

Kjell Aalto

Nuorgamin koulun lämpöpumppuratkaisut

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

9.3.2013

Tekijä Otsikko	Kjell Aalto Nuorgamin koulun lämpöpumppuratkaisut
Sivumäärä Aika	29 sivua + 10 liitettä 9.3.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka, suunnittelupainotteinen
Ohjaaja	lehtori Hanna Sulamäki teknisen toimiston johtaja Toivo Partanen
<p>Tämän insinööriyön tarkoitus oli selvittää, onko järkevää vaihtaa Utsjoen kunnassa sijaitsevan Nuorgamin koulun lämmitysmuotoa maalämpöpumppujärjestelmäksi.</p> <p>Haasteena oli ensin selvittää rakennusten tehontarve ja energiankulutus.</p> <p>Energiakentän mitoittaminen on haasteellista, sillä Utsjoen alueella on hyvin vähän lämpökaivoja ja tutkimustietoa olemassa olevista kaivosta on vielä vähemmän.</p> <p>Etsiessäni tietoa lämpökaivoista selvisi, että Geologian tutkimuskeskus (GTK) on etsimässä tutkimuskohteita pohjoisesta. GTK ja Utsjoen kunta aikovat yhteistyössä tutkia lämpökaivojen lämmönluovutuskykyä Nuorgamissa. Tutkimustietoa ei aikataulullisista syistä saatu tähän insinööriyöhön, mutta ne saadaan ennen investointipäätöstä ja toivon mukaan vahvistavat tämän työn lopputuloksia.</p> <p>Maalämpöpumppujärjestelmän rakentaminen Nuorgamiin näyttää olevan hyvin kilpailukykyinen vaihtoehto. Edullisemmaksi vaihtoehdoksi osoittautui osateholle mitoitettu maalämpöpumppujärjestelmä yhdistettynä nykyaikaiseen öljykattilajärjestelmään.</p> <p>Kun ottaa huomioon, että tulevaisuudessa energian hinta todennäköisesti nousee, tulevat vähän energiaa kuluttavat järjestelmät muuttumaan vielä kilpailukykyisimmiksi.</p>	
Avainsanat	maalämpöpumppu, lämpökaivo, TRT, Utsjoki, Nuorgam

Author(s) Title Number of Pages Date	Kjell Aalto Heat Pump Solutions for the Elementary School of Nuorgam 29 pages + 10 appendices 9 March 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor(s)	Hanna Sulamäki, Senior Lecturer Toivo Partanen, Chief of Technical Department
<p>The purpose of this final year project was to find out if it is economically sensible to change the heating system from LHF heating to geothermal heating in the Elementary School of Nuorgam.</p> <p>The school, built in 1962, had little or no original technical documentation left. This made it a challenge to specify the exact need of power and energy consumption. The need of power was calculated using several methods.</p> <p>The total price for the different heating systems, i.e. geothermal heating, combined LHF and geothermal heating and the original LHF heating were estimated. The sizes of the energy fields needed were calculated using commonly used assumptions of how much energy can be extracted from an energy well.</p> <p>The Life Cycle Costs were calculated and the results show that geothermal heating is a very competitive alternative for a new heating system in Nuorgam.</p> <p>It was recommended that a Thermal Response Test to be completed to verify the results.</p>	
Keywords	geothermal heating, TRT, heatpump, Utsjoki, Nuorgam

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Nuorgamin koulu	1
3	Tehontarve	4
3.1	Nykyinen lämmitysjärjestelmä	4
3.2	Energiankulutus	4
3.3	Mitoituslämpötilat	5
3.4	Lämmönlvovuttimet	6
3.5	Tehontarpeen määrittely	9
4	Järjestelmän valinta	11
4.1	Maalämpöpumppujärjestelmän valinta	11
4.2	Lämmitysjärjestelmän mitoitus	12
4.2.1	Täydelle teholle mitoitettu maalämpöpumppu	12
4.2.2	Osateholle mitoitettu maalämpöpumppu	12
4.2.3	Öljylämmitys	12
4.3	Lämmitysjärjestelmän hinta	13
5	Energiakaivo	14
5.1	Kaivonporaus	14
5.2	Energiakaivon mitoitus	14
5.2.1	Terminen vastetestti eli TRT-mittaus	15
5.2.2	Nuorgamin koulun lämpökaivot	16
5.2.3	Keruuputkisto	19
5.3	Energiakaivon hinta	19
6	Hinta	19
6.1.1	Täyden tehon LP-järjestelmän toimitussisältö ja hinta	19
6.1.2	Osatehon lämpöpumppujärjestelmän toimitussisältö ja hinta	20
6.1.3	Öljylämmitysjärjestelmän hinta	20
6.2	Elinkaarikustannuslaskenta	20
6.3	Herkkyystarkastelu	23
7	Yhteenveto	26

Liitteet

Liite 1. Savukaasuanalyysi

Liite 2. Lämmitystarveluvut

Liite 3. Utsjoki, Kevo. Degree Days.

