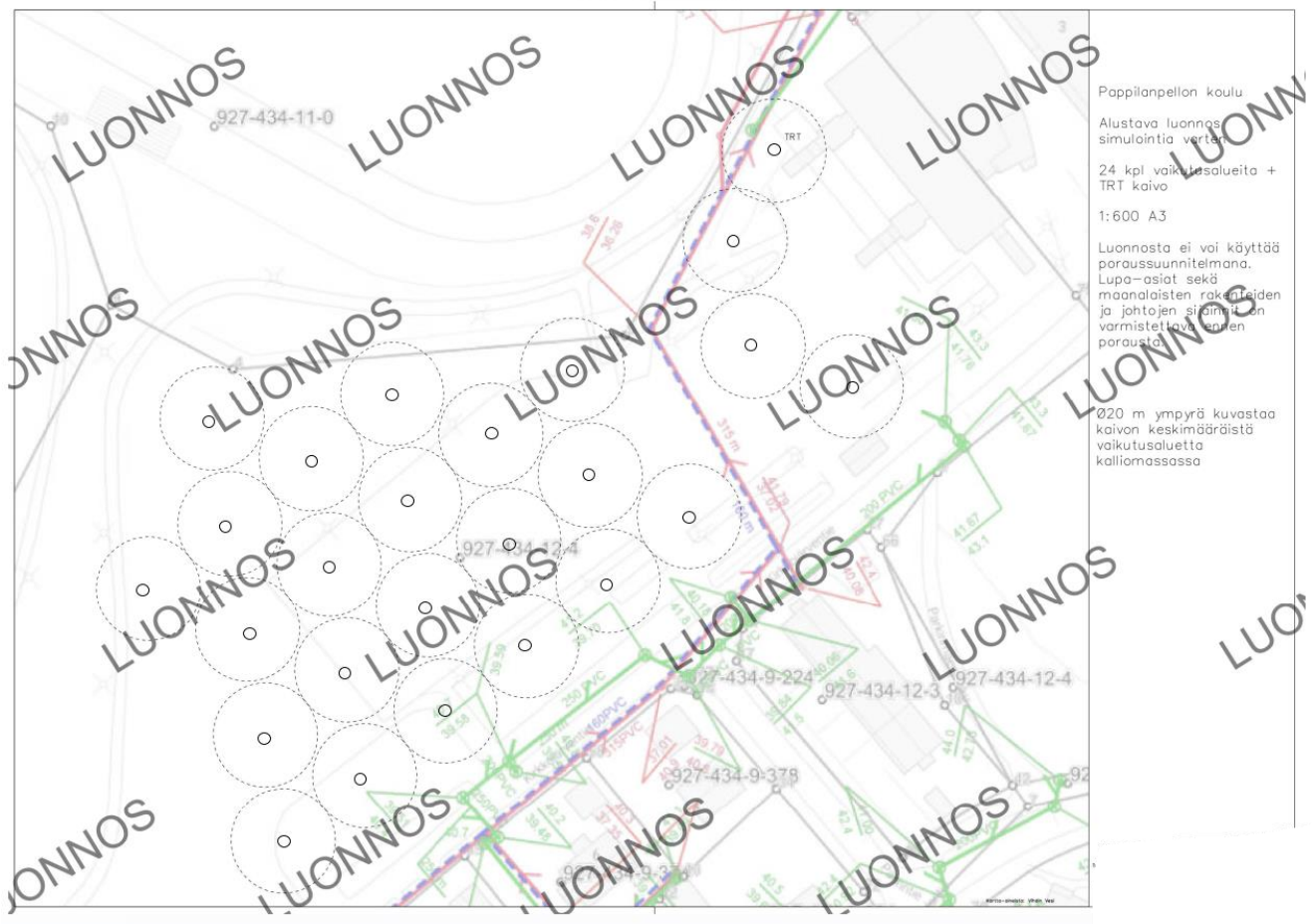
Alla on luonnos Vihko-koulukeskuksen maalämpökenttäkuvasta sekä Pappilanpellon ja Liikuntahallin maalämpökenttäkuvasta vaihtoehdossa 1. Vihko-koulukeskuksen maalämpöjärjestelmän osalta tarvittava maalämpökaivomäärä on 26 kaivoa, jotka sijoittuvat suunnittelulle maalämpökenttäalueelle parkkipaikan ja metsäalueen läheisyyteen.



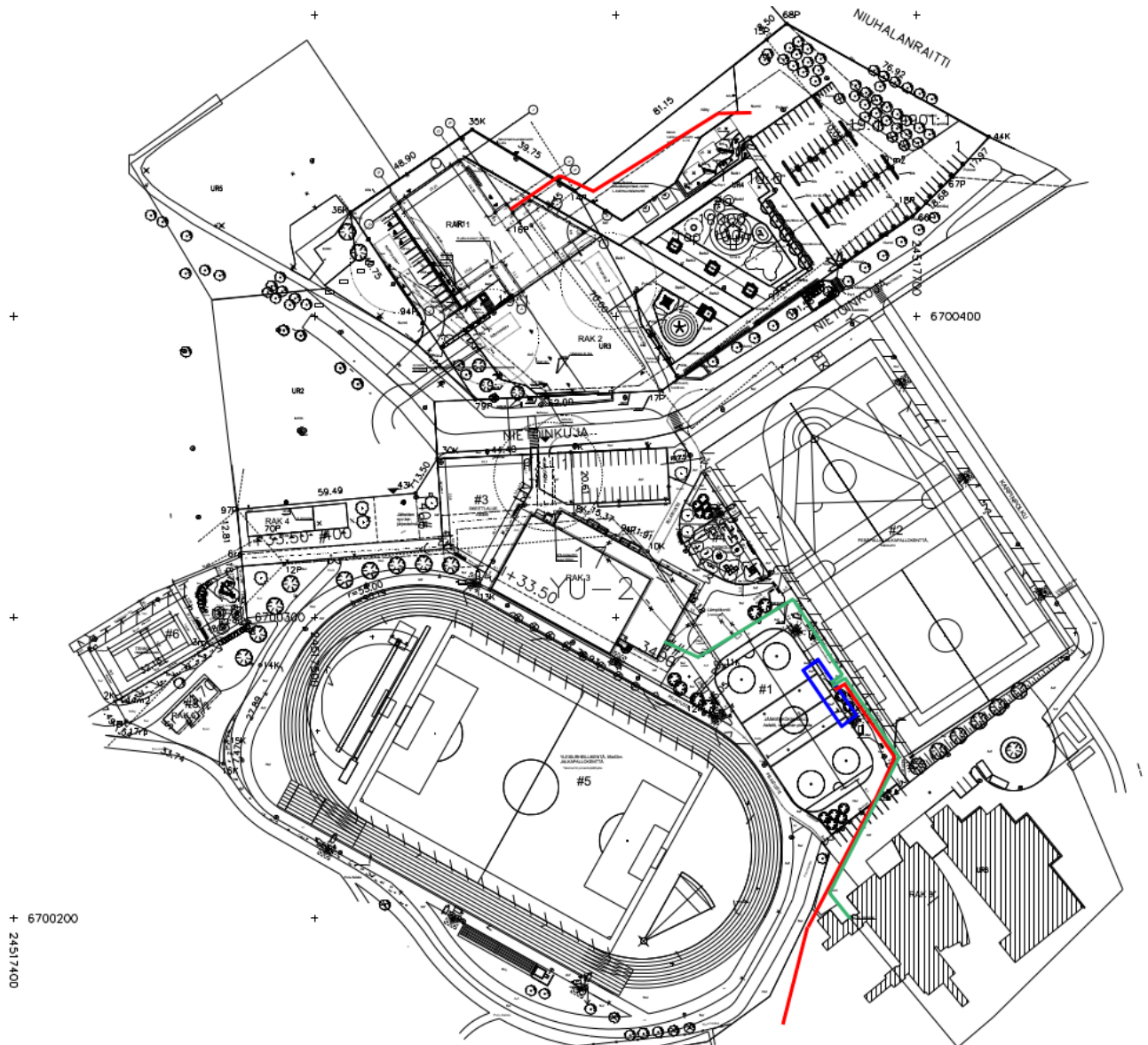
Kuva 9. Vihko-koulukeskuksen maalämpökentän alustava luonnos.



Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmän osalta maalämpökaivomäärä on 25 kaivoa, jotka sijoittuvat suunnittelulle maalämpökenttäalueelle hiekkakentän ja metsäalueen läheisyyteen.



Kuva 10. Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpökentän alustava luonnos.



**Kuva 11.** Alustavat maalämpöjohtoreititykset vaihtoehdossa 1.

Yllä olevassa kuvassa esitetään maalämpövaihtoehdon 1 alustava putkireitityskuva, jossa punaisella on merkitty maalämpöpiirin meno- ja paluujohdot sekä vihreällä on merkitty kiinteistökohtaiset lämmityksen meno- ja paluujohdot. Sinisellä suorakulmiolla on merkitty uusi huoltorakennus, jonka teknisen tilan tilavaraus olisi alustavasti 80-90 m<sup>2</sup>. Lämpöputkien arvioitu alustava metrimäärä olisi noin 500 m.



Maalämpövaihtoehdossa 2 Vihko-koulukeskuksen maalämpökenttä sijoitetaan yleisurheilukentälle. Lämpökaivojen lukumäärä on 26. Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpökenttä vaihtoehdossa 2 pysyy samana kuin vaihtoehdossa 1. Maalämpökaivojen lukumäärä on 26 kaivoa. Maalämpöjärjestelmässä on lisäksi lämpöakku ja ulkotekojääkentän lauhdelämmön hyödyntäminen.



**Kuva 12.** Maalämpövaihtoehdon 2 yleisurheilukentän maalämpökaivokentän luonnos.

#### 6.2.4 Maalämpöjärjestelmän alustavat laitevalinnat

Maalämpöjärjestelmän vertailuun maalämpöpumpuksi valitaan alustavasti Oilon RE-420 -teollisuusluokan maalämpöpumppumalli. Lämpöpumppujen lisäksi lämpökeskukseen sijoitetaan lämmityksen varajat ja muu laitteisto. Lisäksi sijoitetaan sähkökattilat lisälämmönlähteeksi huipputehon aikaiselle

lisäenergiankulutukselle sekä pumppuryhmät ja maaviileäpiirin laitteisto osaksi maalämpöjärjestelmää. Kalustohalliin erillinen ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä sähkökattilalla varustettuna.

#### 6.2.5 Maalämpöjärjestelmän alustava mitoitus

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen vaihtoehtoisen maalämpöjärjestelmän alustava mitoitus sisältää maalämpökaivokenttien sijoitukset Campusalueella, maalämpöjärjestelmän maanalaisten lämpöjohtojen alustavat johtoreititykset ja johtokoot Campusalueella, lämpölaitoksen maalämpöjärjestelmän laitteiston edellyttämät tilatarpeet sekä järjestelmän alustavat kytkentäkaaviot ja laiteluettelot. Nämä edellä mainitut esitetään raportin liitteinä.

Alustava tarkastelu maalämpöpumppujen lämmitysenergian ja -tehonpeitosta esitetään alla taulukossa. Tarkastelu on tehty kohteen tehontarpeiden ja arvioitujen lämmitysenergiankulutuksien pohjalta *Lämpöpumppujen energialaskentaoppaan (RakMk, 2012)* ja *Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta (RakMk, 2018)* mukaisesti. Suhteellinen lämpöenergia ilmaisee maalämpöpumppujen (myöhemmin ml-pumppu) vuotuisen lämmitysenergianpeiton osuuden vuotuisesta lämmitysenergiatarpeesta. Arvio on suuntaa antava.

**Taulukko 7.** Alustava tehon- ja energianpeitto.

Suure	Maalämpöjärjestelmä
ML-pumppujen lukumäärä	5
ML-pumpun lämmitysteho	420
ML-pumppujen yhteislämmitysteho [kW]	2 100
Tilanlämmitysteho [kW]	2 208
Tilanlämmitysenergia [MWh/a]	1 520 000
LKV-lämmitysenergia [MWh/a]	396 340
Kokonaislämmitystehontarve [kW]	3 829
Jäähdytysteho [kW]	279
Suhteellinen lämmitysteho	0,95
Lämmitysenergioiden suhde	3,8
ML-pumpun suhteellinen lämpöenergia	0,95
Arvioitu vuotuinen lisälämmitysenergia (MWh/a, sähkökattilat)	80

Vaihtoehtoon 1 sisältyy vaihtoehtoa 2 enemmän haittoja ja riskejä, joten vaihtoehto 2 on suositeltava ratkaisu. Vaihtoehtoon 2 uuteen tekniseen tilaan suositeltaisiin alustavasti viisi maalämpöpumppua, joilla katettaisiin yhteensä arviolta 95 % vuotuisesta lämmitysenergiatarpeesta. Arvio vuotuisesta lisälämmitysenergiatarpeesta on 80 MWh/a. Maalämpöpumppujen lukumäärä tarkentuu järjestelmän lopullisessa suunnittelu- ja mitoitusvaiheessa. Vihdin Kirkonkylän Campusalueen maalämpöjärjestelmän alustava kokonaissähköteho mitoitusulkolämpötilan lämmitystehontarpeessa on 3 200 kW, mutta lopullinen sähkötehtotarve tarkentuu lopullisten laitevalintojen jälkeen.

#### 6.2.6 Maalämpöjärjestelmien alustavat sijoitukset

Vaihtoehdossa 1 Vihko-koulukeskuksen osalta maalämpöjärjestelmä sijoitettaisiin uuden koulun IV-konehuoneeseen. Järjestelmä sisältäisi maalämpöpumput, varaajat, paisuntasäiliöt ja pumppuryhmät. Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmä sijoitettaisiin Liikuntahallin lähistölle

viereen tulevan uuden huoltorakennuksen tekniseen tilaan, koska sekä Liikuntahallin teknisessä tilassa, että Pappilanpellon koulun lämmönjakohuoneessa ei olisi riittävästi tilaa rakennusten yhteiselle maalämpöjärjestelmän laitteistolle.

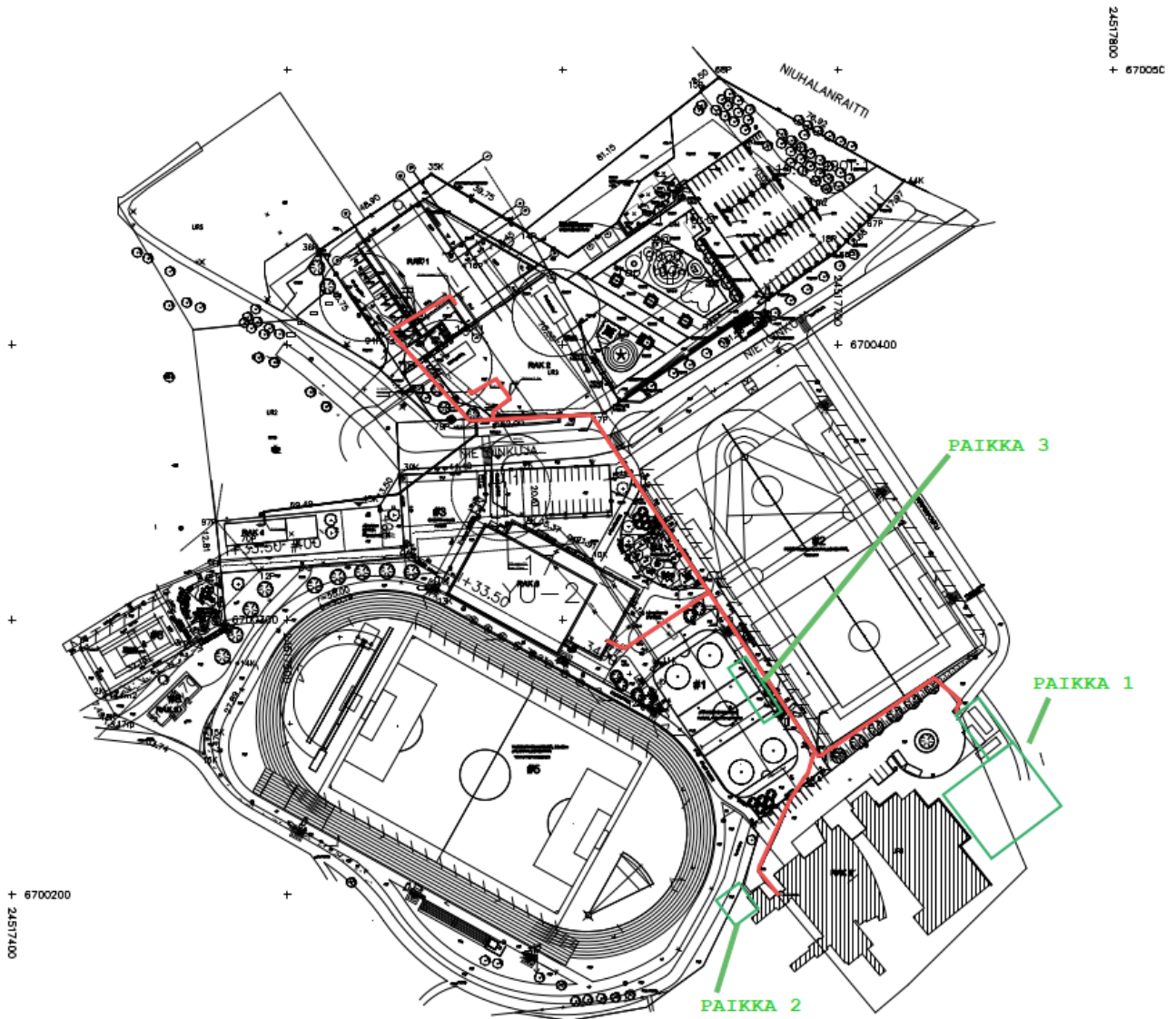
Vaihtoehdossa 2 Campusalueen rakennusten yhteinen maalämpöjärjestelmä sijoitetaan uuteen lämpölaitokseen. Lämpölaitos yhdistettäisiin aluelämpöverkoston. Uudelle lämpölaitokselle on kaksi tarkasteltavaa sijoituspaikkaa. Uuden lämpölaitoksen tilantarve keskitetyssä järjestelmässä on noin 150 m<sup>2</sup>.

Tarkasteltavat sijoituspaikat maalämpövaihtoehdossa 2 ovat:

- o Paikka 1: Nykyisen öljylämpölaitoksen paikka nurmikentällä
- o Paikka 2: Pappilanpellon koulun ja yleisurheilukentän kulmaan tuleva lisäsiipi

Huomioitavaa on se, että sijoituspaikalle 3 tulee uusi huoltorakennus

- o Paikka 3: Uusi huoltorakennus ulkotekojään jäähdytyslaitteistolla



### 6.3 Suora sähkölämmitysjärjestelmä

Sähkölämmitysjärjestelmässä Campusalueelle toteutetaan sähkökattilalaitos, josta aluelämpöputkien välityksellä lämmitysenergia jaettaisiin rakennuksille. Lämmönjaossa hyödynnetään nykyistä aluelämpöverkostoa.

Sähkölämmitysjärjestelmän energiankulutusarvion pohjana käytetään Campusalueen olemassa olevien rakennusten arvioituja energiankulutuksia.

Sähkökattilalaitoksen sijoitustila olisi nykyisen lämpölaitoksen tilalle. Käytettävissä oleva pinta-ala Campusalueella olisi arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Sähkökattilalaitokseen sijoittuisivat sähkökattilat, lämmönjakuhuone laitteineen ja polttoainekäyttöinen varavoimageneraattori. Sijoituspaikalle 3 tulee uusi huoltorakennus, jonne sijoitetaan ulkotekojään jäähdytyslaitteisto. Järjestelmän sijoitus asemakuvassa on liitteissä.

#### 6.3.1 Mitoitustekniset asiat

Sähkökattilalaitos mitoitettaisiin vastaamaan Campusalueen kokonaislämmitystehontarvetta. Sähkökattiloiden lämmitysteho olisi yhteensä noin 4 MW. Huoltovarmuuden kannalta kattilahuoneessa olisi useampi erillinen sähkökattila. Campusalueella ei olisi muuta lämmöntuotantoa tässä vaihtoehdossa sähkökattilalaitoksen lisäksi.

Alla olevassa taulukossa on sähkökattilalaitoksen alustava mitoitus. Oletuksena on se, että sähkökattiloilla tuotettaisiin tarvittava lämmitysteho- ja energia siten, että erillistä lisä- ja varalämmityksen tuotantotapaa ei tarvittaisi.

**Taulukko 8.** Sähkökattilalaitoksen mitoitus

VAIHTOEHTO	HAKEKATTILA
Sähkölämmitysjärjestelmä	3 x 1 350 kW

Ulkoisen sähkökatkon varalta sähkökattilalaitoksen yhteyteen sijoitetaan lämmitysjärjestelmän laitteisiin sähköä tuottava polttoainekäyttöinen generaattori. Generaattorin tilan pinta-ala-arvio on noin 15 m<sup>2</sup>. Sähkökattilalaitokselle varattaisiin varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka olisi 4 000 kW.

### 6.4 Hakelämmitysjärjestelmä

Hakelämmitysjärjestelmävaihtoehdossa Campusalueelle toteutetaan hakekattilalaitos, josta aluelämpöputkien välityksellä lämmitysenergia jaettaisiin rakennuksille. Lämmönjaossa hyödynnetään nykyistä aluelämpöverkostoa.

Hakelämmitysjärjestelmän energiankulutusarvion pohjana käytetään Campusalueen olemassa olevien rakennusten arvioituja energiankulutuksia.

Hakekattilalaitoksen sijoitustila on nykyisen lämpötilalaitoksen paikka. Käytettävissä oleva pinta-ala Campusalueella olisi arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Hakekattilalaitokseen sijoittuisivat hakekattilat, integroitu hakevarasto, lämmönjakuhuone laitteineen ja polttoainekäyttöinen

varavoimageneraattori. Sijoituspaikalle 3 tulee uusi huoltorakennus, jonne sijoitetaan ulkotekojään jäähdytyslaitteisto. Järjestelmän sijoitus asemakuvassa on liitteissä.

Hakekattilalaitos on varustettava savukaasujen puhdistuslaitteistolla. Hiilidioksidin talteenottojärjestelmä on optiona mukana tarkasteluissa.

#### 6.4.1 Mitoitustekniset asiat

Hakekattilalaitos mitoitetaan vastaamaan Campusalueen kokonaislämmitystehontarvetta, koska varalämmitysjärjestelmä olisi käytössä vain vika- ja häiriötilanteiden aikana. Hakekattilalaitoksen lämmitysteho olisi noin 4 MW. Huoltovarmuuden kannalta kattilahuoneessa on kaksi erillistä hakekattilaa omilla hakkeensyöttölinjoiltaan hakevarastosta sekä varalämmitysjärjestelmä. Hakevaraston tilavuus vastaisi muutaman päivän hakkeenkulutusta. Campusalueella ei ole muuta lämmöntuotantoa tässä vaihtoehdossa hakekattilalaitoksen lisäksi.

Hakekattilan ajettavuus osatehoilla on huono. Alla olevassa taulukossa on hakelämmitysjärjestelmän alustava mitoitus. Oletuksena on se, että hakekattilalla tuotetaan tarvittava lämmitysteho ja energia siten, että erillistä lisä- ja varalämmityksen tuotantotapaa ei tarvittaisi.

