

Energiajärjestelmäselvitys

Päiväys 22.03.2019
Projekti Kauniaisten Nuorisotalo
Osoite Läntinen koulupolku 1-3
02700 Kauniainen

Hankesuunnitteluvaihe



Sisällys

1	Johdanto	2
2	Tekniset järjestelmät ja liittymät	3
2.1	Ilmanvaihto	3
2.2	Sähköjärjestelmä	3
2.3	Lämmitysjärjestelmä	3
2.4	Kaukolämpöliittymä	4
3	Lämmitysjärjestelmän elinkaarivertailu	5
3.1	Lämmitysenergian kulutus	5
3.2	Investointi- ja käyttökustannukset	6
3.3	Elinkaarilaskelmat	7
3.4	Maakenttä	8
4	Aurinkosähkö ja aurinkolämpö	10
4.1	Paviljonkirakennuksen aurinkosähkön tuotto	11
5	Elinkaarilaskelmien lähtötiedot	12

1 Johdanto

Tässä raportissa esitetään Kauniaisten Nuorisotalon lämmitysjärjestelmän elinkaarivertailu, aurinkosähköselvitys sekä aurinkolämpöselvitys. Kohde on vuonna 1909 valmistunut 1 290 m² laajuuden suojeltu nuorisotalo (kuva 1).



Kuva 1. Kauniaisten Nuorisotalo.

Tässä tarkastelussa vertaillaan seuraavia mahdollisia lämmitysvaihtoehtoja:

1. **VE 1: Kaukolämpö:** Nykytilanne, tilalämmitys ja lämmin käyttövesi tuotetaan lämmönvaihtimilla kaukolämpöverkosta.
2. **VE 2: Maalämpöjärjestelmä:** Rakennus varustetaan maalämpöpumpuilla ja maakentällä. Maalämpöpumput keräävät lämpöä kallioperästä ja siirtävät sen rakennuksen lämmitysjärjestelmään ja käyttövesivaraajaan. Maalämpöpumppujen kompressorit on mitoitettu osateholle (~30 %) ja huipputeho tuotetaan sähkövastuksilla.
3. **VE 3: Maalämpöjärjestelmä ja kaukolämpö:** Rakennus varustetaan maalämpöpumpuilla ja maakentällä. Maalämpöpumput keräävät lämpöä kallioperästä ja siirtävät sen rakennuksen lämmitysjärjestelmään ja käyttövesivaraajaan. Maalämpöpumppujen kompressorit on mitoitettu osateholle (~30 %) ja huipputeho tuotetaan kaukolämmöllä.

Vertailtaville vaihtoehdoille laskettiin investointikustannukset sekä vuosittaiset kustannukset. Vertaamalla näitä tekijöitä vuosittaisiin ostoenergiassa saatuihin säästöihin, voidaan ehdotettujen järjestelmien elinkaaren aikaisia kustannuksia vertailla. Laskelmissa on pyritty ottamaan huomioon kaikki mahdolliset kustannuksiin vaikuttavat tekijät, jotta todelliset elinkaarenaikaiset kustannukset vastaisivat tässä raportissa esitettyjä arvoja.

2 Tekniset järjestelmät ja liittymät

2.1 Ilmanvaihto

Rakennuksen peruskorjauksen jälkeinen ilmanvaihto toteutetaan avustettuna painovoimaisena ilmanvaihtona. Avustetussa painovoimaisessa ilmanvaihdossa painovoimaista ilmanvaihtoa tehostetaan rakennuksen käytön tarpeen mukaisesti. Energiajärjestelmäselvityksen lähtötiedoksi saatiin LVI-suunnittelijalta seuraavat tiedot rakennuksen ilmanvaihdosta:

- Rakennuksen käytönaikainen kokonaisilmamäärä on noin 0,8 m³/s
 - Rakennus käytössä noin 8 tuntia vuorokaudessa
- Rakennuksen käytön ulkopuolinen kokonaisilmamäärä on noin 0,5 m³/s
- Rakennuksen ilmamäärät mitoitustilanteessa ovat noin 1,25 m³/s

2.2 Sähköjärjestelmä

Rakennuksen sähköjärjestelmä uusitaan kokonaisuudessaan peruskorjauksen yhteydessä. Sähkösuunnitelmissa on huomioitava riittävät varaukset energiajärjestelmien laitteille. Rakennuksen sähköliittymän tehoa on korotettava tarvittaessa. Näitä asioita tulee tarkentaa myöhemmissä suunnitteluvaiheissa.