Liite 4. Lämmönlvovutustehot

Liite 5. Purmo. Kuvakaappaus

Liite 6. Maalämpöpumpun ja öljykattilan kytkentäkaavio. Nibe Oy

Liite 7. Täyden tehon LP järjestelmän energialaskelma. Nibe Oy

Liite 8. Täyden tehon LP-järjestelmä. Laskelma. Nibe Oy

Liite 9. Osatehoisen LP-järjestelmän energialaskelma. Nibe Oy

Liite 10. Osatehoinen LP-järjestelmä. Laskelma. Nibe Oy.

1 Johdanto

Utsjoen kunta on Suomen ja samalla EU:n pohjoisin kunta. Kunnan asukasluku on 1294. Suurin osa ihmisistä asuu kolmen taajaman alueella: Utsjoen kirkonkylässä, Karigasniemessä ja Nuorgamissa. Kunnan pinta-ala on 5 370 neliökilometriä. [1]

Utsjoen kunnan tekninen toimisto hallinnoi kunnan omistamia kiinteistöjä. Pohjoinen sijainti asettaa omat haasteet kaikkeen rakentamiseen ja erityisesti lämmitysjärjestelmiin. Maalämpöpumput ovat näin pohjoisessa harvinaisia, ja käyttökokemuksia on hyvin vähän.

Utsjoen kirkonkylälle ollaan suunnittelemassa hakelämpölaitosta ja kaukolämpöverkostoa. Suurin osa kunnan omistamista kiinteistöistä saadaan kytkettyä kaukolämpöverkostoon. Kunta omistaa kuitenkin joitakin suurehkoja kiinteistöjä, joissa sijaintinsa takia ei voida hyödyntää suunnitteilla olevaa kaukolämpöverkostoa. Näiden kiinteistöjen osalta kunta haluaa selvittää vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja nykyisten kevyttä polttoöljyä polttavien kattilalaitosten tilalle.

Tässä insinööriyössä on tarkoitus selvittää ja mitoittaa Nuorgamin kouluun soveltuvaa maalämpöpumppujärjestelmää. Järjestelmää tarkastellaan investointina kunnan näkökannalta ja sitä vertaillaan nykyisen lämmitysjärjestelmän korjaamiseen. Työn tuloksia on tarkoitus käyttää hyväksi myös kunnan muiden vastaavien rakennusten kohdalla lämmitysjärjestelmästä päätettäessä.

2 Nuorgamin koulu

Nuorgamin koulu koostuu kahdesta lämmitettävästä rakennuksesta (kuvat 1 ja 2). Lämmitettävää tilavuutta on yhteensä noin 2 252 m³. Koulu on rakennettu vuonna 1962 ja viimeisin suurempi korjaus on tehty 1980-luvulla. Lämmityksestä vastaa kaksi Högfors-kattilaa Heureka VI-10 vuosimallia 1962 (kuva 3). Öljypolttimet ovat mallia Oilon KP-6. Öljylämmityslaitteisto sijaitsee toisen rakennuksen kellarissa. Rakennuksia yhdistää noin 50 m pitkä maanalainen lämpökanava. Rakennuksissa on vesikiertoinen

patterilämmitys. Rakennusten alkuperäinen painovoimainen ilmanvaihto on edelleen käytössä. [2]



Kuva 1. Nuorgamin koulu. Rakennus 1.



Kuva 2. Nuorgamin koulu. Rakennus 2.



Kuva 3. Nuorgamin koulu. Nykyiset kattilat.