**Taulukko 9.** Hakekattilalaitoksen mitoitus

VAIHTOEHTO	HAKEKATTILA
Hakelämmitysjärjestelmä	2 x 2 000 kW

Ulkoisen sähkökatkon varalta hakekattilalaitoksen yhteyteen sijoitettaisiin lämmitysjärjestelmä laitteisiin sähköä tuottava polttoainekäyttöinen generaattori. Generaattoritalan pinta-ala-arvio on 15 m<sup>2</sup>. Hakekattilalaitokselle varataan varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka on 150 kW.

#### 6.4.2 Hakekattilalaitoksen tyyppi ja sijoitus

Hakekattilalaitos mitoitetaan täystehomitoitukselle. Hakekattilalaitoksessa on hakevarasto ja kattilahuone sekä lämmönjakuhuone lämmitysteknisine laitteineen. Hakekattilalaitos on muodoltaan L-kirjaimen mallinen siten, että hakevarasto olisi kääntöpaikan vieressä ja kattilahuone toisessa päädyssä. Hakevarasto on oltava hakeauton hyvin saavutettavissa hakevaraston täyttämistä varten.

Hakekattilalaitoksessa olisi alustavasti kaksi savupiippua, joiden korkeudet ovat 10 m.

#### 6.4.3 Sähköliittymän muutostarpeet

Hakekattilalaitokselle rakennettaisiin uusi erillinen sähköliittymä. Hakekattilalaitoksen yhteenlaskettu sähkötehoarvio on noin 150 kW, jolloin sähköliittymän minimikoko olisi arviolta 3x250 A. Mitoitus tarkentuisi toteutussuunnitteluvaiheessa.

## 6.5 Biokaasulämmitysjärjestelmä

Biokaasulämmitysjärjestelmävaihtoehdossa Campusalueelle toteutetaan biokaasulaitos, josta aluelämpöputkien välityksellä lämmitysenergia jaettaisiin rakennuksille.

Biokaasujärjestelmän energiankulutusarvion pohjana käytetään Campusalueen olemassa olevien rakennusten arvioituja energiankulutuksia.

Biokaasutuotannon osalta Etelä-Suomessa Nummen lähialueella on kolme biokaasun tuotantolaitosta, jotka sijaitsevat Riihimäellä, Vantaalla ja Lohjalla. Biokaasukuljetukset tapahtuisivat säiliöautoin.

### 6.5.1 Mitoitustekniset asiat

Biokaasulaitos mitoitetaan vastaamaan Campusalueen kokonaislämmitystehontarvetta, koska varalämmitysjärjestelmä olisi käytössä vain vika- ja häiriötilanteiden aikana. Biokaasulaitoksen lämmitysteho on noin 4 MW. Biokaasulämmitysvaihtoehdossa biokaasukattilat toimivat sekä pää-, lisä- ja varalämmitysmuotona. Biokaasukattiloita on kaksi kappaletta huoltovarmuuden ja huoltotoimenpiteiden varalta. Erillistä lisä- ja varalämmityksen tuotantotapaa ei tarvittaisi.

Biokaasulaitokselle varataan polttoainekäyttöinen varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka on 150 kW. Generaattoritilan pinta-ala-arvio on 15 m<sup>2</sup>.

**Taulukko 10.** Biokaasulaitoksen mitoitus.

VAIHTOEHTO	BIOKAASUKATTILA
Biokaasulämmitysjärjestelmä	2 x 2 000 kW

### 6.5.2 Laitoksen tyyppi ja sijoitus

Biokaasulaitos alustava sijoituspaikkana on nykyisen öljylämpölaitoksen paikka ja yhdistettäisiin aluelämpöverkostoon. Käytettävissä oleva pinta-ala on 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Biokaasulaitoksen alustava pinta-ala on 130 m<sup>2</sup>. Sijoituspaikalle 3 tulee uusi huoltorakennus, jonne sijoitetaan ulko-tekojään jäähdytyslaitteisto. Järjestelmän sijoitus asemakuvassa on liitteissä.

### 6.5.3 Sähköliittymän muutostarpeet

Biokaasulaitokselle rakennettaisiin uusi erillinen sähköliittymä. Biokaasulaitoksen yhteenlaskettu sähkötehoarvio on noin 150 kW, jolloin sähköliittymän minimikoko on arviolta 3x250 A. Mitoitus tarkentuu toteutussuunnitteluvaiheessa.

## 6.6 Geoterminen lämmitysjärjestelmä + sähkökattila + lämpöakku

Geotermisessä lämmitysjärjestelmävaihtoehdossa Campusalueelle toteutetaan geoterminen lämpölaitos, josta aluelämpöputkia pitkin lämmitysenergia jaetaan rakennuksille. Järjestelmän tarvitsema lisälämmitysenergia tuotetaan sähkökattiloilla. Erillisselvitys on raportin mukana toimitettavassa aineistossa.



Uuden lämpölaitoksen tarkasteltavat sijoituspaikat geotermisessä järjestelmässä ovat:

- Paikka 1: Nykyisen öljylämpölaitoksen paikka nurmikentällä
- Paikka 2: Pappilanpellon koulun ja yleisurheilukentän kulmaan tuleva lisäsiipi

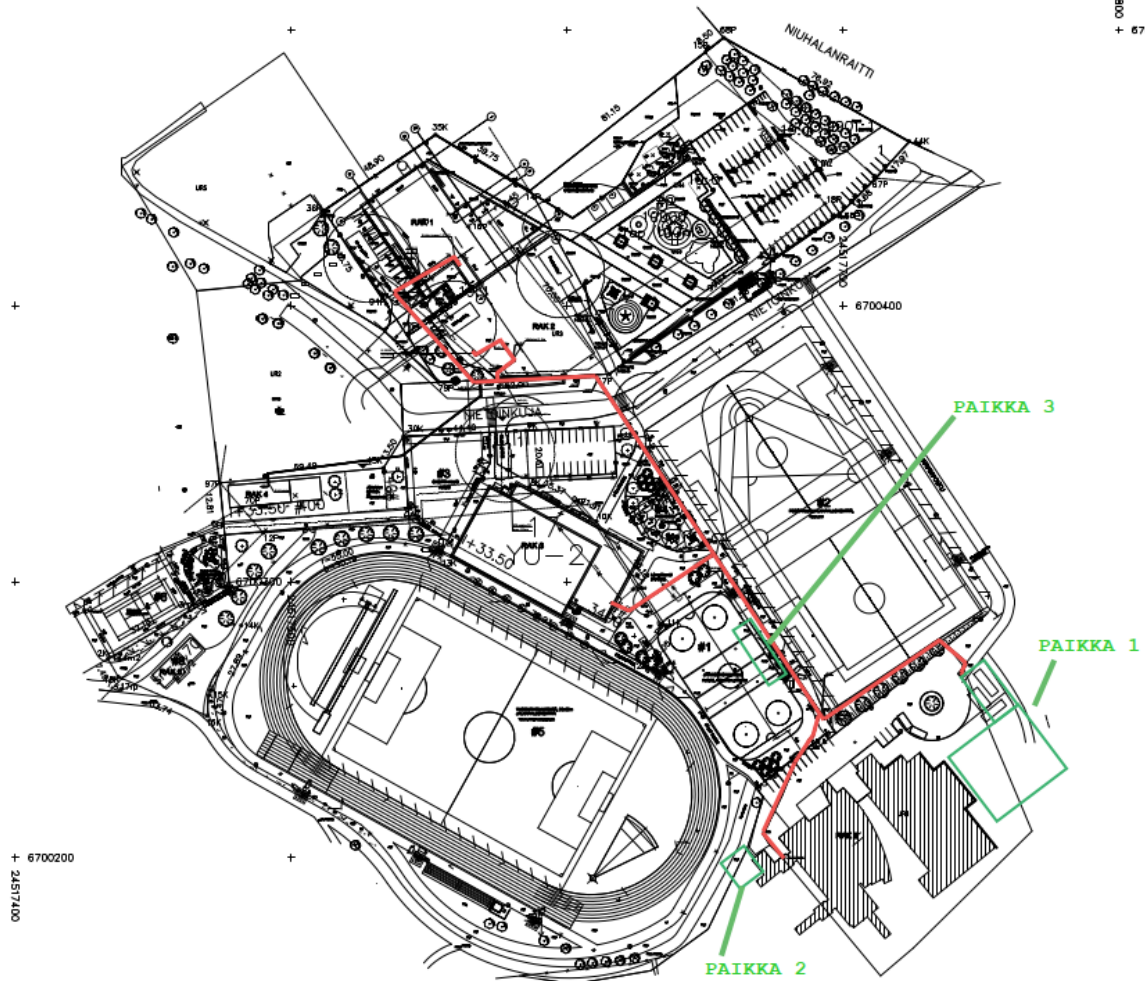
Lämpökaivojen sijoittelussa on huomioitava se, että kaivojen päälle ei tulevaisuudessa tule rakenteita tai rakennuksia, jotta kaivot ovat helposti huollettavissa.

Geotermiselle lämpölaitokselle varattaisiin varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka olisi 2 200 kW.

Geotermisen järjestelmän suositeltavin sijoituspaikka on paikka 1, koska siellä on eniten tilaa tekniselle tilalle ja laitteistolle, eikä se ole häiritsevästi Campusalueen keskellä ahtaassa paikassa, kuten paikkojen 2 ja 3 tapauksessa.

Huomioitavaa on se, että sijoituspaikalle 3 tulee uusi huoltorakennus

- Paikka 3: Uusi huoltorakennus ulkotekojään jäähdytyslaitteistolla



### 6.6.1 Sähköliittymän muutostarpeet

Geotermiselle lämpölaitokselle rakennettaisiin uusi erillinen sähköliittymä. Arvioitu yhteenlaskettu sähkötehoarvio on noin 2 300 kW, jolloin sähköliittymän minimikoko on arviolta 4x250 A. Mitoitus tarkentuu toteutussuunnitteluvaiheessa.

## 6.7 Hybridijärjestelmissä huomioitavat asiat

Yleisellä tasolla ilma-vesilämpöpumpun ja lämpöakun sisältävistä hybridijärjestelmistä voidaan todeta, että suurin hyöty ostolämmitysenergian pienentämisestä ilma-vesilämpöpumpulla saadaan silloin, kun IVLP:n mitoitus on noin 60-70 % kokonaislämmitystehosta, mutta kustannukset ovat tällöin suuremmat kuin pienemmillä mitoituksilla. IVLP-järjestelmän vaikutus ostoenergian kulutukseen alkaa, kun IVLP-mitoitusteho on 16-35 % kokonaislämmitystehosta.

Huomioitavaa on kuitenkin se, että ilma-vesilämpöpumppujärjestelmät eivät tuota kylmillä talvi-keleillä lämpöenergiaa yhtä hyvin, kuin lämpimämmillä keleillä, joten lämmitysjärjestelmän muiden lämmöntuotantotapojen pitäisi kuitenkin kattaa kokonaislämmitystehontarve. 16 % mitoitus tarkoittaisi noin 600 kW tehoa.

Toinen huomioitava asia hybridijärjestelmissä on se, että lisäämällä lämpöakku IVLP-lämmitys-järjestelmään, tarvittava lämmityksen huipputehontarve pienenee, koska lämpöakusta saadaan varastoitunutta lämpöenergiaa myös huipputehon aikana käyttöön, jolloin tarvittava muilla lämmöntuotantotavoilla tuotettavan huipputehon määrä pienenee. Kolmas asia on se, että lämpöakun vesitilavuuden kasvattaminen ei pienennä lämmitysenergiankulutusta, vaan kasvattaa sitä, koska lämpöhäviöt kasvavat lämpöakun kasvattamisen myötä.

Hybridijärjestelmien simuloinneissa on oletuksina se, että ilma-vesilämpöpumpun alustava teho on 600 kW ja lämpöakun vesitilavuus on 240 m<sup>3</sup>. Hybridijärjestelmän muut lämmöntuotantomuodot mitoitetaan alustavasti siten, että ne kattavat yhdessä IVLP:n kanssa kokonaislämmitystehontarpeen.

## 6.8 Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen

Hake- ja biokaasulämmitysjärjestelmän hybridivaihtoehdossa lämmitysenergian päälämmitys-järjestelmänä toimii hakekattila ja lisä- ja varalämmitysjärjestelmänä biokaasukattila. Jääkiekkokaukalon jäähdytyskoneen lauhdelämpöä hyödynnetään. Järjestelmässä on mukana myös lämpöakku, johon voidaan varastoida lämpöenergiaa.

Mahdollisuuksien mukaan (aluelämpöverkoston kunto ja mitoituksellinen riittävyys) hyödynnettäisiin nykyistä aluelämpöverkostoa.

Laitoksen alustava sijoitustila on nykyisen lämpölaitoksen paikka. Käytettävissä oleva pinta-ala on arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Lämpölaitoksen alustava pinta-ala on noin 400 m<sup>2</sup>. Järjestelmän sijoitus asemakuvassa on liitteissä.

### 6.8.1 Mitoitustekniset asiat



Hakekattilalaitos mitoitettaisiin 60 % osuudelle ja biokaasu 40 % osuudelle kokonaislämmitystehontarpeesta. Biokaasukattilan mitoitusteho olisi alustavasti 2 400 kW ja sähkökattilan mitoitusteho 1 600 kW, jolloin hakekattiloilla tuotettaisiin 60 % lämmitystehontarpeesta ja sähkökattiloilla 40 % lämmitystehontarpeesta mitoituskolämpötilassa (-26 C). IVLP:n mitoitus olisi alustavasti 600 kW ja lisäksi hyödynnettäisiin lämpöakku. Lisäksi hyödynnetään jääkiekkokaukalon jäädytyskoneen lauhdelämpöä.

Hake + biokaasu + IVLP -lämpölaitos sijoitetaan nykyisen öljylaitoksen paikalle. Jääkiekkokaukalon jäädytyskone ja tarvittavat LTO-laitteet sijoitetaan kentän viereen uuteen huoltorakennukseen. IVLP-järjestelmän alustava mitoitus on 600 kW.

**Taulukko 11.** Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmän alustava mitoitus.

<b>VAIHTOEHTO</b>	<b>HAKEKATTILA</b>	<b>BIOKAASUKATTILA</b>	<b>IVLP-JÄRJESTELMÄ</b>
Hake + biokaasu + IVLP-järjestelmä	2 x 1 200 kW	1 600 kW	600 kW

Hake + biokaasu + IVLP -lämmitysjärjestelmän lämpölaitokselle varataan varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka on noin 140 kW.

Hake + biokaasu + IVLP-järjestelmän lämpölaitokselle on tarpeellista rakentaa uusi sähköliittymä. Mitoitus tarkentuu toteutussuunnitteluvaiheessa.

## **6.9 Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen**

Hake- ja sähkökattilalämmitysjärjestelmän hybridivaihtoehdossa lämmitysenergian pääjärjestelmänä toimii hakekattila ja lisä- ja varalämmitysjärjestelmänä sähkökattila. Lisäksi hyödynnettäisiin jääkiekkokaukalon jäädytyskoneen lauhdelämpöä. Järjestelmässä on mukana myös lämpöakku, johon voidaan varastoida lämpöenergiaa.

Mahdollisuuksien mukaan (aluelämpöverkoston kunto ja mitoituksellinen riittävyys) hyödynnettäisiin nykyistä aluelämpöverkostoa.

Laitoksen alustava sijoitustila olisi nykyisen lämpölaitoksen tilalle. Käytettävissä oleva pinta-ala olisi arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Lämpölaitoksen alustava pinta-ala olisi noin 400 m<sup>2</sup>. Järjestelmän sijoitus asemakuvassa on liitteissä.

### **6.9.1 Mitoitustekniset asiat**

Hakekattilalaitos mitoitettaisiin osateholle ja sähkökattila lisä- ja varalämmöntuotantoa varten. Hakekattilan mitoitusteho olisi alustavasti 2 400 kW ja sähkökattilan mitoitusteho 1 600 kW, jolloin hakekattiloilla tuotettaisiin 60 % lämmitystehontarpeesta ja sähkökattiloilla 40 % lämmitystehontarpeesta mitoituskolämpötilassa (-26 C). IVLP:n mitoitus on alustavasti 600 kW ja lisäksi

hyödynnetään lämpöakkuja. Lisäksi hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan jääkiekkokaukalon jäädytyskoneen lauhdelämpöä.

Jääkiekkokaukalon jäädytyskone ja tarvittavat LTO-laitteet sijoitettaisiin uuteen huoltorakennukseen kentän viereen.

Hake + sähkökattila + IVLP -lämmitysjärjestelmän lämpölaitokselle varataan varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka on noin 1 600 kW.

**Taulukko 12.** Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmän alustava mitoitus.

VAIHTOEHTO	HAKEKATTILA	SÄHKÖKATTILA	IVLP-JÄRJESTELMÄ
Hake + sähkökattila + IVLP-järjestelmä	2 x 1 200 kW	1 600 kW	600 kW

Hake + sähkökattila + IVLP-järjestelmän lämpölaitokselle on tarpeellista rakentaa uusi sähköliittymä. Mitoitus tarkentuu toteutussuunnitteluvaiheessa.

## 6.10 Biokaasu + sähkökattila + IVLP-järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen

Biokaasu- ja sähkökattilalämmitysjärjestelmän hybridivaihtoehdossa lämmitysenergian pääjärjestelmänä toimii biokaasukattila ja lisä- ja varalämmitysjärjestelmänä sähkökattila. Lisäksi hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan jääkiekkokaukalon jäädytyskoneen lauhdelämpöä ja ilmasiläpöpumppua. Järjestelmässä on mukana myös lämpöakku, johon voidaan varastoida lämpöenergiaa.

Mahdollisuuksien mukaan (aluelämpöverkoston kunto ja mitoituksellinen riittävyys) hyödynnettäisiin nykyistä aluelämpöverkostoa.

Laitoksen alustava sijoitustila on nykyisen lämpölaitoksen paikka. Käytettävissä oleva pinta-ala on arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Lämpölaitoksen alustava pinta-ala on noin 400 m<sup>2</sup>. Järjestelmän sijoitus asemakuvassa on liitteissä.

### 6.10.1 Mitoitustekniset asiat

Biokaasulaitos mitoitetaan pohja- ja keskikuormaa varten ja sähkökattila huippukuormaa varten.

Biokaasukattilan mitoitusaste on alustavasti 2400 kW ja sähkökattilan mitoitusaste 1600 kW, jolloin hakekattiloilla tuotettaisiin 60 % lämmitystehontarpeesta ja sähkökattiloilla 40 % lämmitystehontarpeesta mitoitusulkolämpötilassa (-26 C). IVLP:n mitoitus on alustavasti 600 kW ja lisäksi hyödynnettäisiin lämpöakkuja. Lisäksi hyödynnettäisiin jääkiekkokaukalon jäädytyskoneen lauhdelämpöä.

Jääkiekkokaukalon jäädytyskone ja tarvittavat LTO-laitteet sijoitetaan kentän viereen huoltorakennukseen.

Biokaasu + sähkökattila + IVLP -lämmitysjärjestelmän lämpölaitokselle varataan varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka on noin 1 600 kW.

**Taulukko 13.** Biokaasu + sähkökattila + IVLP -järjestelmän alustava mitoitus.

VAIHTOEHTO	BIOKAASU	SÄHKÖKATTILA	IVLP-JÄRJESTELMÄ
Biokaasu + sähkökattila + IVLP-järjestelmä	2 x 1 200 kW	1 600 kW	600 kW

Biokaasu + sähkökattila + IVLP-järjestelmän lämpölaitokselle on tarpeellista rakentaa uusi sähköliittymä. Mitoitus tarkentuisi toteutussuunnitteluvaiheessa.

### 6.11 Ilma-vesilämpöpumppu + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmä

IVLP+SK+lämpöakku -järjestelmän alustava mitoitus esitetään alla. Järjestelmän ensisijaisena lämmöntuotantotapana toimii ilma-vesilämpöpumppu. Lisä- ja varalämmitysmuotona toimii sähkökattila.

**Taulukko 14.** IVLP+SK+lämpöakku -järjestelmän alustava mitoitus.

VAIHTOEHTO	IVLP	SÄHKÖKATTILA	LÄMPÖAKKU
IVLP + SK + Lämpöakku	1600 kW	4 000 kW	240 m <sup>3</sup>

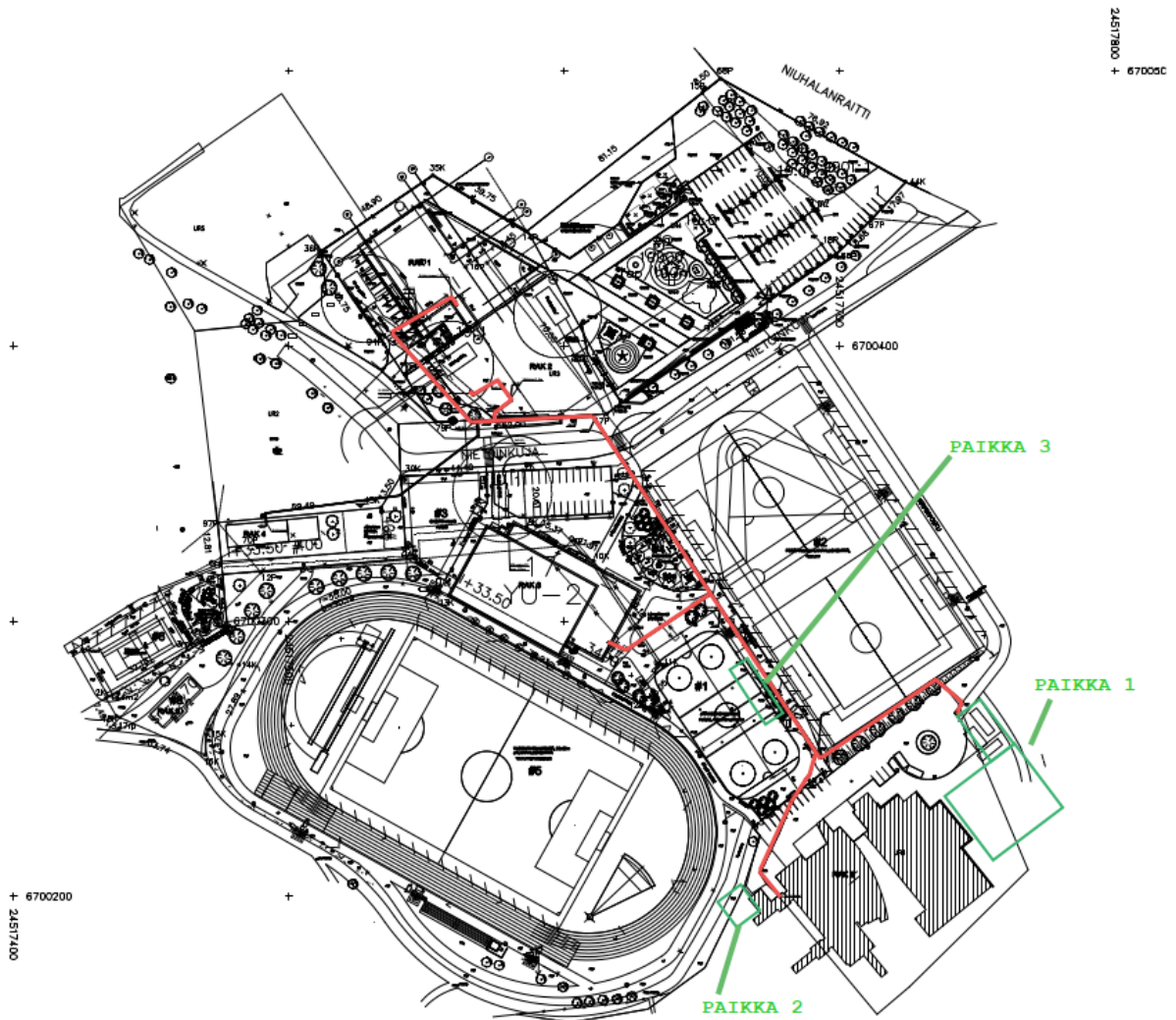
IVLP+SK+lämpöakku -järjestelmän uuden teknisen tilan tarkasteltavat sijoituspaikat ovat:

- Paikka 1: Nykyisen öljylämpölaitoksen paikka nurmikentällä
- Paikka 2: Pappilanpellon koulun ja yleisurheilukentän kulmaan tuleva lisäsiipi

IVLP+SK+lämpöakku -järjestelmän suositeltava sijoituspaikka on paikka 1, koska siellä on eniten tilaa tekniselle tilalle ja laitteistolle sekä lämpöakulle, eikä se ole häiritsevästi Campusalueen keskellä ahtaassa paikassa, kuten paikoissa 2 ja 3.