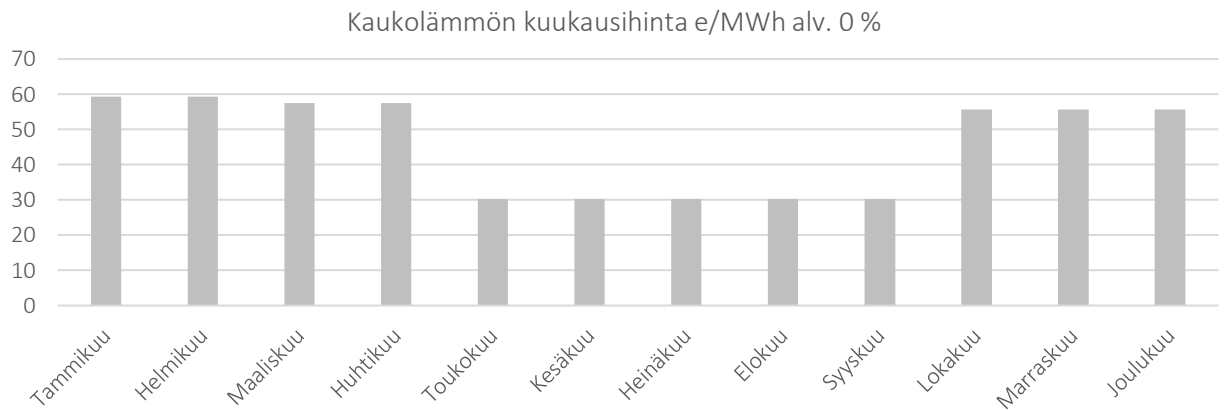
2.3 Lämmitysjärjestelmä

Nuorisotalo lämmitetään nykyhetkellä kaukolämmöllä käyttäen vesikiertoisia radiaattoreita. Lämpö jaetaan yhden lämmönjakohuoneen kautta kaikkiin rakennuksen osiin. Kohde on liitettyä Fortumin kaukolämpöverkkoon ja kaukolämpökeskus on vuodelta 2006, joten kaukolämpökeskuksesta on käyttöikää jäljellä noin 5 vuotta. Rakennuksen lämmitystehontarve ennen peruskorjausta on ollut 210 kW. Peruskorjauksen jälkeinen lämmitystehontarve määritettiin IDA ICE 4.8 -ohjelmalla suoritetulla simulaatiolla ja lämmitystehontarpeen todettiin olevan **170 kW**.

Lämmönjakojärjestelmä uusitaan kokonaisuudessaan peruskorjauksen yhteydessä. Maalämpöjärjestelmä toimii korkeammalla hyötysuhteella lämmönjakojärjestelmän matalammassa verkostolämpötiloissa, joten lämmönjakojärjestelmän mitoituksessa tulisi pyrkiä mataliin verkostolämpötiloihin.

2.4 Kaukolämpöliittymä

Fortum käyttää kaukolämmön energian myynnissään kausihinnittelua, jossa hinta vaihtelee vuodenajan mukaan. Kaukolämmön arvonlisäverottomat hinnat näkyvät kuvaajassa 1.



Kuvaaja 1: Kaukolämmön kuukausikohtaiset hinnat.