3 Tehontarve

3.1 Nykyinen lämmitysjärjestelmä

Lämmityskattiloiden ikä on yli 50 vuotta, ja öljypolttimien ikä on arviolta noin 25 vuotta. Kiinteistössä on 20 000 litran maanalainen polttoöljysäiliö, joka on tarkastettu pari vuotta sitten. [2] Tarkastuksen yhteydessä säiliölle on annettu 5 vuoden jatko-aika. Säiliö on asennettu vuonna 1962. Talomiehen haastattelun yhteydessä on selvinnyt, että öljypolttimien säätäminen on erittäin vaikeata kattiloiden vuotojen takia. Samassa haastattelussa selvisi talonmiehen havainto, että molemmat polttimet käyvät jatkuvasti kovilla pakkasilla. Kovat pakkaset ovat Utsjoella alle $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Öljypolttimien vuosihuolto on suoritettu 4.1.2013. Säädön yhteydessä mitattiin öljypolttimien päästöt (liite 1). Käytössä oli Dräger MSI 150 PRO-savukaasuanalysaattori, jonka kalibrointi ja happikennon vaihto on tehty 29.11.2012. Toiseen polttimeen on asennettu 1,75 USG:n kokoinen suutin ja toiseen 2,00 USG:n kokoinen suutin. Öljynpaine kertoimen ollessa 1,1 mitattiin ensimmäisen polttimen hyötysuhteeksi 85,6 %. 1,75 USG/h (700 kPa) vastaa arvoa 6,55 kg/h (1000 kPa) ja kevyen polttoöljyn lämpöarvon ollessa 11,8 kWh/kg saadaan ensimmäisen polttimen tehoksi 77,29 kW (1000 kPa) ja vastaavasti 85 kW (1200 kPa). [3] Polttimen hyötätehoksi saadaan noin 73 kW, edellä mainitulla hyötysuhteella. Toisen polttimen hyötysuhteeksi mitattiin 89,4 %, öljynpaine kertoimen ollessa myös 1,1 saadaan toisen polttimen tehoksi edellä mainituilla lähtöarvoilla 96,3 kW (1200 kPa) ja hyötätehoksi noin 86 kW.

Molempien kattiloiden yhteisteho on noin 159 kW. Mikäli havainto siitä, että molemmat kattilat käyvät kovilla pakkasilla jatkuvasti, pitää paikkansa, tarkoittaa se sitä, että kiinteistöjen ominaisteho olisi seuraava: $159\text{ kW}/2252\text{ m}^3 = 70,6\text{ W/m}^3$.

3.2 Energiankulutus

Talomiehen haastattelun pohjalta on selvinnyt, että kiinteistö kuluttaa yli 20 000 litraa kevyttä polttoöljyä vuodessa. Kunta on kerännyt ja dokumentoinut polttoöljyn tilausmäärät kolmelta vuodelta. Motivan julkaisemat Ivalon keskimääräiset lämmitystarveluvut on esitetty liitteessä 2. Liitteessä 3 on esitetty Utsjoen lämmitystarveluvut vuosilta 2009–2012. Liitteestä selviää myös, kuinka suuri osa luvuista on arvioitu. Edellisten

perusteella olen normeerannut öljynkulutuksen kolmen vuoden ajalta. Vuonna 2009 kulutus oli 24 649 litraa, vuonna 2010 23 317 litraa ja vuonna 2011 19 357 litraa. Keskiarvon mukainen kulutus olisi näin 22 241 litraa vuodessa. [4] Seurantakausi on lyhyt, mutta koska enempää tietoa ei ole käytettävissä, olen käyttänyt kiinteistön kolmen vuoden keskiarvokulutusta lähtökohtana laskelmissa ja mitoituksissa.

Kevyen polttoöljyn tehollisen lämpöarvon ollessa noin 10 kWh/litra, voidaan todeta, että kiinteistön energiantarve on nykyisellä lämmitysjärjestelmällä keskimäärin noin 222 MWh vuodessa.

Nuorgamin koulun veden kulutus on Utsjoen vesilaitoksen mukaan noin 300 m³ vuodessa. Motivan ohjeen mukaan lämpimän käyttöveden osuus asuinrakennuksessa on 40 % ja muissa rakennuksissa 30 %. [5] Nuorgamin koulussa on päiväkotia, koulutiloja ja niiden lisäksi asuntoja. Laskelmissa olen käyttänyt lämpimän käyttöveden 35 %:n osuutta (300 m³/a * 35 % = 105 m³/a). Lämpimän käyttöveden vuosittain kuluttama energiamäärä on 105 m³/a * 58 kWh/m³ = 6090 kWh/a.

3.3 Mitoituslämpötilat

Nykyinen lämmitysjärjestelmä on mitoitettu lämpötiloille 80°C/60°C. Maalämpöpumppujärjestelmät suunnitellaan tyypillisesti tuottamaan 55°C/45°C:n asteista matalalämpöistä vettä. 80°C/60°C-järjestelmässä 2000 W:n tehoisen patterin tilavuusvirta on 0,023 l/s ja virtausnopeus kytkentäjohtossa (DN15) on 0,12 m/s. Tilavuusvirran nostaminen vastaamaan maalämpöpumpun mitoituslämpötiloja kaksinkertaistaisi virtausnopeuden, jolloin painehäviöt putkistoissa nelinkertaistuisivat. Edellisen esimerkin kytkentäjohtoon painehäviö nousisi arvosta 17 Pa/m arvoon 62 Pa/m. Ongelmana olisi edellisen lisäksi lämmönluovuttimien pienentynyt teho, koska meno/paluulämpötilat ovat matalammat ja lämmönluovuttimet toimivat pienemmällä yllämpötilalla. Yksi ratkaisu tähän olisi, että nykyinen lämmitysjärjestelmä olisi niin paljon ylimitoitettu, että se pystyisi luovuttamaan tarpeeksi lämpöä myös matalammilla käyttölämpötiloilla ilman, että tilavuusvirtaa kasvatettaisiin kovin paljon. Mikäli laskelmat osoittavat, että tämä ei onnistu, joudutaan joko päivittämään lämmönluovutusjärjestelmän osat, tai sitten tuottamaan vaihtoehtoisella lämmöntuotantojärjestelmällä korkeampia lämpötiloja huippupakkasilla.