Huomioitavaa on se, että sijoituspaikalle 3 tulee uusi huoltorakennus ulkotekojään jäähdytyslaitteistolla

- Paikka 3: Ulkotekojään viereen tuleva uusi huoltorakennus



## 6.12 Yhteenveto järjestelmälaitteiden tehoista

Campusalueen järjestelmävaihtoehtojen lämmityslaitteiston tehontarve esitetään kootusti alla olevassa taulukossa. Alustavissa mitoituksissa on otettu huomioon se, että ensisijainen lämmöntuotantomuoto hybridijärjestelmissä kattaa 60 % lämmitystehontarpeesta ja toissijainen lämmöntuotantomuoto kattaa 40 % lämmitystehontarpeesta. Lisäksi toissijainen lämmöntuotantomuoto toimii myös varalämmöntuotantomuotona, jos ensisijaisen lämmöntuotantomuotoon tulee vika tai häiriötilanne. Ensisijaisessa lämmöntuotantomuodossa on tuplakattilat, jotta vika- ja häiriötilanteiden vaikutus minimoitaisiin. Vika- ja häiriötilanteessa ensisijaisen lämmöntuotantomuodon toinen kattila ja toissijaisen lämmöntuotantomuodon kattila yhdessä kattavat Campusalueen rakennusten kokonaislämmitystehon mitoitusulkolämpötilassa.

Järjestelmävaihtoehtojen laitteiden lyhenteet ovat:

SK	= sähkökattila
MLP	= maalämpöpumppu
HK	= hakekattila

ÖK	= öljykattila
BK	= biokaasukattila
Geo LP	= geoterminen lämpöpumppu
IVLP	= ilma-vesilämpöpumppu
LA	= lämpöakku

**Taulukko 15.** Campusalueen järjestelmävaihtoehtojen lämmöntuotantolaitteistojen alustavat lämmitystehtojen mitoitusarvot.

Mitoitustehot:							
Järjestelmävaihtoehto	SK	MLP	HK	ÖK	BK	Geo LP	IVLP
Nykyinen järjestelmä	0	0	0	1x 4000	0	0	0
Suora sähkölämmitys	1x4000	0	0	0	0	0	0
Maalämpöjärjestelmä + lämpöakku	1x2000	2 100	0	0	0	0	0
Hakelämmitysjärjestelmä	0	0	2x2000	0	0	0	0
Biokaasulämmitysjärjestelmä	0	0	0	0	2x2000	0	0
Geoterminen lämmitysjärjestelmä + lämpöakku	2x2000	0	0	0	0	4000	0
Hake + Biokaasu + IVLP -järjestelmä	0	0	2x1200	0	1x1600	0	600
Hake + Sähkökattila + IVLP -järjestelmä	1x1600	0	2x1200	0	0	0	600
Biokaasu + Sähkökattila + IVLP -järjestelmä	1x1600	0	0	0	2x1200	0	600
IVLP + Sähkökattila + lämpöakku	2x2000	0	0	0	0	0	1600

### 6.13 Lämpölaitosvaihtoehtojen sähkönverkon muutostarvearvot

Lämmitysjärjestelmän lämpölaitosvaihtoehtojen edellyttämät sähkötehot ja muutostarpeet käsitellään tässä kappaleessa. Pohjana on taulukon 15 arvot ja näitä laitteistojen edellyttämät sähkötehotarpeet alla olevassa taulukossa. Järjestelmävaihtoehtojen lämpölaitokselle on tämän hetken arvion mukaan tarpeellista rakennuttaa oma sähköliittymä omalla muuntajalla. Kustannusarvion muuntajan ja sähköliittymän rakennuttamiselle sekä sähköliittymän muutoksille on noin 200 000 €. Mitoitus tarkentuu toteutussuunnitteluvaiheessa.

**Taulukko 16.** Sähkötehoarvio

Sähkötehotarvearvio per järjestelmä	
Järjestelmävaihtoehto	Sähkötehoarvio [kW]
Nykyinen järjestelmä	Nykyinen
Suora sähkölämmitys	4 000
Maalämpöjärjestelmä + lämpöakku	2 150
Hakelämmitysjärjestelmä	150
Biokaasulämmitysjärjestelmä	150
Geoterminen lämmitysjärjestelmä + lämpöakku	4 000
Hake + Biokaasu + IVLP -järjestelmä	150
Hake + Sähkökattila + IVLP -järjestelmä	1 650
Biokaasu + Sähkökattila + IVLP -järjestelmä	1 650

IVLP + Sähkökattila + Lämpöakku

4 000

#### 6.14 Varavoimakone ja palvelualue

Järjestelmävaihtoehdoissa energiakatkojen varalta oleva lämmityslaitteiston toiminnan varmistavan varavoimakoneen palvelualue on seuraava. Varavoimakone tuottaa sähköenergiaa laitteiston tarpeisiin.

- Campusalueen lämpölaitoksen lämmöntuotannon ja -jaon laitteet
- Rakennusten lämmönjakohuoneiden lämmönjaon laitteet (mm. pumput)

Varavoimakoneen sähköteho on sama kuin lämmitysjärjestelmien sähkötehonarvio.

#### 6.15 Hiilidioksidin talteenottomahdollisuus lämpölaitoksessa

Yleisellä tasolla Suomessa on hiilidioksidin talteenottomahdollisuus polttoon perustuvista laitoksista, mutta tällä hetkellä vastaavat hankkeet ovat enimmäkseen pilottiasteella teollisuudessa, eikä tällä hetkellä ole kuluttajille suunnattuja ratkaisuja markkinoilla.

#### 6.16 Jääkiekkokaukalon lauhdelämmön määrän ja hyödyntämisen arvioiminen

Campusalueen ulkotekojään jäähdytyskoneen lauhdelämmön talteenoton hyödynnettävä energiamäärää arvioitaessa hyödynnetään vastaavien ulkotekojääkohteiden arvioita.

Jäähdytyskoneen oletusarvona on ammoniakkikylmäkoneisto ruuvikompressorilla. Tekojään jäähdytysliuoksen menolämpötilaoletus on -12 C ja paluulämpötilaoletus on -9 C. Kylmäkompressorin höyrystyslämpötilaoletus on -15 C ja lauhtumislämpötilaoletus on +23 C. Keskimäärin ulkotekojään ammoniakkikoneiston kokonaisenergiankulutus on noin 0,3-0,45 kWh/m<sup>2</sup>, vuosi silloin, kun ulkolämpötila on välillä 0 - +5 C. Jäävuorokausia on keskimäärin 120 kappaletta vuodessa.

Ulkotekojään jäähdystystehontarpeen minimi on noin 0 W/m<sup>2</sup> silloin, kun ulkolämpötila on -2 C ja jäähdystystehontarpeen maksimi on noin 290 W/m<sup>2</sup> silloin, kun ulkolämpötila on +5 C.

Jos ulkotekojään pinta-ala on 1 620 m<sup>2</sup>, on ammoniakkikylmäkoneiston sähkönkulutusarvio 62 MWh/a, kokonaisenergiankulutusarvio 77 MWh/a ja ammoniakkikylmäkoneiston tuottama lauhdelämpöenergia-arvio 274 MWh/a. Syntyvä lauhdeveden lämpötila on +20 C, mikä pitää lämpöpumpulla nostaa lämmitysverkoston menoveden lämpötilaan. Esitetyt arviot alla ovat karkeita suuntaa antavia arvioita.

**Taulukko 17.** Ulkotekojään jäähdytyskoneen lauhdelämmön arvioitu hyödynnettävä määrä.

Lauhdelämpöpumpun teho [kW]	Lauhdelämpöarvio hyödyksi [MWh/a]	Lauhdelämpöpumpun energiankulutusarvio [MWh/a]
100	30	10
200	59	20

300	87	29
400	111	38

Huomioitavaa on se, että jäähdytystehontarve ja -energiankulutus sekä syntyvän lauhdelämpö-energian määrä ovat hyvin riippuvaisia vallitsevista sääolosuhteista ja niihin liittyvistä ennustamattomista epävarmuuksista. **Epävarmuustekijä on +-25 % annetuista arvioista.**

#### 6.17 Savukaasun puhdistuslaitteiston mahdollisuus ja optiohintaa asennettuna lämpölaitokseen

Alle 1 MW lämpölaitoksille savukaasujen puhdistukseen soveltuu sykloni. Yli 1 MW lämpölaitoksille suositeltava ratkaisu on sähkösuodatin (myöhemmin ESP). Sähkösuodattimen kustannusarvio on noin 120 000 – 150 000 € sähkösuodatinta kohti yhtä 2 MW kattilaa kohden. Sähkösuodattimen tilantarve on arviolta 18 m<sup>2</sup> ja korkeus 5 m.

Syklonin erotuskyky perustuu syklonin sisällä savukaasun pyörremäiseen virtaukseen ja keskipakovoiman erottelukykyyhin. Pienet hiukkaset eivät erotu sykloneissa. Sähkösuodattimen erotuskyky perustuu savukaasujen varautuneita hiukkasia puoleensa vetäviin sähkökenttiin. Sähkösuodattimessa erotuskyky pienillekin hiukkasille on hyvä. Yleisellä tasolla sähkösuodattimella on syklonia parempi hiukkaspäästöjen erottelukyky. Syklonin erottelukyky on noin 70 % luokkaa ja sähkösuodattimella erottelukyky on noin 99 % luokkaa.

Sähkösuodattimesta kerätty hiukkasmateriaali ja tuhka kerääntyy konttimaiseen kokoomasäiliöön, joka voidaan sellaisenaan nostaa kuorma-auton kyytiin ja viedä jälkikäsitteilyyn.

Savukaasun puhdistuslaitteiston suunnittelu ja kustannukset tarkennetaan toteutussuunnittelu- vaiheessa.

Sähkösuodatin on suositeltava ratkaisu paremman suodatuskykynsä vuoksi erityisesti koulualueella.

#### 6.18 Biokaasun varastoinnissa huomioitavat asiat

Tukesin mukaan biokaasu rinnastetaan maakaasuun suojaetäisyyksien ja säiliöiden sijoittamisen suhteen. Kaasusäiliön sijoittamisessa on otettava huomioon palo- ja räjähdysvaaraa aiheuttavat kohteet, paineellisia laitteistoja sisältävät laitokset, sähkölinjat ja muut vastaava ulkopuolinen toiminta.

Maanpäällisiin kaasusäiliöihin liittyvät suojaetäisyydet ovat alla olevassa taulukossa (Valtioneuvoston asetus nestekaasulaitosten turvallisuusvaatimuksista).

Vähimmäisetäisyydet eri kohteisiin ovat seuraavat:

Nestekaasun määrä	Enintään 5 tonnia	Yli 5 tonnia, mutta alle 50 tonnia
Kohde		
toisen raja, yleinen liikenneväylä, nestekaasuvaraston toimintaan kuulumattomat rakennukset	5 metriä	10 metriä
kiinteistön ulkopuolisista asuinrakennuksista rivitalot ja omakotitalot, liikenteen solmukohdat	15 metriä	35 metriä
kiinteistön ulkopuoliset koulut, hotellit, kerrostalot, suurmyymälät ja muut suuren väkijoukon kokoontumiseen tarkoitetut rakennukset sekä hotellien majoitustilat	50 metriä	100 metriä

**Kuva 13. Maanpäällisen kaasusäiliön minimisuojaetäisyydet**

Maanlaisten kaasusäiliöiden suojaetäisyydet ovat alla olevassa taulukossa (Valtioneuvoston asetus nestekaasulaitosten turvallisuusvaatimuksista).

Nestekaasun määrä	Yli 5 tonnia, mutta alle 50 tonnia	Vähintään 50 tonnia, mutta alle 200 tonnia
Kohde		
toisen raja, yleinen liikenneväylä, nestekaasuvaraston toimintaan kuulumattomat rakennukset	5 metriä	10 metriä
kiinteistön ulkopuolisista asuinrakennuksista rivitalot ja omakotitalo, liikenteen solmukohdat	15 metriä	30 metriä
kiinteistön ulkopuoliset koulut, hotellit, kerrostalot, suurmyymälät ja muut suuren väkijoukon kokoontumiseen tarkoitetut rakennukset sekä hotellien majoitustilat	30 metriä	50 metriä

**Kuva 14. Maanalaisen kaasusäiliön minimisuojaetäisyydet.**

Suojaetäisyydet ja Campusalueen rakennukset ja käytettävissä olevat alueet huomioiden kaasusäiliö ei mahdu lämpölaitoksen viereen nurmialueelle vaan suositeltavaa on sijoittaa kaasusäiliö Pappilapellon koulun viereiselle hiekkakentälle joko maanpäällisenä tai maanalaisena kaasusäiliönä.

Hankesuunnitelma ei sisällä kaasusäiliön tarkempaa suunnittelua eikä putkireititysten suunnittelua, vaan vain arvion käytettävissä olevasta alueesta suojaetäisyyksien puitteissa.



Biokaasun alustava kulutus olisi 500-600 MWh/a (83 000 – 100 000 kg/a) hybridijärjestelmissä vuodessa. Kahden viikon kulutus on noin 2 500 kg, joten alle viiden tonnin biokaasusäiliö riittäisi, jos oletuksena on, että biokaasusäiliön täyttöväli on maksimissaan kaksi viikkoa. Viiden tonnin säiliö riittää kattamaan muutaman viikon biokaasukulutuksen hybridijärjestelmissä.

Ratkaisu syntyy toteutussuunnittelun perusteella. Ei käsitellä sen syvällisemmin tässä vaiheessa.

## **7 VIHDIN CAMPUSALUEEN KIINTEISTÖJEN ENERGIASIMULOINNIT**

### **7.1 Energiatarkastelut pääjärjestelmille**

Campusalueen rakennusten lämmitysenergiankulutuksen selvittämiseksi hyödynnetään dynaamisista simulointityökalua, joissa huomioidaan lämmöntuotantojärjestelmien muutosten vaikutukset lämmöntuotannon ja -jakelun vuosihyötysuhteissa.

### **7.2 Energiatarkastelut hybridijärjestelmille**

Hybridijärjestelmien osalta hyödynnetään dynaamisista simulointityökalua Campusaluekohtaisesti, koska hybridijärjestelmissä on useampi lämmöntuotantotapa eri mitoitusasteilla, jolloin dynaamisista simulointityökalua tarvitaan, koska lämmitys- ja jäähdytystehontarpeet sekä lämmitys- ja jäähdytysenergiavirrat rakennusten kesken hybridijärjestelmässä ovat sääriippuvaisia.

### **7.3 Energiasimulointien lähtötiedot ja käytettävä säädata**

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen kiinteistöjen energiankulutusarvot hybridijärjestelmissä simuloidaan dynaamisella EQUA IDA Indoor Climate and Energy 4.8 -laskentaohjelmistolla. Campusalueen kiinteistöistä luodaan rakennuskohtaiset IDA ICE-simulointimallit, jotka sisältävät itsessään kaikki tarpeelliset lähtötiedot simulointia varten. Simuloinnin lähtötietoina käytetään kohdekiinteistöjen suunnittelutietoja ja -dokumenteja (Sokoprossa olevat suunnitteludokumentit, loppupiirustukset ja mitoitusdokumentit sekä rakenteiden U-arvot, ilmanvuotoluvut jne.), kohteiden IFC-malleja, kiinteistöjen tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden valmistuksen lämmitys- ja jäähdytystehontarpeita sekä kiinteistöjen nykyisen sisäilmastosuunnittelun mukaisia taloteknisiä mitoitusarvoja ja valaistusjärjestelmien sähkötehtäviä. Energiasimuloinnin ilmasto- ja säädatana käytetään E-lukulaskennassakin käytettävää määräystenmukaista Ilmatieteenlaitoksen säävyöhyke I:n säädataa eli Helsinki TRY2012 -testivuoden säädataa, joka kuvaa säävyöhykkeen I (Ympäristöministeriön asetus 1010/2017, liite 1) keskimääräistä säätä vuoden aikana tunnin aika-askeleella. Säävyöhyke I sisältää Uudenmaan, Varsinais-Suomen ja Satakunnan maakunnat.

### **7.4 Energiasimulointien tulokset**

Dynaamisella EQUA IDA Indoor and Climate 4.8 -laskentaohjelmistolla suoritettujen Campusalueen energiasimulointien tulokset esitetään sekä energiankäyttökohteittain koko campusalueen rakennusten yhteiskulutuksena jaoteltuna kulutetun lämpö- ja sähköenergian suhteen. Campusalueen nykyisen energijärjestelmän ja vaihtoehtoisten järjestelmien osalta energiasimulointitulokset esitetään vuosikulutuksina, koska nykyisen energijärjestelmän lämmön- ja sähkökulutukset on mitattu vuosikulutuksina. Nykyisen järjestelmän energiankulutustiedot lämmön ja sähkön osalta on saatu mittausdatasta.

**Taulukko 18.** Nykyisen energiajärjestelmän energiankulutukset.

Energiankäyttökohde	Nykyinen energiajärjestelmä [MWh/a]
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1292
Campusalueen lämpöenergiankulutus (ostoöljy)	1 904
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	3 196

Tarkasteltavien hybridijärjestelmien energiankulutusarviot perustuvat simulointeihin. Olettamuksena on se, että rakennusten käyttö ei muutu nykyisestä.

#### 7.4.1 Maalämpöjärjestelmä + SK + lämpöakku

Maalämpöjärjestelmän arvioidut energiankulutustiedot TRT-mittausten, EED-simulointien ja simulointien pohjalta arvioituina ovat alla.

**Taulukko 19.** Maalämpöjärjestelmän energiankulutusarvio.

Energiankäyttökohde	Energiankulutus [MWh/a]
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1585
Campusalueen lisälämmityksen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	80
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	1 665

#### 7.4.2 Suora sähkölämmitys

Suoran sähkölämmityksen arvioidut energiankulutustiedot ovat alla jaoteltuina lämmityksen ja muun sähkönkäytön osalta. Kulutusarvioissa on mukana myös aluelämpöverkoston lämpöhäviöenergia-arvio. Sähkökattilan vuosihyötysuhde on noin 88 %.

**Taulukko 20.** Suoran sähkölämmitysjärjestelmän energiankulutusarvio.

Energiankäyttökohde	Energiankulutus [MWh/a]
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	3 351
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	3 351

#### 7.4.3 Hakelämmitys

Hakelämmitysjärjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla hakkeen ja sähkön kulutuksiin jaoteltuina. Hakkeen ja sähkön kulutukset sisältävät järjestelmien häviöenergiat, kuten myös lämmönjaon ja -tuotannon häviöenergiat sekä lämmöntuotannon apulaitteiden sähköenergiankulutuksen. Kulutusarvioissa on mukana myös aluelämpöverkoston lämpöhäviöenergia-arvio. Hakekattilan vuosihyötysuhde on noin 82 %.

**Taulukko 21.** Hakelämmitysjärjestelmän energiankulutusarvio.

Energiankäyttökohde	Energiankulutus [MWh/a]
Campusalueen lämmityksen hakkeenkulutus (hake)	1 955
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 271
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	3 226

#### 7.4.4 Biokaasulämmitys

Biokaasulämmitysjärjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla biokaasun ja sähkön kuluksiin jaoteltuina. Biokaasun ja sähkön kulutukset sisältävät järjestelmien häviöenergiat, kuten myös lämmönjaon ja -tuotannon häviöenergiat sekä lämmöntuotannon apulaitteiden sähköenergiankulutuksen. Kulutusarvioissa on mukana myös aluelämpöverkoston lämpöhäviöenergia-arvio. Biokaasukattilan vuosihyötysuhde on noin 90 %.

**Taulukko 22.** Biokaasulämmitysjärjestelmän energiankulutusarvio.

Energiankäyttökohde	Energiankulutus [MWh/a]
Campusalueen biokaasunkulutus (biokaasu)	1 881
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 156
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	3 037

#### 7.4.5 Geoterminen järjestelmä + SK + lämpöakku

Geotermisen järjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla sähkönkulutukseen jaoteltuna. Geotermisen lämmitysjärjestelmän arvioitu energianpeitto nykyisissä verkostolämpötiloissa on järjestelmän valmistajan arvion mukaan noin 84 %. Geotermisen lämmitysjärjestelmän lisä- ja vara-lämmitysmuotona on laitokseen kuuluva sähkökattila.

**Taulukko 23.** Geotermisen lämmitysjärjestelmän energiankulutusarvio.

Energiankäyttökohde	Energiankulutus [MWh/a]
Campusalueen sähkönkulutus (ostosähkö)	2 032
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	2 032

#### 7.4.6 Hakekattila + Biokaasukattila + IVLP -järjestelmä

Energiankulutusarviot perustuvat kohteen simulointeihin, joissa on huomioitu hakkeen, biokaasun ja IVLP-järjestelmien arvioidut osatehot Campusalueen rakennusten kokonaislämmitystehontarpeeseen nähden. Hakejärjestelmälle (päälämmitysjärjestelmä) on arvioitu 60 % lämmitystehonpeitto ja biokaasujärjestelmälle (lisäjärjestelmä) 40 % lämmitystehonpeitto mitoitussulkolämpötilassa (-26 °C) Campusalueen rakennusten kokonaislämmitystehontarpeesta. Lisäksi hyödynnetään IVLP-järjestelmää ja jääkiekkokaukalon jäähdytyskoneen lauhdelämpöä lämmöntuotannossa.

Hakekattila + Biokaasukattila + IVLP -järjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla hakkeen, biokaasun ja sähkön energiankulutuksiin jaoteltuina.