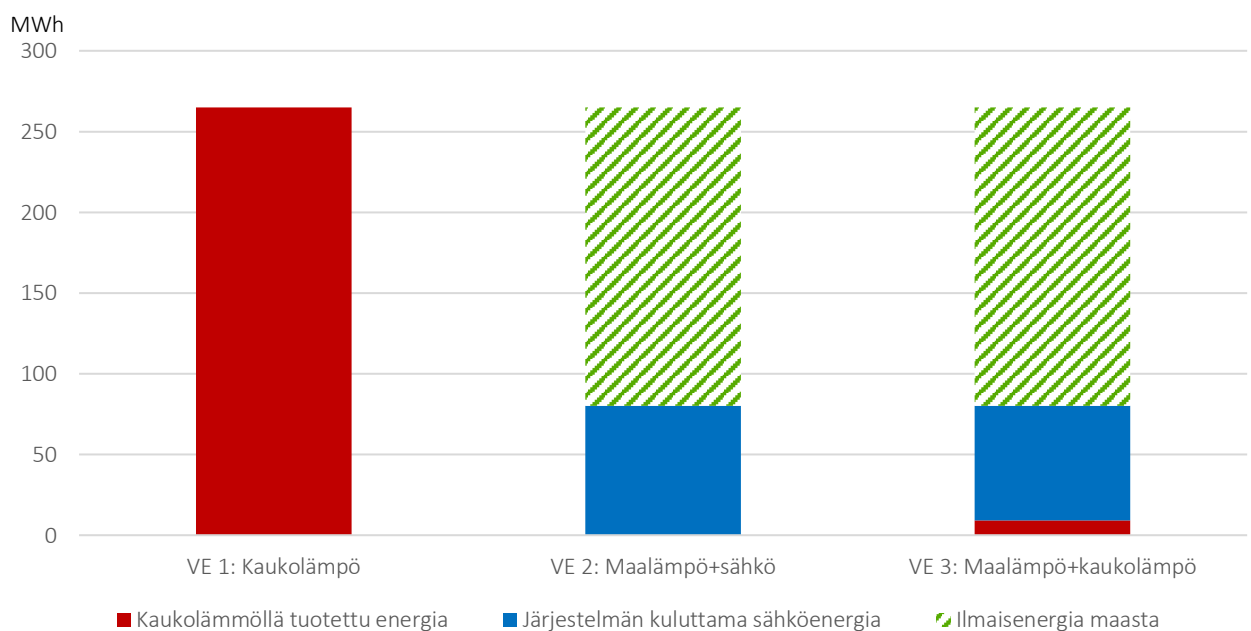
3 Lämmitysjärjestelmän elinkaarivertailu

3.1 Lämmitysenergian kulutus

Rakennukseen tehdään peruskorjauksen yhteydessä merkittäviä muutoksia, joilla on suuri vaikutus rakennuksen lämpöenergian kulutukseen. Tästä syystä peruskorjausta edeltäviä energiankulutus-tietoja ei voi käyttää elinkaarilaskennan lähtötietoina. Arvio peruskorjauksen jälkeisestä lämmitys-energian vuosikulutuksesta määritettiin IDA ICE 4.8 -ohjelmalla suoritetulla simulaatiolla. Tarkempi energian tarve tulee määrittää toteutussuunnitteluvaiheessa. Rakennuksen teknisten järjestelmien alustava lämmitysenergian tarve on simulaation perusteella:

- Tilalämmitysjärjestelmä: **255 MWh**
- Lämmin käyttövesi: **10 MWh**

Lämpöenergian tuotannon jakautuminen eri lämpöenergianlähteille eri järjestelmävaihtoehdoilla voidaan nähdä kuvaajasta 2.



Kuvaaja 2: Vertailtavien lämmöntuotantotapojen vuosittainen energian kulutus.

Kuvaajasta 2 voidaan nähdä, että maalämpöjärjestelmällä energiayhtiöiltä hankitun energian määrä putoaa noin kolmannekseen aiemmasta. Osateholle mitoitetulla maalämpöjärjestelmällä tulee vuoden kylmimpinä päivinä tuottaa osa lämpöenergiasta muilla kuin lämpöpumppujen kompressoreilla. Vaihtoehdossa 2 tämä lämpöenergia tuotetaan sähkövastuksilla ja vaihtoehdossa 3 kaukolämmöllä.

3.2 Investointi- ja käyttökustannukset

Lämmitysjärjestelmien investointikustannukset määritettiin alustavasti Sitowisen aiempien vastaavien hankkeiden hintatietojen perusteella. Maalämpöjärjestelmän alustavat investointikustannukset (alv. 0 %) ovat seuraavat:

- Lämpöpumput ja muut lämmönjakohuoneen LVI-laitteet: 35 000 Eur
- Suunnittelu- ja asennuskustannukset: 35 000 Eur
- Maalämpökenttä: 55 000 Eur

Järjestelmän kokonaiskustannusten hinta-arvio on täten **125 000 Eur**, alv. 0%. Huoltokustannusten arvioitiin olevan vuosittain noin 0,5 % laitteiden investointikustannuksista. Maalämpöjärjestelmän kanssa rinnan toimiva kaukolämpöliittymä vaatii uuden kaukolämpökeskuksen ja tämän kustannuksen arvioitiin olevan 10 000 Eur, alv. 0%. Maalämpöjärjestelmien kustannuksissa varauduttiin myös sähköliittymän mahdolliseen korottamiseen ja nämä kustannukset löytyvät elinkaarilaskelmien lähtötiedoista raportin osiosta 5.