**Taulukko 24.** Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmän energiankulutusarvio.

<b>Energiankäyttökohde</b>	<b>Energiankulutus [MWh/a]</b>
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (hake)	687
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (biokaasu)	615
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 519
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	2 821

#### 7.4.7 **Hakekattila + sähkökattila + IVLP -järjestelmä**

Hake+sähkökattila+IVLP -järjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla hakkeen ja sähkön kulutuksiin jaoteltuina.

Energiankulutusarviot perustuvat kohteen simulointeihin, joissa on huomioitu hakkeen, biokaasu ja IVLP-järjestelmien arvioidut osatehot Campusalueen kokonaislämmitystehontarpeeseen nähden. Hakejärjestelmälle (päälämmitysjärjestelmä) on arvioitu 60 % lämmitystehonpeitto ja sähkökattilalle (lisäjärjestelmä) 40 % lämmitystehonpeitto mitoitussulkolämpötilassa (-26 °C) Campusalueen rakennusten kokonaislämmitystehontarpeesta.

**Taulukko 25.** Hake + sähkö + IVLP -järjestelmän energiankulutusarvio.

<b>Energiankäyttökohde</b>	<b>Energiankulutus [MWh/a]</b>
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (hake)	695
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 988
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	2 683

#### 7.4.8 **Biokaasukattila + sähkökattila + IVLP -järjestelmä**

Biokaasu+sähkökattila +IVLP -järjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla biokaasun ja sähkön kulutuksiin jaoteltuina.

Energiankulutusarviot perustuvat kohteen simulointeihin, joissa on huomioitu hakkeen, biokaasu ja IVLP-järjestelmien arvioidut osatehot Campusalueen kokonaislämmitystehontarpeeseen nähden. Biokaasujärjestelmälle (päälämmitysjärjestelmä) on arvioitu 60 % lämmitystehonpeitto ja sähkökattilalle (lisäjärjestelmä) 40 % lämmitystehonpeitto mitoitussulkolämpötilassa (-26 °C) Campusalueen rakennusten kokonaislämmitystehontarpeesta.

**Taulukko 26.** Biokaasu + sähkö + IVLP -järjestelmän energiankulutus.

<b>Energiankäyttökohde</b>	<b>Kulutus [MWh/a]</b>
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (biokaasu)	712
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	2 134
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	2 846

#### 7.4.9 Ilma-vesilämpöpumppu + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmä

IVLP+SK+LA -järjestelmän energiankulutusarviot esitetään alla taulukossa.

**Taulukko 27.** IVLP+SK+Lämpöakku -järjestelmän arvioitu energiankulutusarvio.

Energiankäyttökohde	Energiankulutus [MWh/a]
Campusalueen sähkönkulutus (ostosähkö)	2 410
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	2 410

#### 7.5 Lämmitysjärjestelmän menoveden lisälämmitystarve (priimaus) korkea- ja matalalämpötilaverkostossa

Polttotekniikkaan perustuvissa järjestelmävaihtoehdoissa ei ole erillistä lämmityksen menoveden ja lämpimän käyttöveden priimaustarvetta (lisälämmitys), koska primääriset ja sekundääriset lämmöntuotantotavat pystyvät lämmittämään menoveden aluelämpöverkoston edellyttämään lämpötilaan (+90 C).

Lämpöpumppuun perustuvissa järjestelmissä on lämmityksen menoveden priimaustarve, koska lämmityksen menoveden lämpötila on (+90 C) on suurempi kuin mitä lämpöpumpuilla pystytään tuottamaan (+60 C). Priimausenergialla varmistetaan se, että aluelämpöverkoston menovesi pysyisi vähintään +90 C lämpöisenä tarvittaessa.

Matalalämpötilaverkostossa aluelämpöverkoston menoveden lämpötilan on oltava enemmän, kuin mitä rakennusten lämmitysverkostojen menoveden lämpötilat ovat matalalämpötilaverkostossa. Jos rakennuksissa on esimerkiksi +60/+40 C -verkostolämpötilat, on aluelämpöverkoston lämpötilat oltava vähintään +70/+40 C astetta. Aluelämpöverkoston menoveden lämpötilan osalta tämä tarkoittaa maksimissaan 20 C asteen pudotusta nykyiseen, vaikka rakennusten lämmitysverkostot vaihdetaan matalalämpötilaverkostoiksi. Aluelämpöverkoston lämpötilamuutosten myötä lämpöhäviöt maahan muuttuvat, mutta näitä ei voida luotettavasti arvioimaan. Lämpötilan muuttaminen ei vaikuta rakennusten lämmitysenergiatarpeeseen.

Karkea arvio vuotuiseksi eroksi matalalämpötilaverkoston ja korkealämpötilaverkoston lämmitysenergiankulutuksessa on 40 MWh/a eli noin 2 000 €/a sähkön hintasuojauksella. Hintasuojaus pienentää kustannuksia.

Matalalämpötilaverkostoiksi vaihtamisen myötä edellytetään seuraavia toimenpiteitä rakennuksissa

- o Kaikkien lämmönluovutuslaitteiden (pattereiden, konvektoreiden, ohjauslaitteiden yms.) vaihtamista matalalämpötilaverkostoissa toimiviin laitteisiin kaikissa rakennuksissa
- o Kaikkien IV-koneiden tuloilman lämmityspattereiden vaihtamista ja uudelleen mitoittamista kaikissa rakennuksissa
- o Kaikkien lämmitysverkostojen uudelleen mitoittamista ja peruskorjausta vastaavia muutostöitä kaikissa rakennuksissa

- Kaikkien lämmitysverkostojen kiertovesipumppujen uudelleen mitoittamista ja vaihtamista kaikissa rakennuksissa
- Kaikkien lämmitysverkostojen tasapainotus ja säätö
- Aluelämpöverkoston kaikkien putkistojen ja toimilaitteiden uudelleen mitoittaminen ja vaihtaminen

Muutostyöt edellyttävät toimenpiteitä, joiden kustannuksia on vaikea arvioida tässä vaiheessa. Pelkkä pattereiden vaihdon kustannusarvio on vähintään 500 000 €.

Suosittelavampi ratkaisu lämmityksen menoveden lämpötilan laskeminen sijasta on priimata menovesi nykyiseen menolämpötilaan ja säilyttää rakennusten lämmitysverkostot nykyisinä korkealämpötilaverkostoina. Priimaus tapahtuu sähkökattilan avulla. Suositeltavaa on tulevaisuudessa rakennusten peruskorjausten yhteydessä muuntaa rakennusten lämmitysverkostot matalalämpötilaverkoiksi ja pienentää priimauksen lämpötilaa sähkökattilan toimintaa säätämällä. Tässä tapauksessa priimauksen säätäminen ei edellytä uusia erillisiä laitteita uuteen lämpölaitokseen.



## 8 ENERGIAJÄRJESTELMIEN KUSTANNUSRAKENTEET JA -LASKELMAT

Tässä kappaleessa käsitellään vaihtoehtoisten energiajärjestelmien kustannusrakenteet. Kustannukset jaotellaan investointikustannuksiin ja järjestelmien vuotuisiin menoihin ja tuloihin. Investointikustannukset jaotellaan puolestaan laite-, materiaali- ja asennuskustannukset. LVIJAS- ja RAU-suunnittelutyökustannukset kuten ARK- ja RAK- suunnittelutyökustannukset on rajattu pois tarkastelusta, koska niiden määrät riippuvat hyvin paljon toteutussuunnittelun myötä tehtävistä suunnitteluratkaisuista, eikä tässä vaiheessa voida luotettavasti arvioida suunnittelutyökustannusten määriä. Suunnittelutyökustannusten arvioiminen edellyttää kustannuslaskentaa ja lisäselvitystä toteutussuunnittelun yhteydessä. Kustannusarviot eivät sisällä Kirkkoniemien koulun mahdollista liittämistä Campusalueen aluelämpöverkostoon, koska Kirkkoniemien koulun liittäminen on käsitelty erillisessä kappaleessa.

Vuotuiset kustannukset jaotellaan puolestaan huolto- ja ylläpitokustannuksiin. Vuotuiset tulot viittaavat järjestelmillä saavutettaviin vuotuisiin rahallisiin säästöarvioon nykyiseen energiajärjestelmään verrattuna.

### 8.1 Nykyisen energiajärjestelmän kustannukset

Vihdin Kirkkonkylän Campusalueen nykyisen energiajärjestelmän kustannusrakenne esitetään alla.

**Taulukko 28.** Campusalueen nykyisen energiajärjestelmän energiakustannukset.

Rakennus	Energiakustannukset, nykyinen järjestelmä [€/a. alv. 0 %]
Campusalueen ostosähkö	100 642
Campusalueen ostoöljy	236 096
Campusalue yhteensä	336 738

### 8.2 Kustannus- ja kannattavuuslaskelmissa käytettävät energiahinnat

Kustannusarvioissa huomioidaan järjestelmävaihtoehtojen investointi- ja energiakustannukset sekä huolto- ja ylläpitokustannukset. Investointikustannukset jaetaan laite- ja materiaalikustannuksiin. Kustannusarviot eivät sisällä RAU- ja LVIJAS-suunnittelutyökustannuksia. Kustannus- ja kannattavuuslaskelmissa käytettävät energiahinnat esitetään alla olevassa taulukossa. Hinnat ovat arvolisäverottomia hintoja ja sisältävät energian kuljetuskustannukset arvioituna. Hinnat ovat Suomen keskihintoja, joihin on lisätty arvioidut kuljetuskustannukset. Ostosähkön osalta järjestelmävaihtoehtojen laskennassa käytetään Veni Energian antamaa sähkönhintatietoa ja huomioidaan hintasuojaus sekä sähkön siirtomaksu, tehomaksu ja perusmaksu.

**Taulukko 29.** Energiamuotojen hinnat.

Energiamuoto	Energiahinta [€/MWh, alv. 0 %]
Hake	40,04
Ostosähkön hintasuojaus	49,65
Ostosähkö	Ostosähkön hinta (Veni Energia)
Biokaasu	197,10
Öljy	124,00

### 8.3 Maalämpöjärjestelmän kustannusrakenne

Maalämpöjärjestelmä kustannusrakenne esitetään taulukossa 30. Hinnat ovat alv. 0 %.

Taulukko 30. Maalämpöjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Maalämpölaitoksen rakennuskustannukset	300 000
Maalämpölaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	465 000
Maalämpökaivojen poraus- ja materiaalikustannukset	1 393 128
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	200 000
Sähköverkon, muuntajan ja sähköliittymän muutokustannukset	200 000
Lämpöakku	172 000
<b>Yhteensä</b>	<b>2 830 128</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>149 958</b>

Arvio maalämpöjärjestelmän vuotuisista huolto- ja ylläpitokustannuksista on 2 000 €/a. Investointikustannusarviot sisältävät maalämpöjärjestelmän laitteistot teknisissä tiloissa, maalämpökaivot ja maalämpökaivojen porauskustannukset, järjestelmän lämpöputkivedot, kalustohallin ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän laite- ja asennuskustannukset, lämmönjakohuoneiden muutostyöt sekä maalämpöjärjestelmän laite- ja työkustannukset. Kustannuksissa on huomioitu sähköverkon muutokset ja lämpöakku sekä varavoimakone.

### 8.4 Suoran sähkölämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne

4 MW suoran sähkölämmitysjärjestelmän arvioidut kustannukset ovat alla olevassa taulukossa. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

Taulukko 31. Hakelämmitysjärjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Sähkökattilalaitoksen rakennuskustannukset	450 000
Sähkökattilalaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	600 000
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	300 000
Sähköverkon, muuntajan ja sähköliittymän muutokustannukset	200 000
<b>Yhteensä</b>	<b>1 655 000</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>296 340</b>

## 8.5 Hakelämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne

4 MW hakelämmitysjärjestelmän arvioidut kustannukset ovat alla olevassa taulukossa. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

Taulukko 32. Hakelämmitysjärjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Hakekattilalaitoksen rakennuskustannukset	1 380 000
Hakekattilalaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	2 066 000
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähköverkon, muuntajan ja sähköliittymän muutokustannukset	200 000
Sähkösuodatin	300 000
<b>Yhteensä</b>	<b>4 114 050</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>164 024</b>

## 8.6 Biokaasulämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne

Biokaasulämmitysjärjestelmän arvioidut kustannukset. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

Taulukko 33. Biokaasulämmitysjärjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Biokaasukattilalaitoksen rakennuskustannukset	256 000
Biokaasukattilalaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	458 050
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähkösuodatin	150 000
Sähköverkon, muuntajan ja sähköliittymän muutokustannukset	200 000
<b>Yhteensä</b>	<b>1 232 100</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>442 107</b>

## 8.7 Geotermisen lämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne

Geotermisen lämmitysjärjestelmän arvioidut kustannukset. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

**Taulukko 34.** Geotermisen lämmitysjärjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Geotermisen lämpölaitoksen rakennus- ja asennuskustannukset	600 000
Lämpölaitoksen laitekustannukset	221 000
Geotermiset lämpökaivot	1 800 000
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	200 000
Sähköverkon muutokustannukset	200 000
Lämpöakku	172 000
<b>Yhteensä</b>	<b>3 293 000</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>211 635</b>

### 8.8 Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne

Hake + Biokaasu + IVLP -lämmitysjärjestelmän arvioidut kustannukset ovat alla olevassa taulukossa. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutus suunnitteluvaiheessa.

**Taulukko 35.** Hake + Biokaasu + IVLP -järjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Lämpölaitoksen rakennuskustannukset	2 150 750
Lämpölaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	587 400
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähkösuodatin	300 000
<b>Yhteensä</b>	<b>3 206 200</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>247 821</b>

### 8.9 Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne

Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioidut kustannukset. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

Taulukko 36. Hake + sähkö + IVLP -järjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Lämpölaitoksen rakennuskustannukset	1 386 000
Lämpölaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	620 375
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähkösuodatin	150 000
<b>Yhteensä</b>	<b>2 324 425</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>195 773</b>

### 8.10 Biokaasu + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne

Biokaasu + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioidut kustannukset. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

Taulukko 37. Biokaasu + sähkökattila + IVLP -järjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Lämpölaitoksen rakennuskustannukset	280 000
Lämpölaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	425 650
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähkösuodatin	150 000
Sähköverkon muutoskustannukset	200 000
<b>Yhteensä</b>	<b>1 223 700</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>307 247</b>

### 8.11 Ilma-vesilämpöpumppu + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne

IVLP + sähkökattila + lämpöakku -järjestelmän arvioidut kustannukset. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

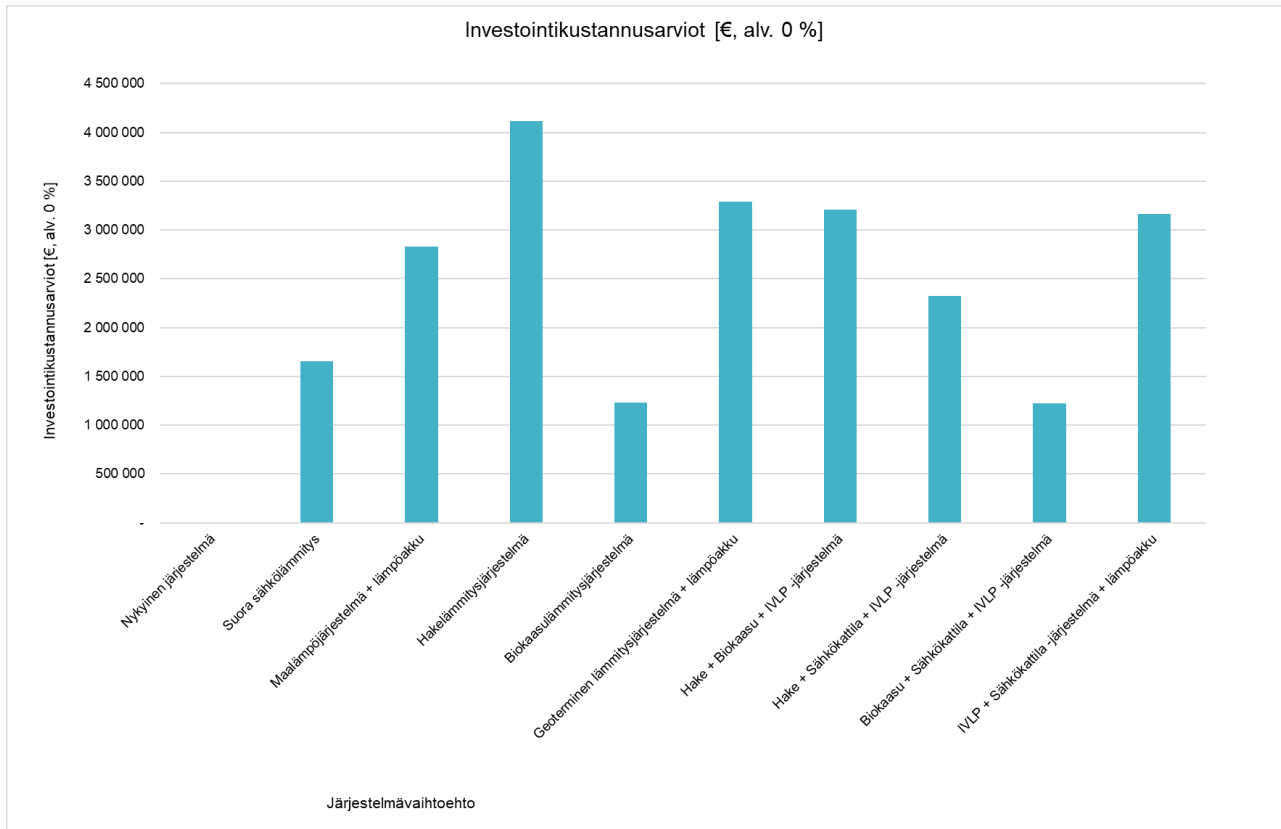
**Taulukko 38.** IVLP + SK + Lämpöakku -järjestelmän kustannusarvio.

<b>Kustannuslaji</b>	<b>Arvio [€, alv. 0 %]</b>
<b>Investointikustannukset:</b>	
Lämpölaitoksen rakennuskustannukset	600 000
Lämpölaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	1 917 000
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	300 000
Sähköverkon, muuntajan ja sähköliittymän muutokustannukset	200 000
<b>Yhteensä</b>	<b>3 117 000</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>237 095</b>

## 8.12 Yhteenveto investointikustannusarvioista

Alla on yhteenveto järjestelmävaihtoehtojen investointikustannusarvioista. Alustavista arvioista havaitaan, että hakeämmitysjärjestelmän sisältävät vaihtoehdot ovat kustannuksiltaan hieman muita suurempia, koska hakekattilalaitoksen tekniikka 4 MW ja 2 MW kokoluokissa on merkittävää verrattuna pienemmän kokoluokan hakekattilalaitoksiin. Osa kustannuksista näissä aiheutuu myös hakevaraston investointikustannuksista.

Suoran sähkölämmityksen, biokaasulämmitysjärjestelmän ja biokaasu + sähkökattila + IVLP -lämmitysjärjestelmän arvioidut investointikustannukset ovat hakekattilan sisältäviä vaihtoehtoja pienemmät.

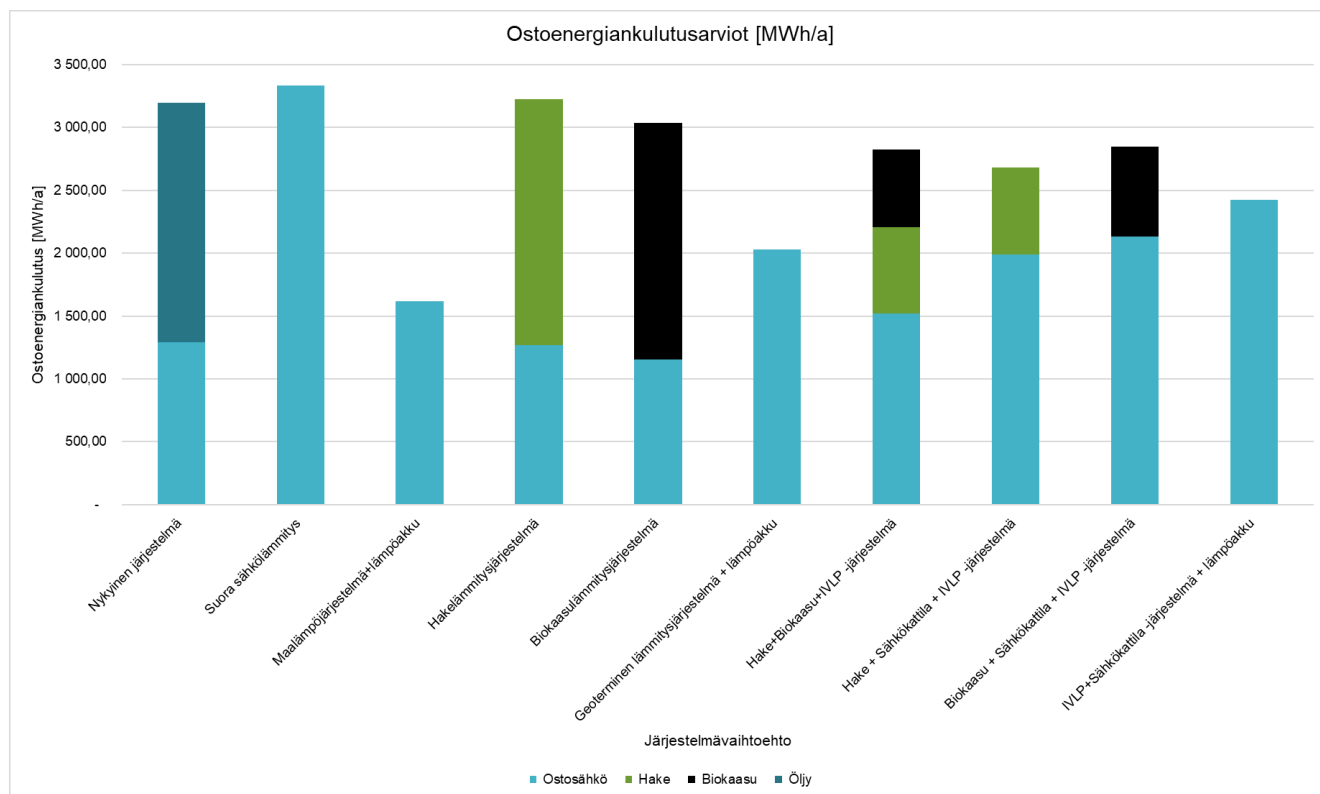


Kuva 15. Järjestelmävaihtoehtojen investointikustannusarvot.

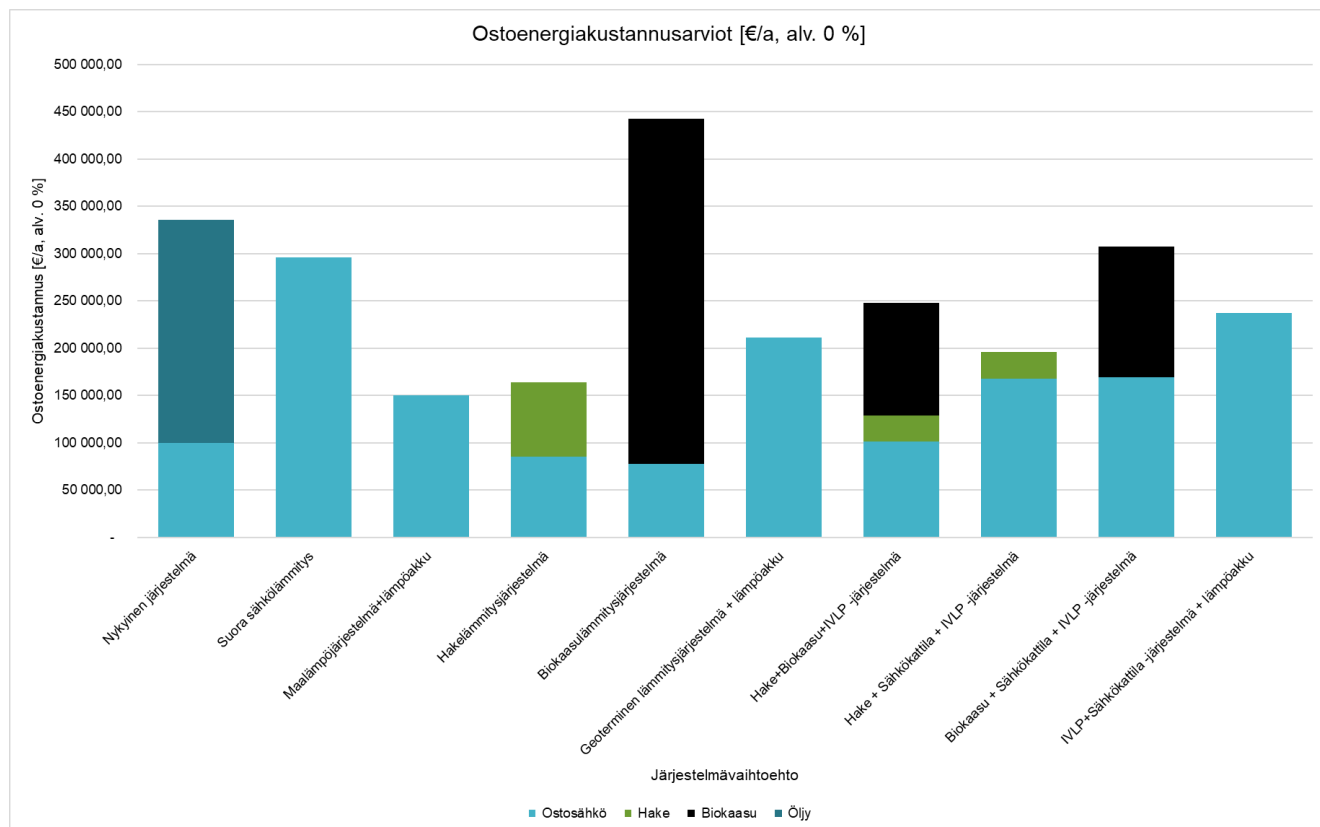
### 8.13 Yhteenveto ostoenergiakulutuksista ja -kustannuksista

Alla on yhteenveto järjestelmävaihtoehtojen arvioiduista ostoenergiakulutuksista ja -kustannuksista.





Kuva 16. Järjestelmävaihtoehtojen ostoenergiankulutusarvot.

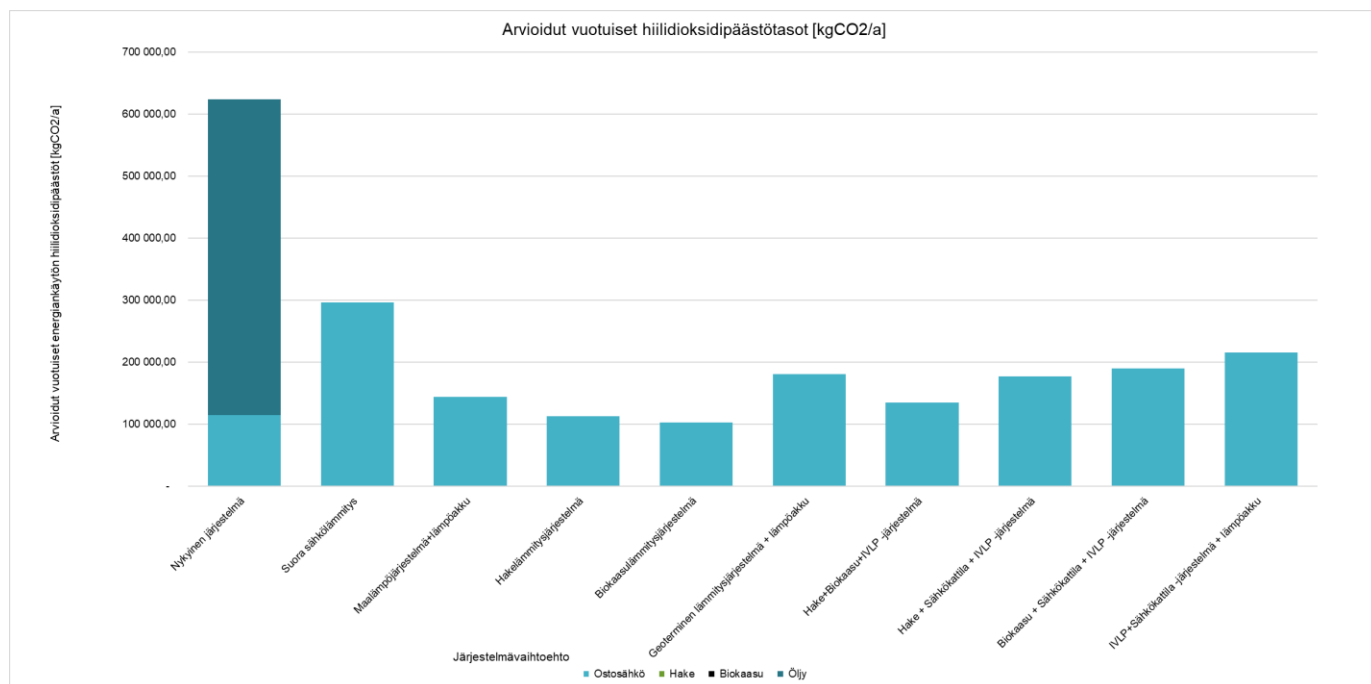


Kuva 17. Järjestelmävaihtoehtojen ostoenergiakustannusarvot.

### 8.14 Järjestelmävaihtoehtojen energiankäytön hiilidioksidipäästöt

Alla on yhteenveto järjestelmävaihtoehtojen arvioiduista energiankäytön hiilidioksidipäästöistä. Energiamuotojen hiilidioksidipäästökertoimina on käytetty Suomen keskiarvoja.

- Ostosähkölle 89,00 kgCO<sub>2</sub>/MWh<sub>ostosähkö</sub>
- Hakkeelle 0,0 kgCO<sub>2</sub>/MWh<sub>hake</sub>
- Biokaasulle 0,00 kgCO<sub>2</sub>/MWh<sub>biokaasu</sub>
- Öljylle 267,00 kgCO<sub>2</sub>/MWh<sub>öljy</sub>



Kuva 18. Arvioidut vuotuiset hiilidioksidipäästöt.

## 9 KANNATTAVUUSLASKELMAT

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen kannattavuuslaskelmat suoritetaan takaisinmaksuajan menetelmällä huomioiden rahan arvon heikkeneminen (diskonttaus), annuiteettitekijä, sisäinen korkokanta, kokonaisinvestointikustannukset sekä nykyiseen energijärjestelmään verrattuna olevat vuotuiset menot ja säästöt. Laskelmissa ei ole mukana Kirkkoniemen koulun kulutuksia eikä kustannuksia.

### 9.1 Takaisinmaksuajan menetelmä ja yhteenveto järjestelmävaihtoehtojen takaisinmaksuajoista

Takaisinmaksuaika lasketaan investoinneille. Sisäinen korkokanta on 3 % ja käytetyt energiahinnat ovat taulukossa 39. Negatiivinen säästö indikoi kasvaneita kustannuksia. Positiivinen säästö indikoi pienentyneitä kustannuksia ja negatiivinen säästö indikoi kasvaneita kustannuksia. Takaisinmaksuaikalaskennassa ei ole huomioitu mahdollisesti haettavien ja saatavien tukien vaikutusta, koska tukien rahallinen määrä, tuettavan investoinnin osuus, haettavuus ja soveltuvuus sekä tukiehdot muuttuvat vuosittain.

**Taulukko 39.** Järjestelmävaihtoehtojen arvioidut vuotuiset säästöt ja takaisinmaksuajat.

Järjestelmävaihtoehto	Investointikustannukset, [€, alv. 0 %]	Vuotuinen säästö, [€, alv. 0 %]	Takaisinmaksuaika, TMA [vuotta, a]
Suora sähkölämmitys	1 657 000	29 647	>70
Maalämpö	2 830 128	176 029	22
Hakelämmitys	4 114 053	161 963	48
Biokaasulämmitys	1 232 000	-116 119	>70
Geoterminen lämmitys	3 293 000	121 146	57
Hake + biokaasu + IVLP	3 206 200	78 116	>70
Hake + sähkökattila + IVLP	2 324 425	130 214	25
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	1 223 700	18 740	>70
IVLP + sähkökattila + lämpöakku	3 117 000	88 892	>70

## 10 HERKKYYSANALYYSIT

Takaisinmaksuajan lisäksi suoritetaan herkkyyshanalyysit energiahintojen muutoksilla. Oletuksena on se, että polttoaineiden hintojen pieneneminen on 60 % ja kasvaminen 200 %. Sähkönhinnan osalta vaihtuva tekijä on hintasuojaus. Ylempi hintasuojaus on teoreettisesti 120,0 €/MWh. Tulevien vuosien sähkönhintaa ei voi ennustaa.

Herkkyyshanalyseissä tarkasteltu kerrallaan vain yksittäisen energiahinnan muutoksen vaikutusta. Havaitaan, että energiahinnoilla on merkittävä vaikutus järjestelmien takaisinmaksuaikoihin. On huomioitavaa kuitenkin, että energiahintojen muutoksia ei voi ennustaa, joten nämä oletusmuutokset ovat vain arvioita.

**Taulukko 40.** Öljynhinnan vaihteluiden arvioidut vaikutukset takaisinmaksuaikoihin.

Järjestelmävaihtoehto	Öljynhinta -60 %, [vuotta, a]	Nykyinen öljyn hinta [vuotta, a]	Öljynhinta +200 %, [vuotta, a]
Suora sähkölämmitys	>70	>70	6
Maalämpö + sähkökattila + lämpöakku	>70	22	7
Hakelämmitys	>70	48	12
Biokaasulämmitys	>70	>70	12
Geoterminen lämmitys + sähkökattila + lämpöakku	>70	57	10
Hake + biokaasu + IVLP	>70	>70	12
Hake + sähkökattila + IVLP	>70	25	7
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	>70	>70	5
Keskitetty IVLP -järjestelmä	>70	>70	11

**Taulukko 41.** Ostosähkön hintasuojauksen teoreettisten muutosten arvioidut vaikutukset takaisinmaksuaikoihin.

Järjestelmävaihtoehto	Nykyinen hintasuojaus [vuotta, a]	Ylempi hintasuojaus [vuotta, a]	Ei hintasuojausta [vuotta, a]
Suora sähkölämmitys	>70	>70	>70
Maalämpö + sähkökattila + lämpöakku	22	22	22
Hakelämmitys	48	48	48
Biokaasulämmitys	>70	>70	>70
Geoterminen lämmitys + sähkökattila + lämpöakku	57	57	57
Hake + biokaasu + IVLP	>70	>70	>70
Hake + sähkökattila + IVLP	25	25	25
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	>70	>70	>70
Keskitetty IVLP -järjestelmä	>70	>70	>70

**Taulukko 42.** Hakkeenhinnan vaihteluiden arvioidut vaikutukset takaisinmaksuaikoihin.

Järjestelmävaihtoehto	Hakkeenhinta -60 %, [vuotta, a]	Nykyinen hakkeenhinta [vuotta, a]	Hakkeenhinta +200 %, [vuotta, a]
Suora sähkölämmitys	>70	>70	>70
Maalämpö + sähkökattila + lämpöakku	22	22	22
Hakelämmitys	34	48	>70
Biokaasulämmitys	>70	>70	>70
Geoterminen lämmitys + sähkökattila + lämpöakku	57	57	57
Hake + biokaasu + IVLP	>70	>70	>70
Hake + sähkökattila + IVLP	22	25	38
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	>70	>70	>70
Keskitetty IVLP -järjestelmä	>70	>70	>70

**Taulukko 43.** Biokaasun hinnan vaihteluiden arvioidut vaikutukset takaisinmaksuaikoihin.

Järjestelmävaihtoehto	Biokaasun hinta -60 %, [vuotta, a]	Nykyinen hinta [vuotta, a]	Biokaasun hinta +200 %, [vuotta, a]
Suora sähkölämmitys	>70	>70	>70
Maalämpö + sähkökattila + lämpöakku	22	22	22
Hakelämmitys	48	48	48
Biokaasulämmitys	>70	>70	>70
Geoterminen lämmitys + sähkökattila + lämpöakku	57	57	57
Hake + biokaasu + IVLP	48	>70	>70
Hake + sähkökattila + IVLP	25	25	25
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	23	>70	>70
Keskitetty IVLP -järjestelmä	>70	>70	>70

## 11 KIRKKONIEMEN KOULUN LIITTÄMISEN TARKASTELU

Kirkkoniemen koulun liittäminen tarkastellaan erikseen muista järjestelmistä. Tässä huomioidaan Kirkkoniemen koulun arvioitu kokonaislämmitystehontarve, nykyisen öljykattilan tehoarvio, lämmitys- ja sähköenergiankulutusarviot sekä arviot vaikutuksista Campusalueen lämmitysjärjestelmän mitoitustehoihin.

Kirkkoniemen koulun lämmitystehontarvearvio on noin 300 kW, johon lukeutuu tilanlämmitys, ilmanvaihdon lämmitys ja lämpimän käyttöveden valmistus sekä lämmitysjärjestelmän häviötehot.

Campusalueen lämmitysjärjestelmän mitoituksen osalta 300 kW lisälämmitystehontarve tarkoittaisi arviota seuraavanlaisia muutoksia lämpölaitoksiin

Lämmitysjärjestelmän muutosten lisäksi Kirkkoniemen koulun liittäminen edellyttäisi aluelämpöverkoston meno-paluujohtoon rakentamista maaperään. Arvio kaivuumatkasta olisi 1000 m ja kokonaishinta olisi vähintään 400 000 €. Arvio kustannuksista lämpölinjasta on karkeasti vähintään 400 €/m.

**Taulukko 44.** Kirkkoniemen koulun liittäminen vaikutukset järjestelmävaihtoehtojen laitteistoon.

Järjestelmävaihtoehto	Lämmitystehon lisäys, [kW]	Muutostarve [arvioitu toimenpide]
Suora sähkölämmitys	300	Yksi uusi sähkökattila / 300 kW isompi sähkökattila
Maalämpö + sähkökattila + lämpöakku	300	300 kW maalämpöpumppu lisää
Hakelämmitys	300	Hakekattilan nykyinen teho kattaisi lisälämmitystarpeen
Biokaasulämmitys	300	Yksi uusi biokaasukattila / 300 kW isompi biokaasukattila
Geoterminen lämmitys + sähkökattila + lämpöakku	300	Geotermiset lämpökaivot kattaisivat lisälämmitystehon
Hake + biokaasu + IVLP	300	Nykyiset hakekattilat kattaisivat 300 kW lisälämmitystehon
Hake + sähkökattila + IVLP	300	Nykyiset hakekattilat kattaisivat 300 kW lisälämmitystehon
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	300	300 kW isompi biokaasukattila
Keskitetty IVLP + sähkökattila + lämpöakku	300	300 kW isompi sähkökattila

**Taulukko 45.** Kirkkoniemen koulun liittäminen vaikutukset järjestelmävaihtoehtojen investointikustannuksiin.

Järjestelmävaihtoehto	Muutostarve [arvioitu toimenpide]	Hinta-arvio toimenpiteestä + lämpölinjan kustannusarvio [hinta-arvio, € alv. 0%]
Suora sähkölämmitys	Yksi uusi sähkökattila / 300 kW isompi sähkökattila	455 000
Maalämpö + sähkökattila + lämpöakku	Yksi maalämpöpumppu lisää	455 000
Hakelämmitys	Hakekattilan nykyinen teho kattaisi	400 000

	lisälämmitystarpeen	
Biokaasulämmitys	Yksi uusi biokaasukattila / 300 kW isompi biokaasukattila	460 000
Geoterminen lämmitys + sähkökattila + lämpöakku	Geotermiset lämpökaivot kattaisivat lisälämmitystehon	400 000
Hake + biokaasu + IVLP	Nykyiset hakekattilat kattaisivat 300 kW lisälämmitystehon	400 000
Hake + sähkökattila + IVLP	Nykyiset hakekattilat kattaisivat 300 kW lisälämmitystehon	400 000
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	300 kW isompi biokaasukattila	460 000
Keskitetty IVLP + sähkö- kattila + lämpöakku	300 kW lisää sähkökattilatehoa	455 000

Lämpöverkoston rakentamisen kustannukset päivitä aluelämpöverkoston kustannukset.

Karkeasti arvioiden Kirkkoniemen koulun lämmitysenergiankulutus olisi 300 MWh/a. Öljyn lämpöarvon ollessa keskimäärin 10 kWh/dm<sup>3</sup>, olisi karkea vuotuinen öljynkulutus noin 30 m<sup>3</sup>. Öljyn keskihinnalla laskien vuotuinen öljyn energiakustannus olisi noin 37 000 €. Kirkkoniemen koulun liittämisen kustannukset olisivat järjestelmävaihtoehdoissa noin 450 000 €.

Vertailu kirkkoniemen koulun nykyistä öljykustannuksia vs. uuden kl-putken rakennuskustannukset ja lämpölaitoksen 300 kW lisäys. Kirkkoniemen koulun lämmitysenergiankulutuksen huomioidessa järjestelmävaihtoehdoissa osana Campusalueen energiajärjestelmää, olisi vuotuinen säästö nykyiseen järjestelmään verrattuna 80 000 – 120 000 €. Karkean arvion perusteella Kirkkoniemen koulun liittämisen kustannusten ja vuotuisen öljykustannuksen kattamiseksi aikaa kuluisi kuusi vuotta.

Liittymisen hyötynä olisi koulun nykyisen öljylämmitysjärjestelmän poistuminen käytöstä ja öljynkäytön päästöjen poistuminen. Liittymisen myötä öljynkulutuksen kustannukset poistuisivat.



## 12 LÄMPÖAKUN VAIKUTUKSET

Lämpöakun oletustilavuus on 240 m<sup>3</sup>. Lämpöeristettyyn ja korkeassa lämpötilassa pidettävään lämpöakkuun tuotetaan lämpöenergiaa lämpölaitoksessa. Varastoitunutta lämpöenergiaa hyödynnetään lämmityksessä. Lämpöenergia tuotetaan polttotekniikalla, lämpöpumpulla tai sähkökattilalla tai otetaan talteen ulkotekojään jäähdytysjärjestelmän lauhdelämmöstä.

Lämpöpumppujärjestelmissä on kaksi eri tuotantotapaa. Primäärisillä lämpöpumpuilla tuotetaan hetkelisen lämmitystehontarpeen mukaan maksimissaan +60 C asteista vettä ja sekundäärisellä tavalla tuotetaan maksimissaan +95 C asteista vettä siten, että kunkin ajanhetken lämmitystehontarve täyttyy ja aluelämpöverkoston menoveden lämpötila on vähintään +90 C astetta.

Lämpöakun etu teoriassa on siinä, että siihen voidaan varastoida lämpöenergiaa ja siitä voidaan luovuttaa lämpöenergiaa lämmitysverkostoon tarpeen mukaan, jolloin lämmitysenergian tuotannon ja kulutuksen ei tarvitse olla samanaikaista. Osa lämmitysenergiasta voidaan esimerkiksi tuottaa yöllä lämpöakkuun ja luovuttaa päiväaikaan lämmitysverkostoon.

Lämpöakku ei vähennä rakennusten lämmitysenergian kokonaiskulutusta eikä ostoenergiankulutusta. Lämpöakun myötä lämmitysenergiankulutus ja ostoenergiankulutus kasvaa, koska lämpöakussa on lämpöhäviöitä.

Yleisellä tasolla ostosähkönhinta on alempi (alle hintasuojauksen) ei-lämmityskaudella, jolloin lämmitystarve ja -kulutus on pienin. Yleisellä tasolla ostosähkönhinta on ylempi (yli hintasuojauksen) lämmityskaudella, jolloin lämmitystarve ja -kulutus on suurin. Kannattavuuden edellytyksenä on se, että sähkönhinta vaihtelisi ajallisesti merkittävästi lämmityskaudella ja olisi merkittävästi alle hintasuojauksen. Sähkönhinta ei hintasuojauksen myötä vaihtele merkittävästi, joten ajoittamalla lämmöntuotanto yöaikaan ei saada säästöä.

Vihdin Kirkonkylän Campusalueella on ulkotekojään lauhdutusslämmön talteenotto, joka on noin 50 MWh/a. Campusalueen rakennusten lämmitysenergiankulutus on noin 1900 MWh/a. Ulkotekojään lauhdelämmön määrä on 3 % vuotuisesta lämmitysenergiankulutuksesta, eikä Campusalueella ole merkittäviä lämmöntalteenottomahdollisuuksia, joista saadaan energiaa lämpöakkuun.

Campusalueen lämmitysteho on mitoitusulkolämpötilassa maksimissaan 4 MW. Yhden tunnin lämmitysenergiankulutus mitoitusulkolämpötilassa on enimmillään 4 000 kWh. Jos lämpöakun ylin lämpötila on +95 C astetta ja alin lämpötila +60 C astetta, on yhden tunnin lämmitysenergiankulutusta vastaava lämpöakun tilavuus hyvin karkeasti arvioituna 80 m<sup>3</sup>. 240 m<sup>3</sup> lämpöakku riittäisi lämmitysenergian maksimitilanteessa kuuden tunnin lämmitysenergiankulutuksen kattamiseen mitoitusulkolämpötilassa. Lisäksi lämpöakku pitäisi pitää lämpimänä, mikä lisää häviöitä. Täten lämpöakku ei ole kustannustehokas, vaan suositeltava ratkaisu on varavoimageneraattori.

### 13 SÄHKÖAKKU JA SÄÄTÖRESERVIMARKKINAT SEKÄ INTERGRID

Intergridin laskelmissa on käytetty oletusta, että ostosähkönhinta on pörssisähkön (spot-hinta) vuodelta 2023 tuntitasolla. Lisäksi on oletettu, että säätomarkkinoiden hinnat ja reservien käyttötarve sekä maksettavat markkinatulosten mukaiset korvaukset reservin omistajalle pysyvät edellisen vuoden tasolla. Lisäksi on oletettu se, että ostosähkön hinnanvaihteluille ei ole ylä- eikä alarajaa. Tämä ei kuvasta nykyisen sähkösopimuksen tietoja. Lisäksi on oletettu, että säätomarkkinoiden hinnoille ja maksettaville korvauksille ei ole ylä- eikä alarajaa. Näiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta laskennallisesti saatu vuotuinen tuotto olisi 116 000 €. Tulos on optimistinen.