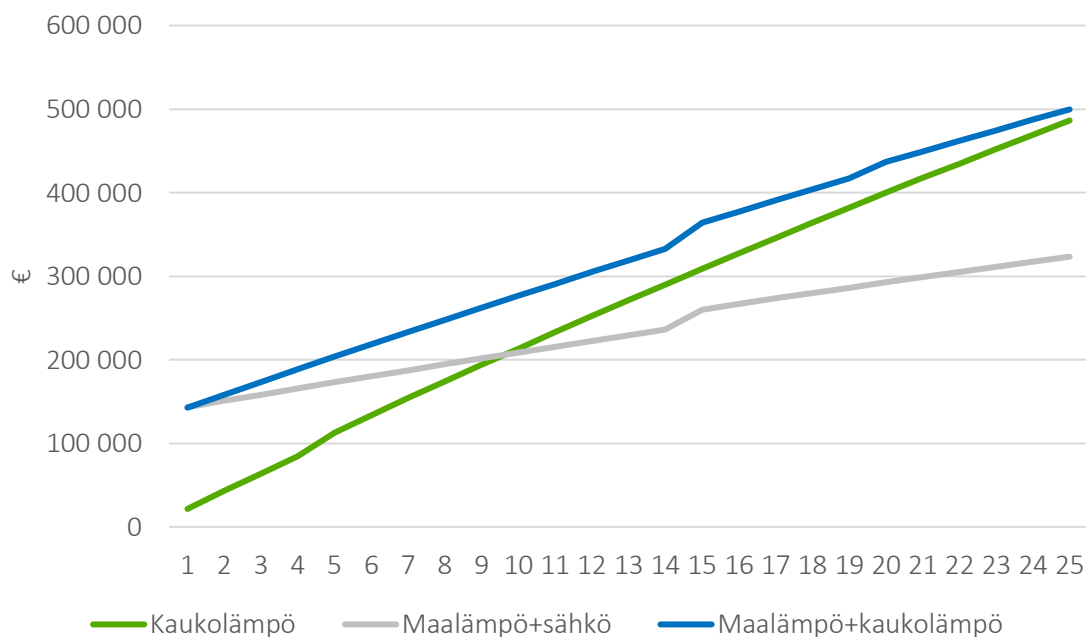
Käyttökustannukset laskettiin Fortumin kaukolämmön keskimääräisellä hinnalla 49 Eur/MWh ja sähkön hinnan arviolla 90 Eur/MWh.

3.3 Elinkaarilaskelmat

Lämmitysvaihtoehtojen vertailussa oletettiin energian hintojen nousevan vuosittain 2 % ja diskonttokorkona käytettiin 3 % lukemaa. Elinkaarilaskelmien tulokset voidaan nähdä taulukossa 1 ja kuvaajassa 3.

Taulukko 1. Elinkaarilaskennan tulokset

		VE 1	VE 2	VE 3
Investointikustannus	Eur	0	136 000	127 000
Vuotuiset käyttökustannukset	Eur	21 300	7 200	15 100
Vuotuiset korjauskustannukset	Eur	0	350	350
Elinkaarenaikaiset uusintakustannukset	Eur	8 000	20 000	28 000
Kokonaiskustannukset 25 vuoden kuluttua	Eur	486 000	323 000	500 000



Kuvaaja 3: Vertailtavien vaihtoehtojen elinkaarikustannusten nettonykyarvo.