Ei ole kannattavaa lisätä järjestelmään sähköakkuja, jos on nykyisen kaltainen kiinteä sähkösopimus hintasuojauksella, koska hintasuojaus ja kiinteä hinta yhdessä vaikuttavat siten, että sähkönhinta ei vaihtelee. Tällöin ei ole ”halvemman sähkön tunteja”, jolloin sähköakku voisi ladata ”halvemman sähkön aikaan”. Tämä leikkaa pois kustannussäästöpotentiaalin, koska kustannussäästöpotentiaali perustuu siihen, että sähköakkuja ladataan halvemman sähkön aikaan ja käytetään kalliimman sähkön aikaan, jolloin hintaero antaisi säästöä ostosähkökustannuksissa.

Säätomarkkinoiden osalta ei kannatta lisätä järjestelmään valtakunnallisen kantaverkkoyhtiön (Fingrid) asiantuntijan mukaan sähköakkuja siinä tapauksessa, jos sitä käytettäisiin vain säätomarkkinoita varten, koska säätomarkkinoita varten varatusta tehosta huolimatta Campus-alueen omasta tehontarpeen täyttämistä on huolehdittavan jokaisena ajanhetkenä. **Jos teho on varattu reservimarkkinoille, ei kyseinen teho ole käytettävissä omaan tehontarpeen kattamiseen.** Säätomarkkinoilta mahdollisesti saatavia tuottoja ei voida luotettavasti arvioida, koska reservien käyttötarve-, -aika ja -teho sekä markkinahinnat valtakunnan tasolla sekä maksettavien markkinatulosten mukaisten korvausten määrät eivät ole luotettavasti arvioitavissa.

Ei ole takeita siitä, että säätomarkkinoiden hinnat pysyvät edellisvuoden tasolla tulevaisuudessa, koska hinnat vaihtelevat kulloisenkin ajanhetken tarpeen, annettujen tarjousten ja hyväksymisten pohjalta. Ei ole takeita, että markkinatulosten mukaiset korvaukset pysyvät edellisen vuoden tasolla. Ei ole takeita, että oletuksena käytetyn pörssisähkön hinta pysyisi edellisen vuoden tasalla tulevaisuudessa, koska pörssisähkön hinta määräytyy kulloisenkin ajanhetken tarpeen ja annettujen tarjousten pohjalta. Viime kädessä kulloisenkin ajanhetken tarpeet määräytyvät mm. valtakunnan sähkötehontarpeesta (kuluttajat ja teollisuus sekä tuonti- ja vientisähkö) ja sääolosuhteista (sääolosuhteriippuvainen sähköntuotanto esimerkiksi tuuli- ja aurinkosähkö) ja verkon taajuustasapainosta. Jos esimerkiksi hyvien sääolosuhteiden myötä valtakunnallisesti sääoloriippuvaisten sähköntuotantomuotojen tuotanto kasvaa, niin käyttöön otettavan säätoreservin tarve pienenee. Tämä vaikuttaa alentavasti niin hintoihin kuin mahdollisesti saataviin tuottoihin. Jos säätoreservin tarve vuoden ajanjaksolla puolittuisi, niin maksettavat markkinatulosten mukaiset korvaukset puolittuisivat ja teoreettiset vuosituotot vähintään puolittuisivat. Sähköakun takaisinmaksuaikaa ei voida luotettavasti arvioida, koska muuttuvia tekijöitä on paljon. Eniten investoinnin kannattavuuteen vaikuttavat markkinahinnat ja markkinatulosten mukaiset korvaukset, joita ei voi ennustaa.

1 MW sähköakku on minimisuositus säätoreservimarkkinoille. 1 MW sähköakun investointikustannus on keskimäärin välillä 500 000 – 2 000 000 €. Kustannusten lisäksi tulee mm. rakennuksen rakennuskustannukset sekä kaasusammutusjärjestelmän investointikustannukset sähköpalon varalta. Kaasusammutusjärjestelmän kustannusarvio on 1 000 000 €. 1 MW sähköakun tilantarve on arviolta 35 m<sup>2</sup>.

Rakennuskustannuksina tämä tarkoittaisi arviolta 90 000 € (2 500 €/m<sup>2</sup>). Karkea arvio LVIJAS-kustannuksista yms. on vähintään 1 000 000 €.

Kaikkien reservimarkkinoiden 1 MW sähköakun osallistumisesta markkinoille saatavien vuosituottojen keskiarvon vaihteluväli on 32 000 € - 468 000 €. 1 MW sähköakun investointikustannusarvio aikaisemmin mainitut osa-alueet huomioiden voi olla jopa 4 100 000 €. Tulevaisuuden tuottoja ei voi ennustaa. **Investointi on suuri ja riski tuotoista on iso.**

Reservimarkkinoille osallistuminen edellyttää uusia sopimuksia ja nykyisten sopimusten muuttamista. Sopimusprosessi ja järjestelmän soveltuvuustestien tekeminen vie oman aikansa.

**Sähköakuteknologia on vasta murrospisteessä ja kehitysvaiheessa, eikä suuren mittaluokan (yli 1 MW) sähköakkuja ole montaa toteutettu Suomessa. Nämä ovat pääasiassa valmistuneet joko teollisuuteen tai tuotekehityskohteisiin. Energian varastoiminen sähköakkuun on lyhytaikasta varastointia, koska akut itsepurkautuvat jopa ilman käyttöäkin. Lisäksi akut kuluvat ja akkuja pitää uusia sekä tekninen käyttöikä on lyhyt verrattuna vakiintuneeseen tekniikkaan.**

Suomen sähköverkot ovat murroksessa, kuten on murroksessa myös energian varastointitavat. Lähi-tulevaisuudessa vetygeneraattorit ja vetyvarastot todennäköisesti korvaavat sähkövarastot vetytaloutta kohti mentäessä suuremmassa kuvassa.

## 14 CAMPUSALUEEN JÄÄHDYTYSOPTIO

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen uuden järjestelmän osana tarkastellaan jäähdytysoptiota. Jäähdytyksen tarkastelu tehojen ja tilantarpeiden osalta on tässä vaiheessa hyvin karkealla tasolla, koska ai-  
noa tapa selvittää rakennusten todellinen jäähdytystehontarve on tehdä jäähdytystehon simulointi huonetilakohtaisesti huonetilakohtaiset rakenne- ja talotekniset suunnittelu-arvot lisäten, mitä ei ole tähän energiahankesuunnitelmaan sisällytetty. Lisäksi jäähdytystehontarve on hyvin riippuvainen mm. rakennuksen muodosta, suuntauksesta, aurinkosuojuuksesta ja rakenne- ja taloteknisistä ratkaisuista, joista johtuen ei voida määrittää todellista jäähdytystehontarvetta ilman jäähdytystehosimulointia.

Ilman todellisen jäähdytystehontarpeen laskemista ei voida mitoittaa jäähdytysverkostoa eikä jäähdytysjärjestelmän laitteistoa eikä siten arvioida tilantarvetta luotettavasti. Yleisellä tasolla voidaan todeta, että jäähdytysjärjestelmä on mahdollista lisätä lämpöpumppujärjestelmiin myös jälkikäteen. Toimenpide edellyttää aluejäähdytysverkostoa.

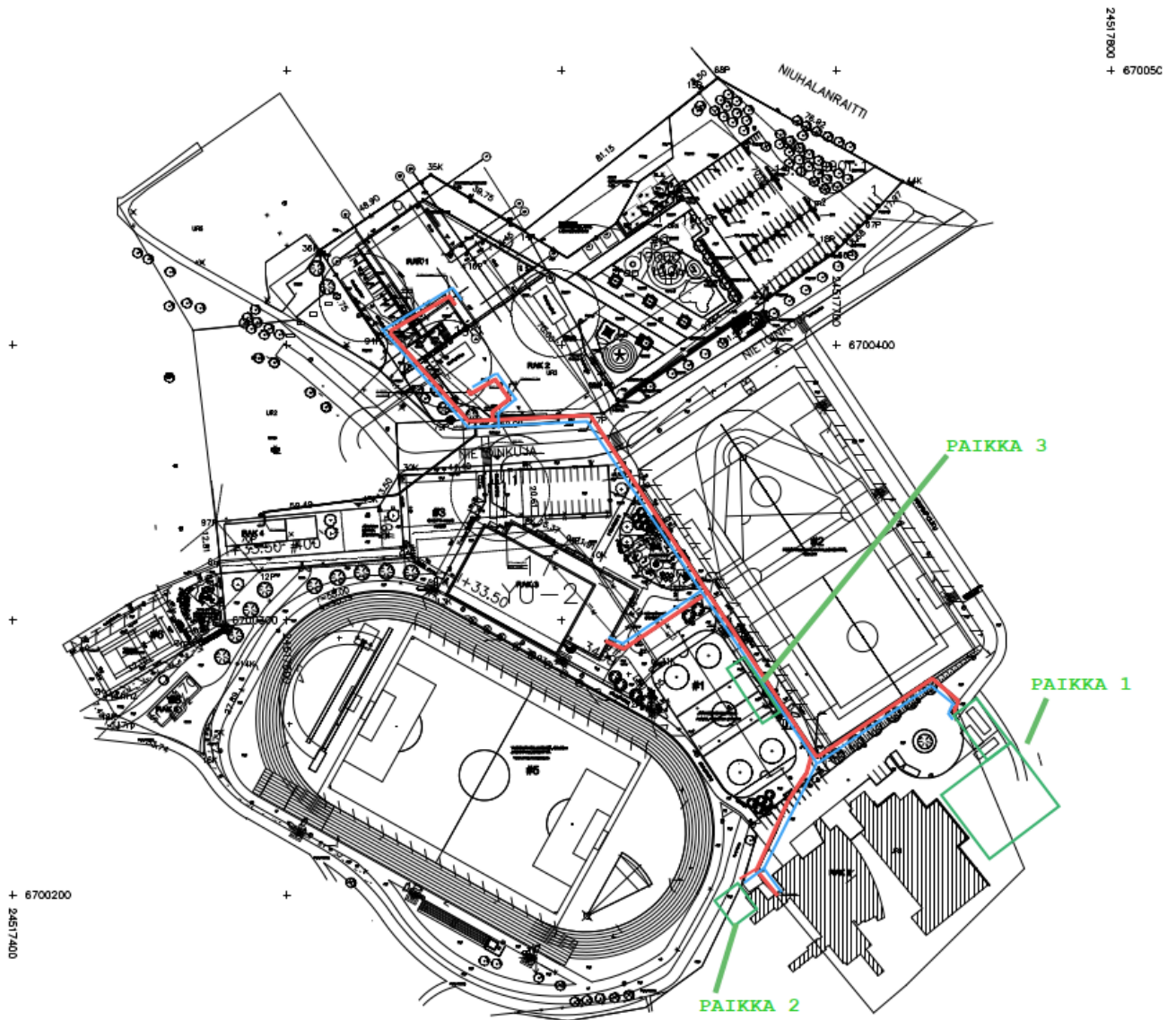
Yleisellä tasolla voidaan todeta, että Suomen opetusrakennusten keskimääräinen jäähdytystehontarve on  $50 \text{ W/m}^2$  ilman aurinkosuojausta, mutta rakennuskohtaisissa arvoissa on paljon vaihtelua. Tällä ominaisjäähdytysteholla ja Campusalueen  $14\,500 \text{ m}^2$  lämmitetyllä nettopinta-alalla laskien, on nettojähdytysteho hyvin karkeasti arvioituna  $930 \text{ kW}$ . Opetusrakennusten jäähdytysenergian keskimääräisellä kulutuksella ( $13 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ ) karkea arvio on  $188\,000 \text{ kWh/a}$ . Ilmastomuutoksen seurauksena jäähdytystehontarve nousee Suomessa lähitulevaisuudessa.

52 maalämpökaivolla voidaan kattaa arvioitu jäähdytystehontarpeen teho, jos maalämpöjärjestelmässä käytetään aktiivijäähdytystä eikä vapaajäähdytystä. Jäähdytys toteutetaan maalämpöpumpuilla. Maalämpöjärjestelmässä edellytetään maaviileäpiiriä. Geotermisellä järjestelmällä voidaan tuottaa jäähdytysenergia nykyisellä laitteistolla. IVLP + SK + lämpöakku -järjestelmässä voidaan tuottaa jäähdytysenergia nykyisellä laitteistolla.

Jäähdytysjärjestelmän toimintaperiaate on seuraavanlainen. Maalämpöjärjestelmässä jäähdytysenergia tuotetaan aktiivisella maaviileällä. Aktiivisessa maaviileässä maalämpöpumpun kompressorin kiertää kylmäainetta jäähdytysverkostossa, jolloin kylmäaine ottaa talteen huonetilojen jäähdytyslaitteilta. Lämmennyt kylmäaine kierrätetään maalämpökaivoon, missä kylmäaine luovuttaa varastoimansa lämpöenergian maahan ja kylmäaine viillenee. Viilentynyt kylmäaine ohjataan takaisin kiertoon. Geotermisessä järjestelmässä toimintaperiaate on sama.

IVLP+SK+lämpöakku -järjestelmässä jäähdytysenergia tuotetaan ensisijaisesti ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksiköllä, josta viilentynyt kylmäaine johdettaisiin rakennusten jäähdytysverkostoon ja sieltä rakennusten jäähdytyslaitteille. Jäähdytyslaitteilla kylmäaine varastoisi itseensä lämpöenergiaa huonetiloista. Lämmennyt kylmäaine kiertäisi verkostossa takaisin lämpöpumpulle, jonka ulkoyksiköstä kylmäaine luovuttaisi varastoimansa lämpöenergiansa ulkoilmaan.

Campusalueelle arvioitu aluejäähdytysverkoston pituus on  $500 \text{ m}$ . Jäähdytysverkoston rakennuskustannuksen ollessa arviolta  $300 \text{ €/m}$ , on aluejäähdytysverkoston karkea kustannusarvio vähintään  $150\,000 \text{ €}$ . Tämä ei sisällä lämmönjakohuoneiden muutostöitä eikä jäähdytysjärjestelmän laite- ja asennuskustannuksia. Aluejäähdytysverkoston alustava reitti kulkee nykyisen aluelämmitysverkoston rinnalla.



Kuva 19. Aluejäähdytysverkoston alustavat putkireitit Campusalueella.

## 15 GEOTERMISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ERILLISSELVITYS

Geotermisen lämmitysjärjestelmän erilliselvitys on toiminut geotermisen lämmön osalta lähtötietona. Geotermisten lämpökaivojen tarvittava määrä erilliselvityksen mukaan on kaksi 1 500 m syvää kaivoa tai kolme 1 000 m syvää kaivoa. Tilantarpeen myötä kaksi 1 500 m syvää kaivoa on suositeltavampi ratkaisu, koska Campusalueen alue on rajallinen.

Maalämpöön verrattuna kaivojen tontilta viemän pinta-alan osuus on huomattavasti paljon pienempi, kaivojen määrä on paljon pienempi. Geotermisessä lämmitysjärjestelmässä ei tarvita kahta erillistä kaivokenttää laitteineen, kuten maalämpöjärjestelmässä tarvitaan.

Geotermisen lämmitysjärjestelmän energiapeitto vuotuisesta lämmitysenergiankulutuksesta on nykyisillä lämmitysverkostoilla noin 84 % ja lämmöntuotannon vuosihyötysuhde (SCOP-luku) arviolta 3. Geotermisen lämmitysjärjestelmä on suositeltavampi matalalämpötilaverkostoissa kuin korkealämpötilaverkostoissa. **Campusalueen tapauksessa matalalämpötilaverkoston muuttaminen kustantaa vähintään 500 000 €.**

Geotermisen lämmitysjärjestelmän lämpölaitoksen edellyttämä tilantarve on 100-150 m<sup>2</sup>.

Geotermistä lämpöä ei ole suuressa kokoluokassa vielä tehty Suomessa suurissa määrin, mutta tekniikka ja tulokset ovat lupaavia. Geotermisessä järjestelmässä suurimmat kustannukset ovat kaivojen porauskustannukset. Geotermisellä lämmitysjärjestelmällä saavutetaan säästöä energiankulutuksissa ja -kustannuksissa hyvän SCOP-luvun ja energiapeiton myötä nykyiseen järjestelmään verrattuna. Huomioitavaa energiamuotojen saatavuuden ja hinnan riskien kannalta on se, että geotermisen järjestelmä käyttää ainoastaan ostosähköenergiaa.

Lämpökaivojen esteetöntä huoltoa varten kaivojen päällä ei saa olla esteitä, rakenteita tai rakennuksia.

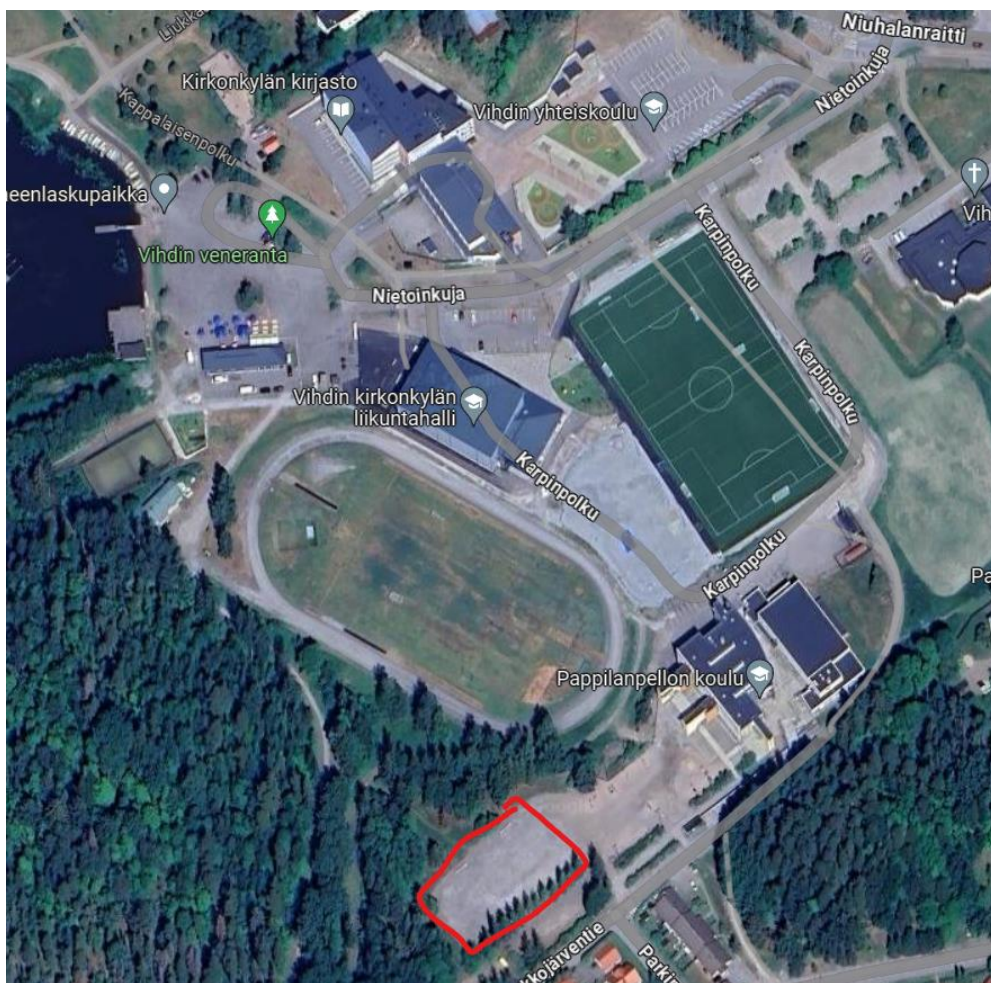
**Riskinä on se, että kolmas lämpökaivo saatetaan tarvita. Kustannusarvio yhdelle lämpökaivolle on vähintään 600 000 €. Jos kolmas lämpökaivo on tarpeellista tehdä ja jos matalalämpötilaverkostomuutokset tehdään, niin investointikustannusarvio on kokonaisuudessaan vähintään 3,5 miljoonaa euroa. Tämä nostaa investoinnin takaisinmaksuaika-arviota.**

**Riskinä on myös se, että yhden reiän poraaminen kestää kuusi kuukautta.**



## 17 KAASUSÄILIÖN SIOITUSPAIKKA

Biokaasusäiliön sijoituspaikka biokaasua hyödyntävissä järjestelmävaihtoehdoissa on Pappilanpellon koulun hiekkakentän metsänpuoleisessa päädyssä. Edellyttäen kuitenkin sitä, että minimisuojaetäisyydet täyttyvät eikä hiekkakentän käyttö estä säiliön sijoittamista. **Säiliön suositellaan olevan maanalainen.** Kaasusäiliöltä yksi mahdollisuus on reitittää maanalainen kaasuputki lämpölaitokselle, mutta reititys pitää tarkastella myöhemmässä vaiheessa. Alue on merkitty punaisella viivalla. Kaasusäiliö ei suojaetäisyyksien valossa mahdu lämpölaitoksen viereen.



Kuva 20. Kaasusäiliön mahdollinen sijoitusalue.

## 18 TILANLÄMMITYSVERKOSTON PATTEREIDEN VAIHTAMINEN

Ikkunoiden lukumäärien pohjalta arvioiden tilanlämmityspattereita olisi noin 500 kappaletta. Määrä voi olla suurempikin, jos rakennusten keskellä on sisätiloja (esim. pukutilat ja WC), joissa ei ole ulkoikkunoita. Keskimääräinen patterinvaihto kustantaa 1 000 € (alv. 0 %). Tällöin patterinvaihtokustannukset olisivat vähintään 500 000 € (alv. 0 %). Nykyisen järjestelmän hyvän teknisen kunnon vuoksi patterivaihdot eivät nyt ole ajankohtaisia.

Vaihtaminen matalalämpötilaverkoston olisi tarpeellinen **geotermisessä lämmitysjärjestelmässä**. Muissa järjestelmissä ei ole hyötyä matalalämpötilaverkostoista. Geotermisessä lämmitysjärjestelmässä matalalämpötilaverkosto parantaisi järjestelmän vuosihyötysuhdetta (SCOP-luku) sähkönkulutusta pienentäen ja parantaisi energiapaittoa. Tämän vaikutus ostoenergiakustannuksissa olisi noin 20 000 € vuodessa. Koroton ja diskonttaamaton takaisinmaksuaika toimenpiteelle olisi noin 33 vuotta karkeasti. Pattereita ei ole kannattavaa vaihtaa.

## 19 JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN PERIAATTEELLISET TOIMINTAKAAVIOT

Campusalueen järjestelmävaihtoehtojen periaatteelliset toimintakaaviot ovat erillisissä liitteissä materiaaliaineistossa. Periaatteellisissa toimintakaavioissa kuvataan pelkistetyllä mallilla Campusalueen rakennukset, aluelämpöverkosto, lämpölaitos, ulkotekojään lämpökontti ja näiden keskinäinen toiminta. Hybridijärjestelmissä lämpölaitos sisältää lämpöakun ja IVLP-järjestelmän. Maalämpöjärjestelmä, geotermien järjestelmä ja keskitetty IVLP-järjestelmä sisältävät lämpöakun. Kaikki järjestelmät sisältävät varavoimajärjestelmän.

## 20 JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN PÄÄKOMPONENTTIEN SIOITTELU CAMPUSALUEELLE

Järjestelmävaihtoehtojen pääkomponenttien alustavat sijoituspaikat asemakuvan päällä ovat hankesuunnitelman erillisissä liitteissä materiaaliaineistossa. Sijoitettavat pääkomponentit ovat uusi lämpölaitos, ulkotekojään lämpökontti ja geotermisten lämpökaivojen sijoittelu Campusalueelle. Alustavissa sijoittelussa on mukana myös lämpölaitokseen liittyvä polttoaineen toimituksen purkupaikka kääntöpaikkoineen.

## 21 JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN RISKITARKASTELU

Järjestelmävaihtoehtojen riskit sisältävät muun muassa kybervaikuttamisen, energiakriisit, energiamuotojen hinnannousut ja saatavuusongelmat, kriisit yleisellä tasolla, liikenne- ja ratkaisuiden riskit järjestelmävaihtoehtojissa ja energian toimitusvarmuuteen liittyvät riskit. Muita riskejä ovat muun muassa mahdolliset käyttäjien riskit ja vaaratilanteet. Myös EU-taksonomia ja tulevaisuuden EU-lainsäädäntö muun muassa hiilineutraalius- ja ilmastotavoitteisiin liittyen muodostaa riskejä järjestelmävaihtoehtoilta.

Energiamuotojen hintakriisit vaikuttavat erityisesti järjestelmiin, joiden toiminta pohjautuu yhteen energiamuotoon tai hintariskialttiisiin energiamuotoihin, kuten sähköön tai biokaasuun. Hintakriisit ovat muun muassa menneiden vuosien sähkön hintakriisit ja sähkönhinnan hallitsematon nousu. Lisäksi



esimerkiksi maakaasun tuontiongelmien ulkomailta globaalien kriisien myötä on yksi tilanne. Suositeltava vaihtoehto on kotimaiseen energialähteeseen sekä useampaan eri energiamuotoon tukeutuva energijärjestelmä. Tämä vähentää yhden energiamuodon hinnannousuista ja saatavuusongelmista aiheutuvia riskejä. Tähän liittyy myös energian toimitusvarmuuteen liittyvät kansalliset ja kansainväliset riskit. Energian toimitusongelmien varalta on suositeltavaa olla polttoaineella toimiva varavoimageraattori, joka tuottaa sähköenergiaa lämmitysjärjestelmän laitteiston käyttöön, jotta rakennusten lämmitys ei lämmityskaudella pysähtyisi.

Sähkön osalta riskinä on sähköhinnan hallitsematon hinnannousu. Riskiä pienentää sähkön hintasuojaus.

Jos järjestelmässä on lisä- ja varalämmitysmuotona suuritehoiset sähkökattilat, on niiden käytöstä keskusteltava verkonhaltijan kanssa ennen niiden päälle kytkemistä. Kyse on siitä, pysyykö sähköverkko kuorman ja tuotannon suhteen tasapainossa käyttötilanteessa. Merkitys on sitä pienempi, mitä pienempi järjestelmän sähköteho on.

Suuri sähkökattilateho yhdistettynä sähkön hintariskiin ilman hintasuojauksia on suuri riski. Tällöin lämmitys on enimmäkseen tai täysin sähkölämmitteinen ja käytetyn sähkön vuotuiset kustannukset ovat suuret. Suositeltava vaihtoehto on polttoon perustuva lämmitysjärjestelmä tai lämpöpumppuun perustuva lämmitysjärjestelmä, koska niiden sähköteho ja sähkönkulutus on pienempi kuin suoralla sähkölämmityksellä. Vältettävä tilanne on se, että lämmitysenergiantuotanto on ainoastaan sähkökattiloiden varassa ilman lämpöpumppuja tai polttoon perustuvaa tuotantoa ja ostosähköhinta olisi pörssisähköllä ilman hintasuojauksia.

Geotermisen lämmitysjärjestelmän riski on geotermisten lämpökaivojen porausaika, joka on keskimäärin kuusi kuukautta per lämpökaivo. Riskinä on myös geotermisen lämpökaivon porauskustannukset.

Laitteiston toimitusaikoihin liittyy riski. Toimitusajat ovat keskimäärin muutamasta kuukaudesta kahdeksaan kuukauteen komponenttien osalta.

Liikenne- ja ratkaisuiden riskit liittyvät ensisijaisesti kouluympäristössä raskaaseen liikenteeseen, koska tiheällä alueella on raskasta liikennettä sekä kouluikäisiä lapsia. Liikennejärjestelyn riski liittyy myös siihen, miten kaasusäiliölle järjestettäisiin turvallinen kuljetusreitti muut käyttäjät huomioiden.

Kybervaihtamisen riskit järjestelmiin liittyvät erityisesti tietoturvaan ja järjestelmien suojaamiseen. Esimerkiksi internetiin yhdistetyt järjestelmäosat voisivat olla ulkopuolisen tekijän saavutettavissa joko hakkerioimalla tai käyttäjätunnuksilla. Tämän myötä on teoriassa mahdollista, että ulkopuolinen tekijä pystyisi sammuttamaan osan laitteistosta ja siten väliaikaisesti pysäyttämään lämmöntuotannon osittain tai muilla tavoin ohjaamaan järjestelmän toimintaa. Tämä korostuu talvikautena, jolloin lämmitystarve on suurimmillaan. Riski on sitä suurempi, mitä laajempi osa lämmöntuotantolaitteistosta on kytkettynä internetiin. Tietoturva ja suojaus ovat olennainen osa suojautumista.

EU-lainsäädännön ja tulevaisuuden osalta todennäköinen suuntaus lämmöntuotannon osalta on sellainen, että pyritään luopumaan fossiilisista polttoaineista, vähentämään lämmöntuotannon päästöjä, lisäämään uusiutuvan ja päästöttömän energian käyttöä lämmöntuotannossa, vähentämään rakennetun ympäristön päästöjä ja parantamaan rakennetun ympäristön energiatehokkuutta ja pienentämään rakennetun ympäristön energiankulutusta. **Järjestelmävaihtoehdot, jotka täyttävät nämä suuntaviivat, ovat suunnassa EU:n pitkän ajan tavoitteen kanssa.** Vaikutukset yksittäisten tekniikoiden

hyödyntämiseen näiden pitkän ajan tavoitteiden ulkopuolelta ei ole vielä tarkempaa tietoa, mutta tulevina vuosina tulee muutoksia sekä EU-lainsäädäntöön kuten myös kansalliseen lainsäädäntöön. Esimerkiksi kansallinen lainsäädäntö rakennusten energiatehokkuuteen liittyen päivittyy, mutta päivitystyö on työn alla. **Seurauksia on vaikea arvioida tässä vaiheessa.**

## 22 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET ENERGIAHANKESUUNNITELMASTA

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen energiahankesuunnitelmassa tutkittiin nykyisen alueöljylämmitysjärjestelmän korvaavia vaihtoehtoisia järjestelmämalleja. Tarkasteluihin valittujen järjestelmien vertailun myötä kaikki järjestelmät ovat teoriassa toteuttamiskelpoisia ja kattavat Campusalueen lämmitystehon ja lämmitysenergian tarpeet ja kulutukset. Erot tulevat esille mm. investointi- ja energiakustannuksissa, järjestelmien tilantarpeissa ja sijoitteluissa, energiankäytön hiilidioksidipäästöissä, säästöpotentiaaleissa ja takaisinmaksuajoissa.

Energiahankesuunnitelmassa ei ole tarkasteltu seuraavia alla olevia asioita (aloituspalaverin kokouspöytäkirjan ote):

*Tilaja laatii ja arvioi seuraavat osakokonaisuudet, jotka vaikuttavat hankkeen päätöksentekoon: (riskitarkastelussa tiiviisti tarpeen mukaan yleistasolla). Karkea hinta-arvio lämmöntuotantolaitteiden kustannuksista*

- Viranomaisluvut ja kaavoitus
- Liikennejärjestelyt ja tarvittavat muutokset
- Henkilö-, laitos-, alue- ja ympäristöturvallisuus
  - o Hiukkassuodatus, laitosturvallisuus ja valvonta yms.
  - o Kaasulaitoksen räjähdysvaara ja kaasusäiliön sijoituksen riskit yms.

**Järjestelmävaihtoehdoista suositeltu vaihtoehto** on keskitetty maalämpövaihtoehto ilman lämpöakua ja sähköakua. Tämä siksi, koska maalämmöllä on järjestelmävaihtoehdoista pienin ostoenergiankulutus ja ostoenergiakustannus ja täten suurin laskennallinen ostoenergiakustannussäästö. Maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika on toiseksi pienin. Suoran sähkölämmityksen takaisinmaksu aika on pienin, mutta sen riskit ylittävät maalämpöjärjestelmän hyödyt. Maalämpöjärjestelmän varavoiman tarvittava sähköteho on pienempi kuin suoralla sähkölämmitysjärjestelmällä. Maalämpöjärjestelmän lämpölaite mahtuu Campusalueelle Pappilanpellon koulun alustavien maalämpökenttien viereen.

Järjestelmävaihtoehdoista ostoenergiakulutuksen, ostoenergiakustannusten, takaisinmaksuaikojen ja hiilidioksidipäästötason osalta eduksi erottuu lisäksi geoterminen lämmitysjärjestelmä ja keskitetty IVLP-lämmitysjärjestelmä, mutta näiden arvot eivät ole maalämpöä paremmat.

Lämpöakku ei pienennä järjestelmävaihtoehtojen energiankulutusta eikä ostoenergiakustannusta eikä lämpöakku toimi kustannustehokkaana varalämmitysmuotona (toisin kuin polttoainekäyttöinen varavoimageneraattori). Tilanne on toinen, jos campusalueella olisi huomattavasti enemmän lauhdelämpöä saatavissa kuin mitä ulkotekojäästä on saatavissa. Lämpöakun häviöenergia lisää lämmitysenergiankulutusta. Sähkön hintasuojaus estää sähkönhinnan hallitsemattoman nousun, eikä sähkönhintaa vaihtelee merkittävästi, jolloin ei saada hyötyä siitä, että lämpöakua ladataan yöaikaan ostosähköllä.

Sähköakun mahdollista tuottoa reservimarkkinoilta ei voi ennustaa, koska tuotto riippuu hyvin monesta epävarmasta asiasta. Sähköakun kokonaisinvestointiarvio osa-alueet huomioiden voi olla jopa 4 100 000 €. Tulevaisuuden tuottoja ei voi ennustaa. **Investointi on suuri ja riski tuotoista on iso.**

**Ulkotekojään jäähdytyskoneen lauhdelämmön talteenoton ja hyödynnettävyyden osalta havaitaan**, että talteen otetun ja hyödynnettävän lauhdelämpöenergian määrän arvioiminen on haastavaa, koska määrä ja hyödynnettävyysaste riippuu monesta tekijästä, joiden epävarmuustekijät ovat suuret. Arvioinnin epävarmuus on +/- 25 %. Arvioitu hyödynnettävän lauhdelämmön määrä on muutamia kymmeniä megawattitunteja vuodessa, mikä on pieni osa koko Campusalueen lämmitysenergiankulutuksesta.

**Hiilidioksidin talteenoton osalta havaitaan**, että tekniikka on kokeiluasteella teollisuudessa, eikä nyt ole pienille tai keskisuurille käyttäjille suunnattuja tuotteita markkinoilla. **Hiilidioksidipäästöjen osalta havaitaan**, että järjestelmävaihtoehdoilla on merkittävästi pienemmät hiilidioksidipäästötasot nykyiseen järjestelmään verrattuna. Tämä aiheutuu siitä, että nykyisen järjestelmän öljyn hiilidioksidipäästökerroin on enemmän kuin minkään muun tarkastellun energiamuodon päästökerroin. Lisäksi hakkeen ja biokaasun hiilidioksidipäästökerroin on lämmöntuotannossa  $0 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}_{\text{hake}}$  ja  $0 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}_{\text{biokaasu}}$ .

**Savukaasujen puhdistusjärjestelmän osalta havaitaan**, että sähkösuodatin on suositeltavampi ratkaisu kuin syklonisuodatin, koska sähkösuodattimen puhdistus- ja erotuskyky pienhiukkasten ja muiden päästöjen osalta on merkittävästi parempi. Täten se soveltuu syklonia paremmin kouluympäristöön.

**Kirkkoniemen koulun liittäminen nykyiseen aluelämpöverkoston osalta havaitaan**, että liittämisen investointikustannukset ovat uuden aluelämpölinjan ja Campusalueen lämpölaitoksen muutostöiden osalta vähintään 450 000 € (alv. 0 %). Liittymisen myötä etuna on Kirkkoniemen koulun öljylämmityksen poistuminen käytöstä ja öljylämmityksen aiheuttamien päästöjen poistuminen kouluympäristöstä. Öljylämmityksen myötä arviolta 62 000 € vuosittaiset öljykustannukset poistuisivat. Liittymisen takaisinmaksuaika on arviolta 6 vuotta.

Nykyisen aluelämpöverkoston ikä on alle 30, mikä on vähemmän kuin aluelämpöverkoston putkiston tekninen käyttöikä. Ei ole havaittu vuotoja tai muita ongelmia verkostossa. Aluelämpöverkosto arvioidaan olevan hyvässä kunnossa ja siten hyödynnettävissä ilman (merkittäviä) korjaustarpeita. Rakennusten mitoitustehot eivät muutu, koska rakennusten lämmitystehot eivät muutu, joten aluelämpöverkoston nykyiset putkikoot ovat riittäviä myös uusissa järjestelmissä.

EU-lainsäädännön ja tulevaisuuden näkymien osalta kehityssuunta on siirtyminen uusiutuviin energiamuotoihin, energiatehokkuuden parantamiseen, vähähiilisyyteen ja hiilineutraalisuuteen sekä rakennusten energiankulutusten päästöjen vähentämiseen. **EU-tasolla direktiivit ovat päivitysasteella**, kuten myös niiden päivittämisen jälkeen muotoiltavat kansalliset lait ja asetukset. Ei vielä ole tietoa siitä, miten päivitykset vaikuttavat yksittäisten teknologioiden hyödyntämiseen lämmöntuotannossa, koska päivitystyö on vielä käynnissä.

**Järjestelmien pääkomponenttien Campusalueelle sijoittelun osalta havaitaan**, että soveltuvin paikka järjestelmien lämpölaitosten sijoittamiseen on Pappilanpellon koulun viereinen nurmialue, koska ulkotekojään vierelle tulee uusi huoltorakennus ja Pappilanpellon ja yleisurheilukentän välinen alue on tilaltaan pieni ja kalteva. Ulkotekojään jäähdytyskone kytketään järjestelmään lauhdelämmön hyödyntämiseksi.

**Järjestelmien riskien osalta merkittävimmät ovat energian hintariskit ja hallitsematon hinnannousu, kuten myös ulkoiset sähkökatkot ja yhden ostoenergiamuodon varassa toimivat järjestelmät.** Useamman eri ostoenergiamuodon hyödyntäminen lämmöntuotannossa pienentäisi hintariskin vaikutuksia. Hintariskiä pienentää myös sähköhinnan nykyinen hintasuojaus. Varavoimakoneen hyödyntäminen sähkökatkon aikana pienentää riskiä lämmöntuotannon keskeytymiseen. Kyberuhista teoriassa merkittävin on se, jos ulkopuolinen tekijä onnistuisi kirjautumaan tai hakeroitumaan sisälle järjestelmään ja sitä kautta ohjaamaan järjestelmän toimintaa.

**Energian tulevista hinnoista on huomioitava, että energiahintojen ennustaminen on vaikeaa, ellei mahdotonta.**



Tuomo Reponen

Energia-asiantuntija ja LVI-suunnittelija, DI

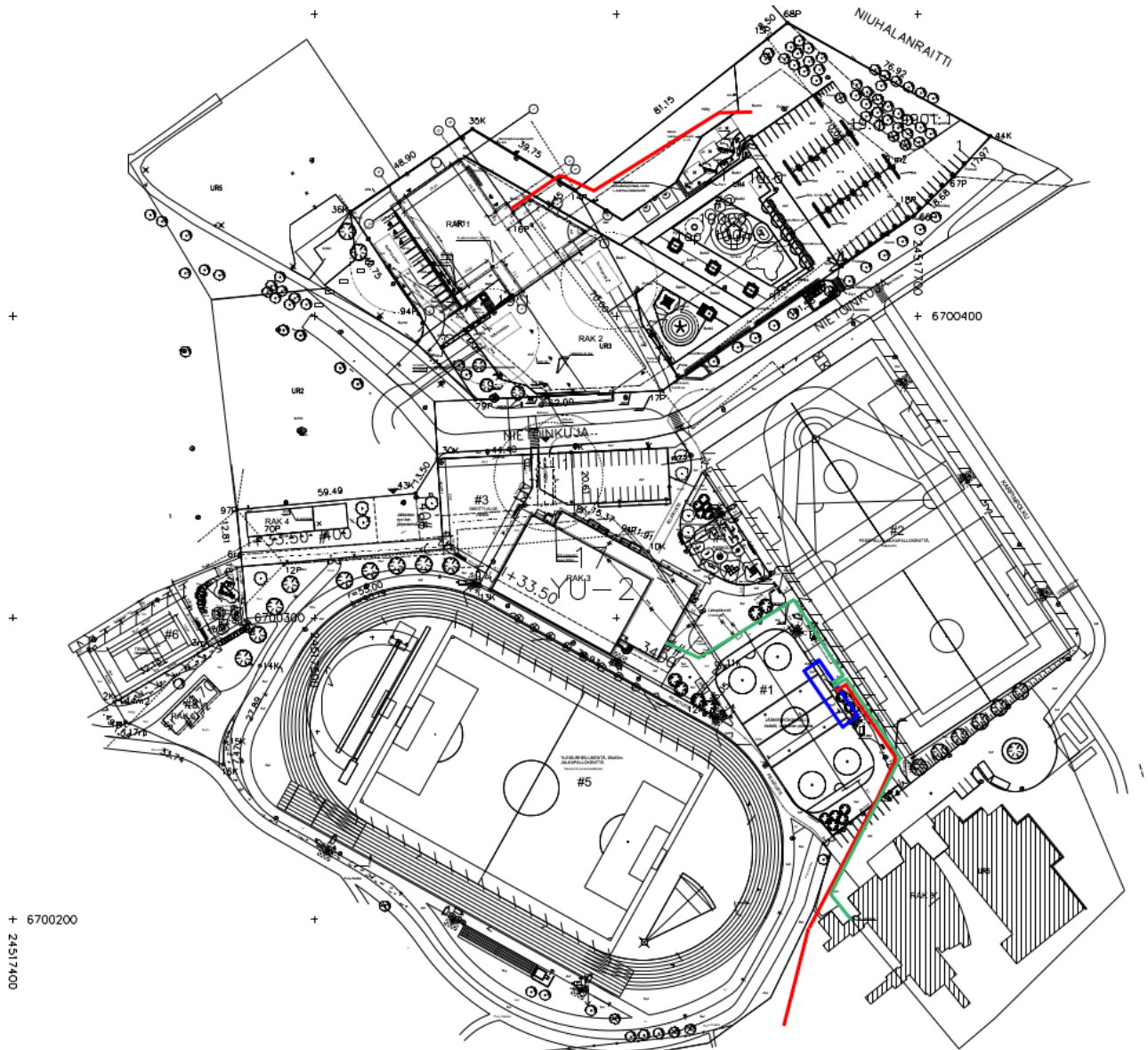
puh. 050 524 3271

A-insinöörit Suunnittelu Oy

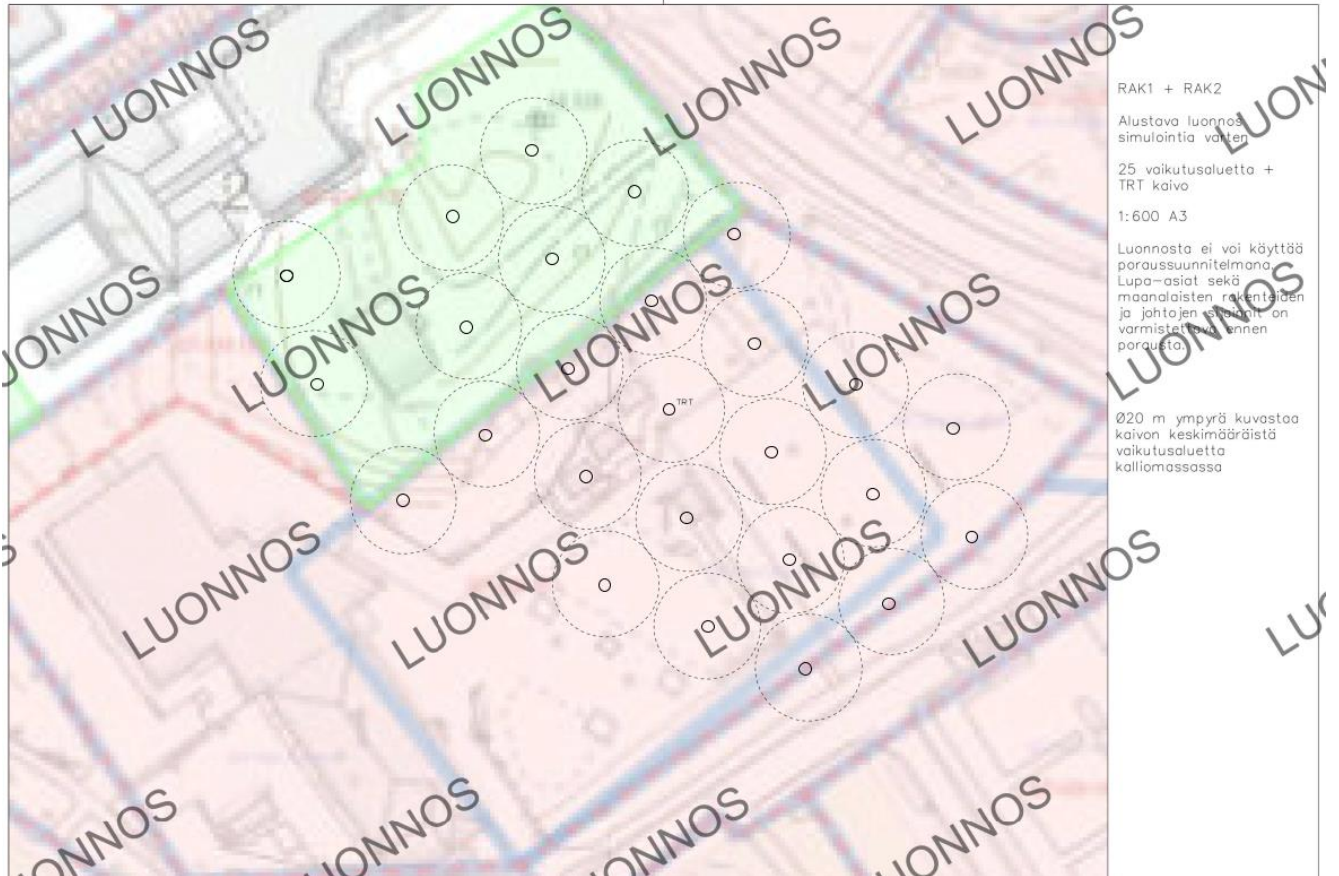
[tuomo.reponen@ains.fi](mailto:tuomo.reponen@ains.fi)