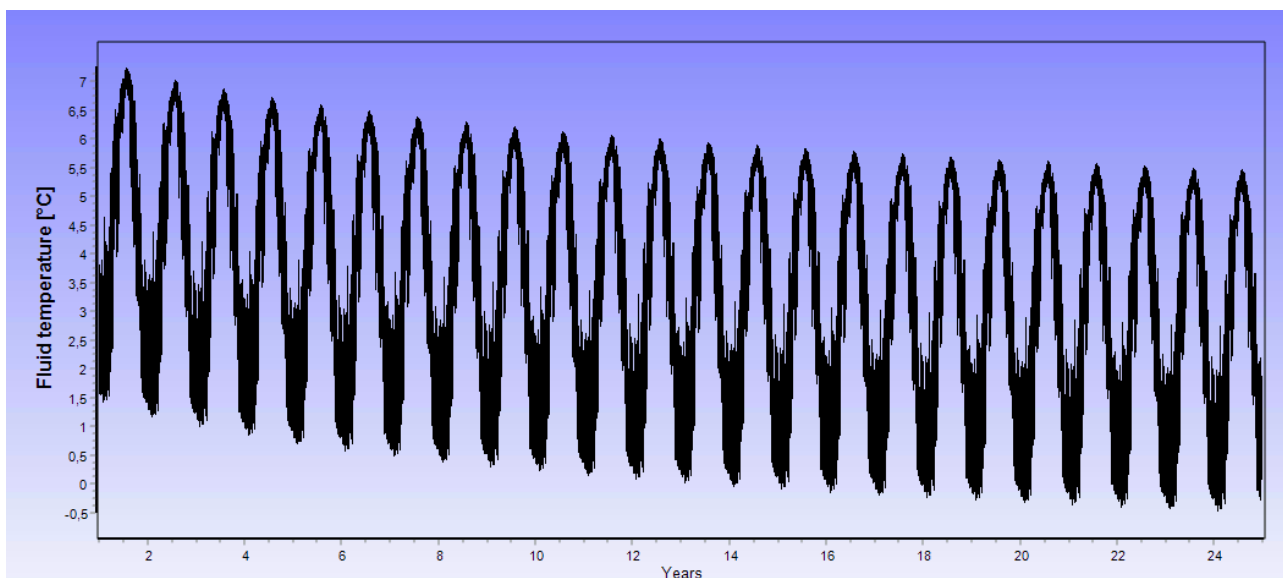
Kuvaajasta 3 ja taulukosta 1 nähdään, että 25 vuoden tarkastelujaksolla VE 2 muodostuu kustannuksiltaan halvimmaksi tavaksi tuottaa rakennuksen tarvitsema lämpöenergia. Suurin ero vuosittaisissa säästöissä aiheutuu kaukolämmön vuosittaisesta perusmaksusta, joka nostaa vaihtoehtojen 1 ja 3 vuosikustannuksia. Suunnittelijan ehdotus valittavaksi energiajärjestelmäksi on **vaihtoehto 2: Maalämpöjärjestelmä**.

3.4 Maakenttä

Tontin kohdalla oleva kallioperä on Geologian Tutkimuskeskuksen Maankamara -palvelun perusteella kvartsimaasälpägneisiä, jonka lämmönjohtavuus on keskimäärin 3,5-3,8 W/mK. Kallioperän lämpötilan voidaan olettaa olevan Etelä-Suomelle tyypillinen ~ 6 °C. Maalämpökentän toimintaa tutkittiin alustavasti Earth Energy Designer (EED) -ohjelmistolla kyseiselle kallioperälle ja elinkaari-laskelmien mukaiselle maalämpöjärjestelmälle. Tarkastelussa kentästä otettiin lämpöä maksimissaan 43 kW teholla. Teho asetettiin tähän lukemaan, sillä tavoite-energiälaskelmien tulosten perusteella sillä saavutetaan yli 95 % vuosittainen energiapeliteito.

Kentän alustava koko määritettiin EED:n optimointityökalun avulla määrittämällä menevän ja palaavan keruuliuksen keskilämpötilan alimmaksi sallituksi arvoksi -1 °C. Tulosten mukaan järjestelmän toiminnalle riittää 1800 m aktiivisyvyyden maakenttä (esim. 6 x 300m kaivoja).