## 23 LIITTEET

### 23.1 Maalämpövaihtoehdon 1 alustavat putkireititykset Kirkonkylän Campusalueella

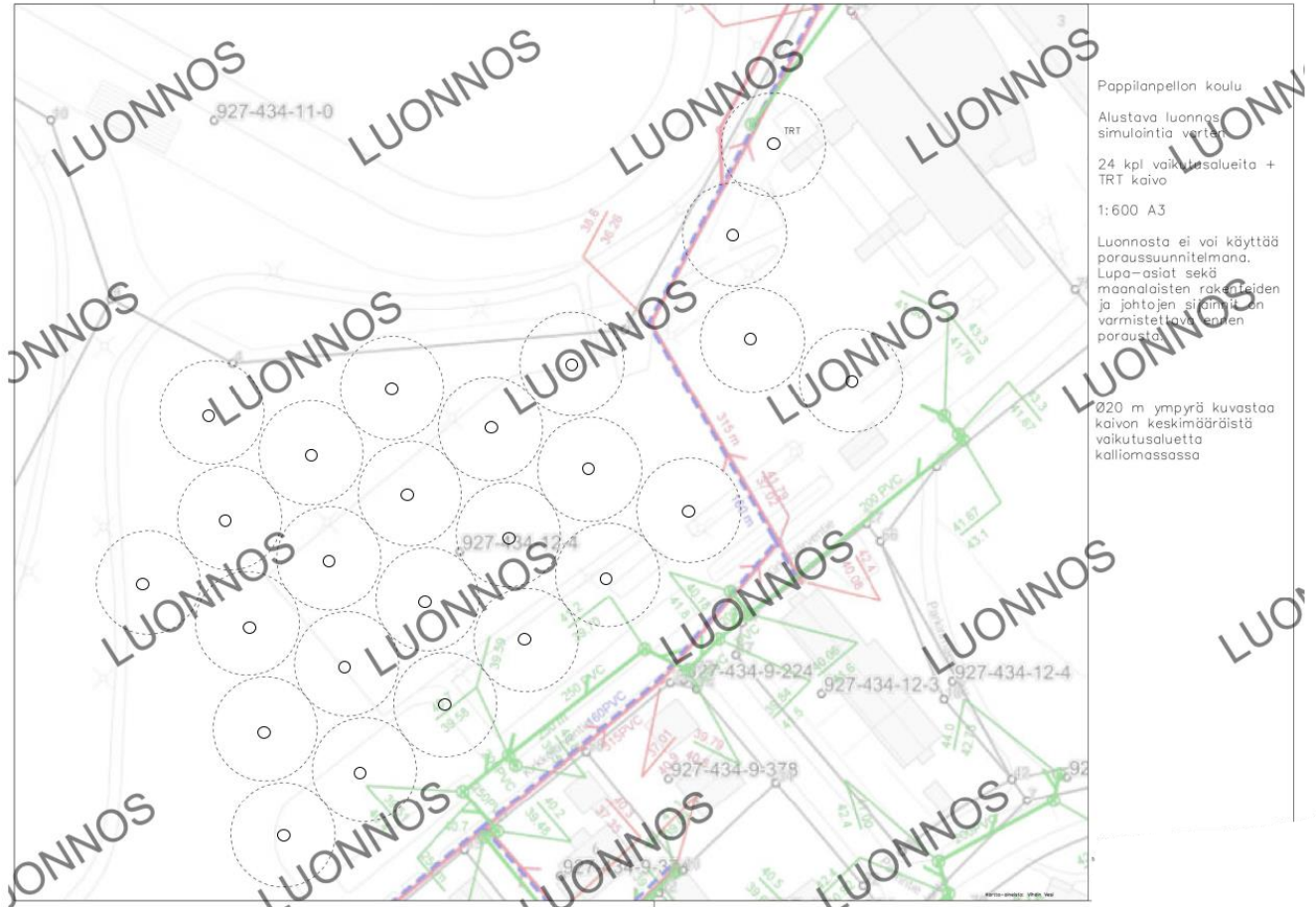


### 23.2 Vihko-koulukeskuksen maalämpökaivokentän alustava sijoitus maalämpövaihtoehdossa 1



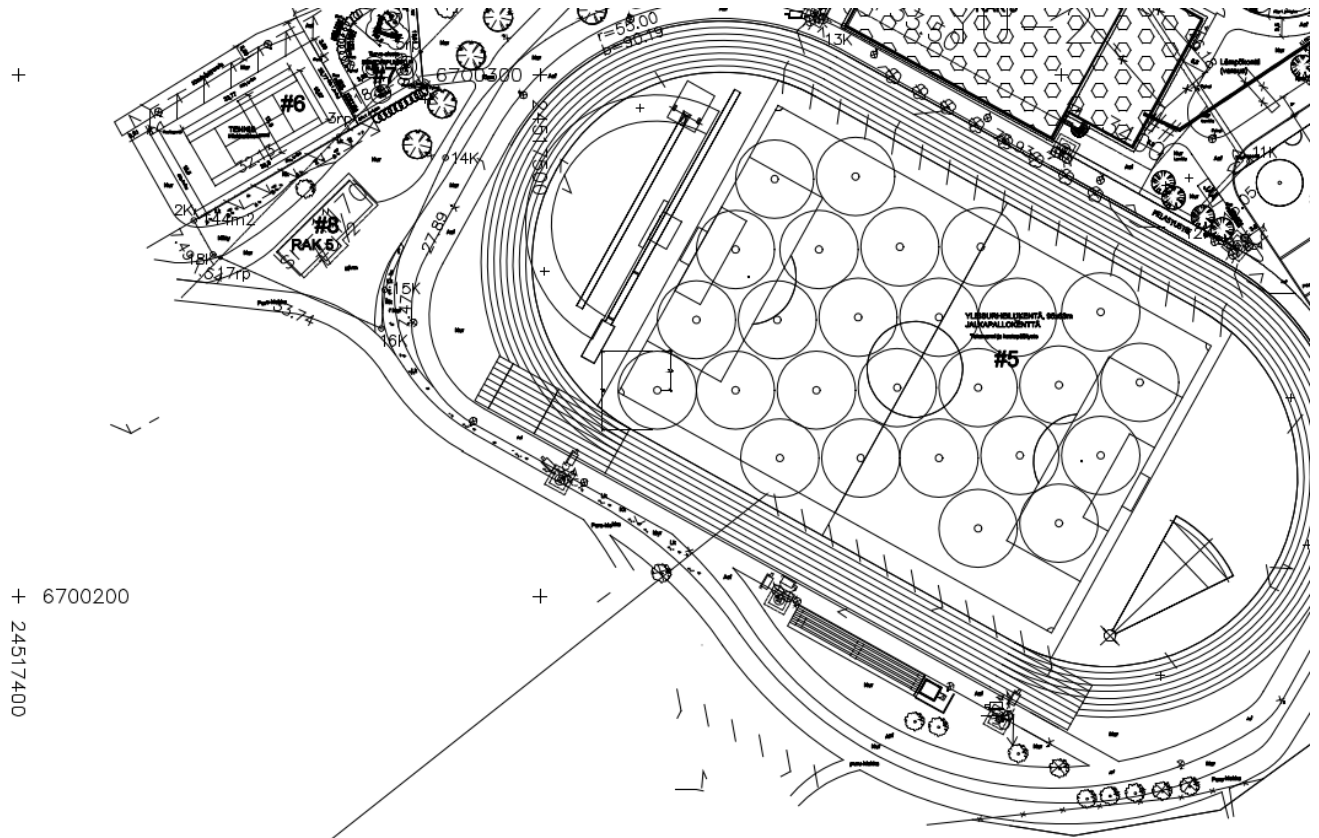


### 23.3 Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpökaivokentän alustava sijoitus maalämpövaihtoehdoissa 1 ja 2





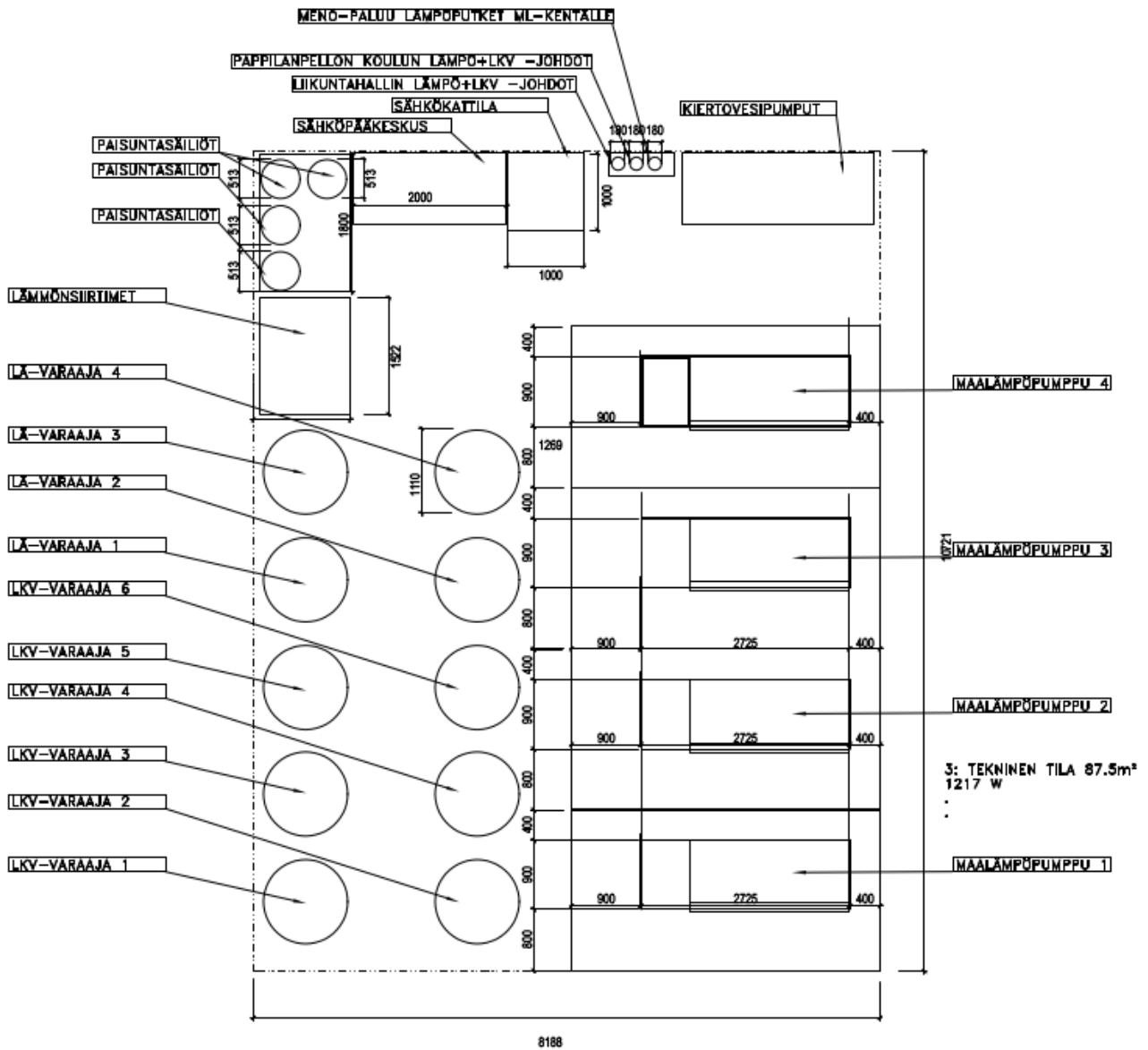
### 23.4 Yleisurheilukentän maalämpökaivokentän alustava sijoitus maalämpövaihtoehdossa 2



YLEISURHEILUKENTÄN  
MAALÄMPÖKENTTÄ

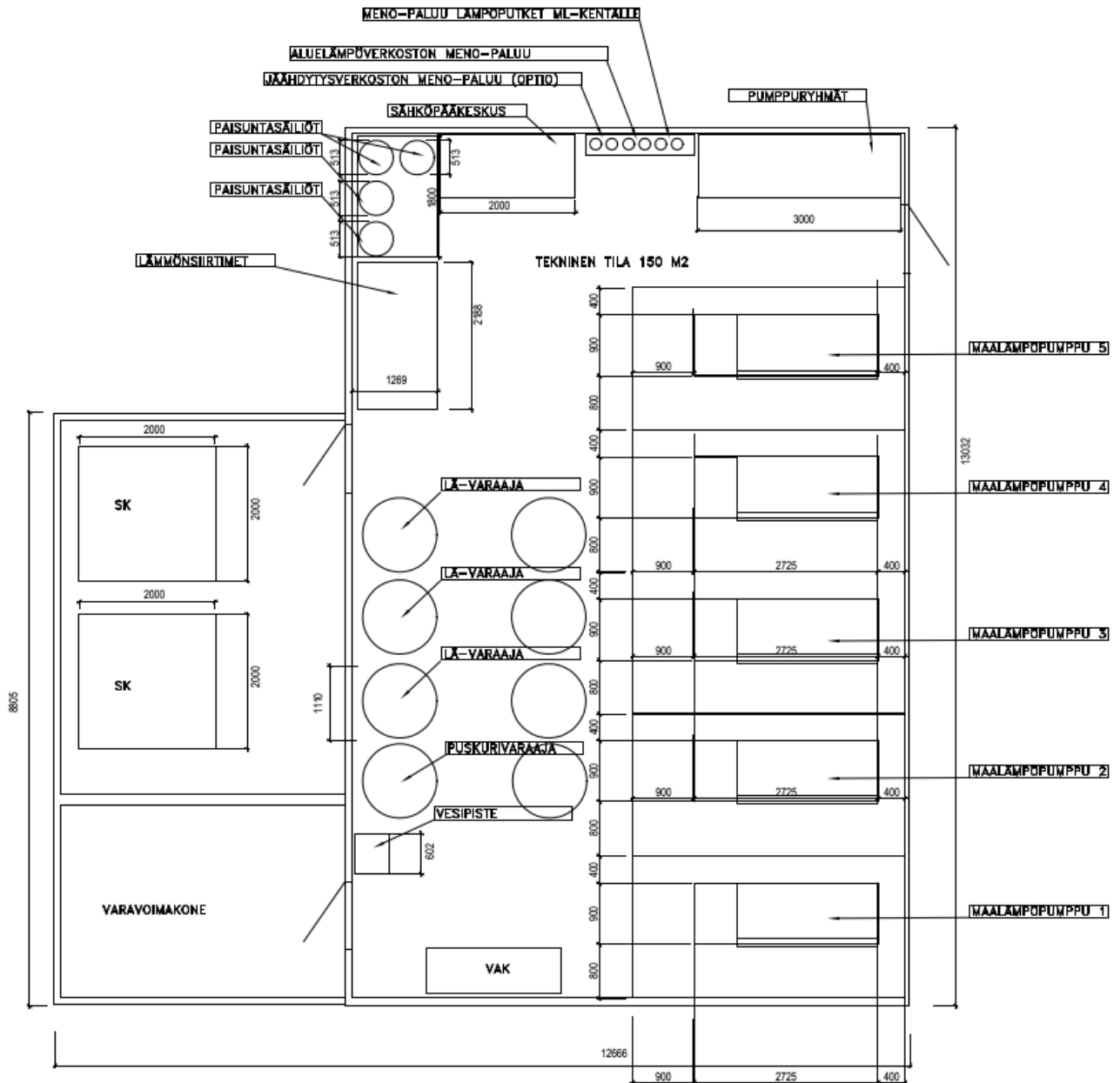


**23.6 Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmän alustavat tilavaraukset maalämpövaihtoehto 1**



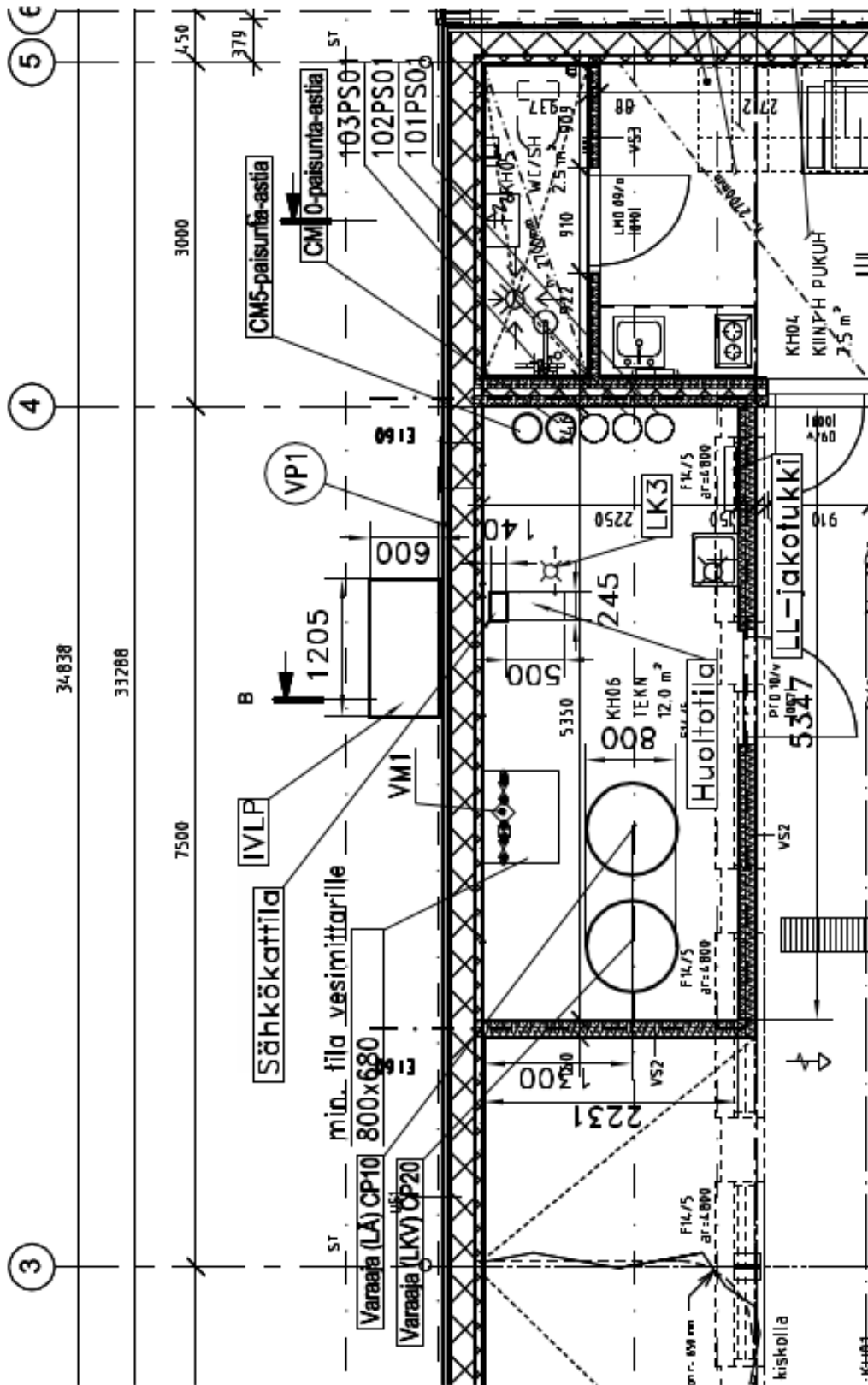
### 23.7 Keskitetyn maalämpöjärjestelmän lämpölaitoksen alustavat tilavaraukset maalämpövaihtoehto 2

KESKITETTY MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄ: ALUSTAVA TILAVARAUS





23.9 Kalustohallin alustavat tilavaraukset



### 23.10 Kalustohallin alustava IVLP-laiteluettelo

TUOTE	LVI-NUMERO	LKM
F2120-20 3X400V	5362006	1
MAATELINE F2120/S215	5362036	1
NIBE KVR11-30	5362918	1
CPD 11-25/75 LATAUSPUMPPU	4630401	1
SMO S40	5362069	1
VST 20 VAIHTOVENTTIILI 35 MM	5361562	1
VLP 500 R LÄMPÖPUMPPUVARAAJA	5271025	1
UTT-3623 6kW 2" VASTUS	5270178	2
CU3N 20A KYTKENTÄRASIA	5271080	2
HR 10 APURELE	5361563	1
AXC 30 LISÄVARUSTEKORTTI	5362084	1
UKV 20-300 LÄMPÖPUMPPUVARAAJA	5362027	2
ELK 26 SÄHKÖKATTILA	5069005	1
ECS 41 SHUNTTIRYHMÄ	5361547	2

23.11 Maalämpövaihtoehdon 2 alustava laiteluettelo

LAITETUNNUS	LAITTEEN NIMITYS	LAITTEEN TYPPI	TEKNISET ARVOT	VANHA LAITE	HANKKII/ASENTAA	LISÄTIETOJA
MLP1	MAALÄMPÖPUMPPU	ESIM. OILON CHILLHEAT RE-420	TEHO 420 kW			
MLP2	MAALÄMPÖPUMPPU	ESIM. OILON CHILLHEAT RE-420	TEHO 420 kW			
MLP3	MAALÄMPÖPUMPPU	ESIM. OILON CHILLHEAT RE-420	TEHO 420 kW			
MLP4	MAALÄMPÖPUMPPU	ESIM. OILON CHILLHEAT RE-420	TEHO 420 kW			
MLP5	MAALÄMPÖPUMPPU	ESIM. OILON CHILLHEAT RE-420	TEHO 420 kW			
P1	MAAPIIRIN KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P2	MAAVILLEÄN KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P3	KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P4	KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P5	KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P6	KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P7	KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P8	KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P9	KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P10	KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P11	KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P12	KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
SHK1	SÄHKÖKATTILA					
SHK2	SÄHKÖKATTILA					
V1	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄMMITYSVERKOSTON VARAAJA			
V2	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄMMITYSVERKOSTON VARAAJA			
V3	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄMMITYSVERKOSTON VARAAJA			
V4	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄMMITYSVERKOSTON VARAAJA			
V5	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄMMITYSVERKOSTON VARAAJA			
V6	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄMMITYSVERKOSTON VARAAJA			
V7	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄMMITYSVERKOSTON VARAAJA			
V8	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄMMITYSVERKOSTON VARAAJA			
PA1	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
PA2	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
PA3	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
PA4	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
VVK	VARAVOIMAKONE					
LS	LÄMMÖNSIIRIN	LÄ-LÄMMÖNSIIRIN				
LS	LÄMMÖNSIIRIN	LÄ-LÄMMÖNSIIRIN				



**23.12 Alustava uuden huoltohallin sijoituspaikka (sininen viivoitettu alue)**



*Kuva 3. Liikuntapuiston yleissuunnitelma*

23.13 Ote asemakaavasta (Vihdin karttapalvelu)