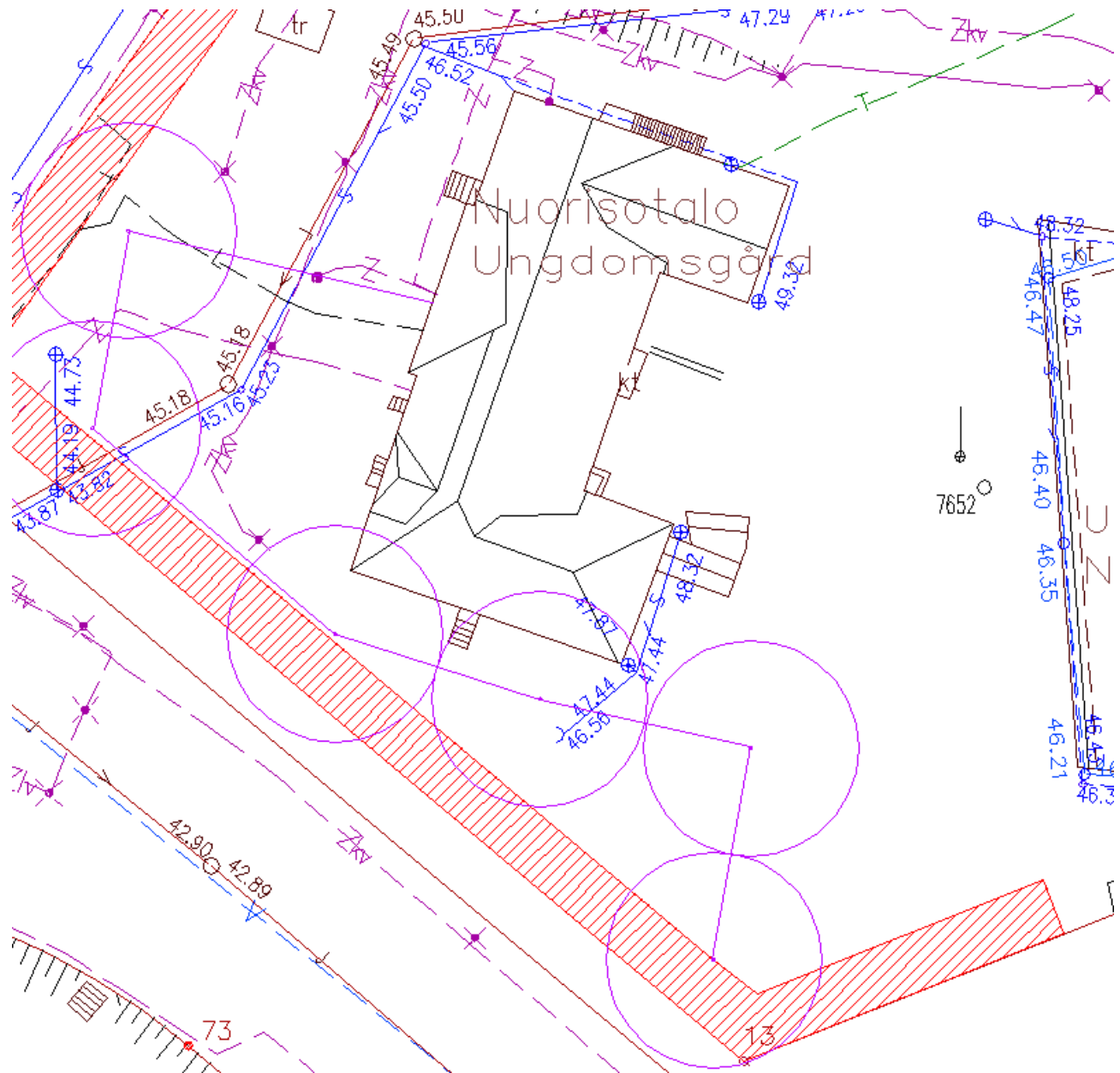
Kenttään menevän ja palaavan nesteen keskilämpötilat 25 vuoden aikajaksolla voidaan nähdä kuvassa 2.



Kuva 2. Kenttään menevän ja palaavan nesteen keskilämpötilat 25 vuoden aikajaksolla.

Kuvasta 2 voidaan nähdä, että maakentän talviaikoina toteutuva minimilämpötila madaltuu järjestelmää käytettäessä, sillä maakentästä otetaan vuosittain noin 200 MWh lämpöenergiaa. 25 vuoden kuluttua talvella keruuliuksen keskilämpötilan minimiarvo on noin $-0,5$ °C.

Alue ei sijaitse maalämpökentän toteutusta rajoittavalla pohjavesialueella, joten ainoa maakentän toteutusta rajoittava tekijä on tontin koko ja tontilla sijaitsevat maanalaiset johdot sekä rakenteet. Nämä tekijät ja alustava hahmotelma mahdollisesta maalämpökentästä on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Yksi mahdollinen konfiguraatio maalämpökentälle.

Kuvassa 3 on esitetty maalämpökaivot violeteilla pisteillä. Kaivot on asetettu noin 15 m välein ja kaivojen väliset etäisyydet on havainnollistettu violeteilla ympyröillä (säde 7,5 m). Kiinteistön raja-alueen varoalue (4 m) on havainnollistettu kuvassa punaisella katkoviivalla. Kuvassa näkyvät myös tontilla sijaitsevat johdot ja kaapelit. Kuvassa näkyvällä kaivosijoittelulla on pyritty välttämään tontin viheralueita sekä maanalaisia johtoja/viemäreitä. Maakentän tarkempi suunnittelu tulee tehdä toteutussuunnitteluvaiheessa, mutta kuvasta 3 voidaan kuitenkin nähdä, että energiajärjestelmän tarvitsema maakenttä voidaan toteuttaa kiinteistön alueelle.

4 Aurinkosähkö ja aurinkolämpö

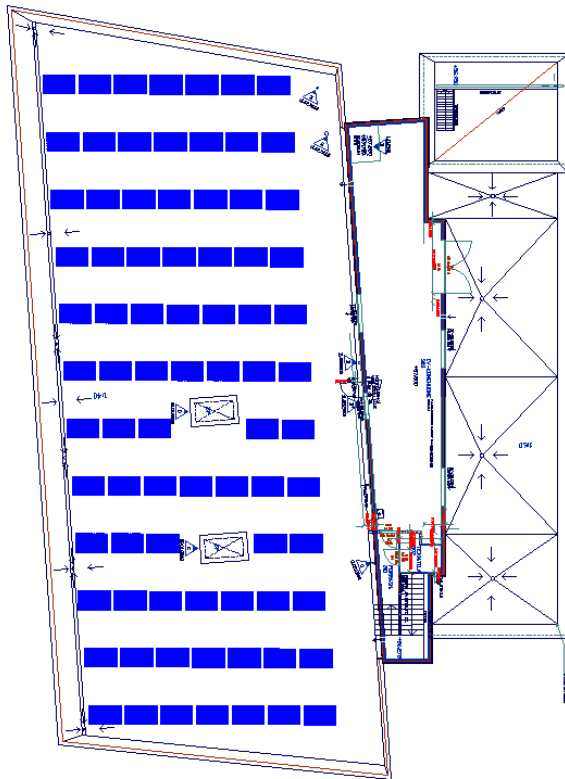
Nuorisotalon kattopinta ei sovellu aurinkosähkön tai aurinkolämmön tuotantoon, sillä rakennuksen ulkoasu on suojeltu. Jos rakennuksessa siis halutaan hyödyntää aurinkoenergiaa, tulee se tuottaa viereisen paviljonkirakennuksen katolla. Tällöin paviljonkirakennuksesta tulee tuoda sähkökaapelit/putkitukset sisäpihan läpi Nuorisotalon sähköpääkeskukselle/lämmönjakohuoneeseen.

Fortum käyttää kaukolämmön hinnoittelussaan kausihinnoittelua, jossa kaukolämmön hinta on toukokuu-syyskuu välillä huomattavasti talvea matalampi. Merkittävin osuus aurinkolämmön lämmöntuotosta sijoittuu tälle aikavälille. Tästä syystä aurinkolämmön hyödyntäminen ei ole kohteessa kilpailukykyistä, jos rakennuksessa on kaukolämpöliittymä. Jos Nuorisotaloon valitaan lämpöenergiajärjestelmäksi maalämpö, voidaan myöhemmissä suunnitteluvaiheissa selvittää, onko järjestelmään kannattavaa yhdistää maakentän kanssa rinnakkaiseksi lämmönlähteeksi aurinkolämpökeräimet.

Aurinkosähköjärjestelmä saavuttaa parhaimman kannattavuuden, kun järjestelmä mitoitetaan kohteen kesäaikaisen sähkön pohjakulutuksen mukaan. Tällöin suurin osa tuotetusta aurinkosähköstä saadaan kulutettua kohteessa ja vältetään sähkön myyntiä verkkoon. Kauniaisten Nuorisotalossa kesäaikaisen sähkön pohjakuorman muodostavat turva- ja telelaitteet, tietokoneet ja sisätilojen valaistus. Sähkösuunnittelijan antamien lähtötietojen perusteella kesäaikainen pohjakuorma on noin 5 kW. Arviossa on oletettu, että vain osa rakennuksen valaistuksesta on kesäisin päällä. Tämän kokoluokan aurinkosähköjärjestelmän hinta on asennettuna noin 11 000 Eur, alv. 0 %. Sitowisen arvion mukaan sähkön siirtojohtojen kaapelointi sisäpihan läpi Nuorisotalon pääkeskukselle nostaisi järjestelmän investointikustannuksia merkittävässä määrin ja tästä syystä paviljonkirakennuksen katolla tuotetun aurinkosähkön hyödyntäminen Nuorisotalossa ei ole kannattavaa.

4.1 Paviljonkirakennuksen aurinkosähkön tuotto

Nuorisotalon viereisen paviljonkirakennuksen katolla on noin 570 m² aurinkoenergian tuotantoon käytettävissä olevaa kattopinta-alaa. Alustava hahmotelma kattopinta-alalle soveltuvasta suurimmasta mahdollisesta aurinkosähköjärjestelmästä Hanwha Q CELLS Q.Peak-G4.1 300 -aurinkopaneelilla näkyy kuvassa 4.



Kuva 4. 80 kappaletta Hanwha Q CELLS Q.Peak-G4.1 300 -aurinkopaneeleita paviljonkirakennuksen vesikatolla.

Kuvan 4 aurinkosähköjärjestelmä koostuu **80** kappaleesta Hanwha Q CELLS Q.Peak-G4.1 300 aurinkopaneeleita. Kuvan 4 paneelisijoittelussa käytettiin 3 m paneelirivien välistä etäisyyttä ja 20 asteen asennuskulmaa. Tällä etäisyydellä minimoidaan paneelirivien välinen varjostava vaikutus. Kuvassa 4 näkyvällä sijoittelulla kattopinnalle voidaan asentaa 24 kW_p aurinkosähköjärjestelmä. Jos kattopinta-alalla halutaan tuottaa aurinkosähköä, tulee katolle sijoitettava järjestelmä mitoittaa paviljonkirakennuksen sähkön pohjakuorman tarpeen mukaan.

22.3.2018

5 Elinkaarilaskelmien lähtötiedot

TUOTOAJÄRJESTELMÄ	Yksikkö / tunnus	Kaukolämpö	Maalämpö+sähkö	Maalämpö+kaukolämpö
Kaukolämpökeskus	kW	170	-	170
Kaivojen määrä	kpl	-	6	6
Aktiivinen porausvyvyys	m/kaivo	-	300	300
Aktiivinen porausvyvyys	m	-	1800	1800
Kaivojen väli	m	-	15	15
Lämmitysteho	kW	170	170	170
Maalämmön mitoitusteho	kW	-	60	60
Kaukolämmön/sähkökattilan mitoitusteho	kW	170	110	170
Maakentän mitoitusteho	kW	-	43	43
Lämpöpumppujen sähköteho	kW	-	17	17
Tehon peittoaste	%	-	35 %	35 %
SPF-luku/lämpöaitoksen hyötysuhde	-	-	3.6	3.6
Kaukolämmön hyötysuhde	-	1	-	-
Lämpökaivon ominaisteho	W/m	-	24	24
Lämmitysenergiatarve	MWh/a	265	265	265
Lämpöpumpun tuottama energia	MWh/a	0	256	256.0
Kaukolämmön tuottama energia	MWh/a	265	-	9.0
Sähkökattilalla tuotettu energia	MWh/a	-	9	0
Ilmaisenergia maasta	MWh/a	-	185	185
Lämpöpumppujen kuluttama sähköenergia	MWh/a	-	71	71
ML lämpöenergian peittoaste	%	0 %	97 %	97 %
Lämpökaivon ominaisenergianotto	(kWh/a)/m	-	103	103
JÄRJESTELMÄN INVESTOINTIKUSTANNUKSET (alv 0 %)				
Maalämpökenttä asennettuna	€	-	55 000	55 000
Maalämpöjärjestelmän laitteistot ja työ	-	-	70 000	60 000
Kaukolämpölaitteet	€	-	-	10 000
HUOLTOKUSTANNUKSET				
Huoltokustannukset ja korjaukset	%	1.0 %	0.5 %	0.5 %
Huoltokustannukset ja korjaukset	€/a	0	350	350
JÄRJESTELMÄN PTS-KUSTANNUKSET				
Järjestelmän uusintakustannukset	%	80 %	80 %	80 %
Kompressoreiden uusinta 15 a	€	0	20 000	20 000
Kaukolämpöpaketin uusinta 20 a	-	-	-	8000
Kaukolämpöpaketin uusinta 5 a	€	8000	-	-
ENERGIALIITYMÄT (alv 0 %)				
Kaukolämpö				
Kaukolämpö liittymismaksu	€	0	0	0
Energiamaksu	€/MWh	49.00	0.00	49.00
Energiamaksu	€	12 985	0	441
Vuosittainen perusmaksu	€/v	8 270	0	8 270
Sähkö				
Liittymismaksu, kasvu energiajärjestelmän johdosta	€/A	-	42	42
Laitteiden etusulakkeet yhteensä	A	-	250	50
Liittymismaksu, kasvu energiajärjestelmän johdosta	€	-	10 500	2 100
Energiamaksu (energia, siirto ja sähkövero)	€/MWh	90.0	90.0	90.0
Energiamaksu	€	0	7 210	6 400