3.4 Lämmönluovuttimet

Kohteen lämmönluovuttimet ovat alkuperäisiä, vuoden 1962, 1- ja 2 levyisiä radiaatto-reita. Nykyisten lämmönluovuttimien tehoa tutkiessani olen laskenut yhden esimerkki-huoneen tehontarvetta käyttämällä Ympäristöministeriön julkaisemia vanhojen raken-teiden U-arvoja. U-arvot on esitetty taulukossa 1.

Alkuperäinen rakennusvuosi on 1962. Olen käyttänyt ylä- ja alapohjan taulukossa esi-tettyjä arvoja näiden kohdalla. Ylä- ja alapohjan mahdollisista lämpösaneerauksista ei ole tietoa. Rakennukseen on 1980-luvulla asennettu ulkoseiniin lisäeristettä ja olen käyttänyt ulkoseinien kohdalla vuoden 1985 U-arvoja. Tarkoitus on ollut selvittää riittä-vällä tarkkuudella, onko nykyisten lämmönluovuttimien teho riittävä maalämpöpumpun tuottamissa matalammissa meno-paluulämpötiloissa.

Taulukko 1. Ympäristöministeriön julkaisemat rakenteiden U-arvot eri aikakausilta [6].

Rakennusosa	Rakennusluvan hakemisvuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	2003-	2008-	2010-	2012-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maavarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Puolilämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26	0,26
Maavarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätilainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

Huoneessa 109 on yksi 1-levyinen, virtaussäleiköllä varustettu lämpöpatteri. Radiaatto-rin koko on 600x1400 millimetriä. Huoneen 109 johtumisen tehontarve on laskettu, ja se esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. Huone 109, tehontarve, johtuminen.

Huone 109	m ²	W/m ² K	ts	tu	W
lattia	19,5	0,47	21	7	128,31
katto	19,5	0,47	21	-38	540,735
ulkoseinä	10,94	0,28	21	-38	180,7288
ikkuna	2,56	2,8	21	-38	422,912
					849,774

Huoneen pinta-ala on 19,5 neliometriä, ja se on mitattu pohjapiirustuksesta. Sisälämpötilaksi on valittu 21 astetta ja alapohjan lämpötilaksi 7 astetta. Mitoituslämpötilaksi on valittu –38 astetta. Näillä arvoilla saadaan johtumisen tehontarpeeksi noin 850 wattia.

Vuotoilmanvaihdon selvittämiseksi olen käyttänyt ympäristöministeriön julkaisemia tietoja vanhojen rakennusten ilmanvuotoluvuista n_{50} (taulukko 3).

Taulukko 3. Ilmanvuotoluvut [6].

Rakennusluvun hakemisvuosi	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	2003-	2008-	2010-	2012-
Ilmanvuotoluku n_{50}	7,0	6,0	6,0	6,0	6,0	4,0	4,0	4,0	
Ilmanvuotoluku q_{50}									4,0

n_{50} -luvun muuttamiseen q_{50} -luvuksi käytetään kaavaa 1. Rakennuksen q_{50} -luvuksi saadaan näin 7,09 m³/hm² vaipan pinta-alan ollessa 657 m² ja rakennuksen tilavuuden 66 m³.

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{\text{vaippa}}} V \quad (1)$$

jossa

q_{50} on rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m³/h m²

n_{50} on rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h

V on rakennuksen ilmatilavuus, m³

A_{vaippa} on rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan lukien), m²

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 laskuohjeita käyttämällä saadaan rakennukselle seuraavanlainen vuotoilmavirta: [7]

$$q_v = \frac{7,09}{3600 * 35} * 657,44 = 0,037 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Vuotoilmavirran vaatima lämmitysteho on

$$P = 0,037 \text{ m}^3 / \text{s} * 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3 * 1,0 \text{ kJ} / \text{kgK} * (21 - (-38)) = 2,619 \text{ kW}$$

Rakennuksen vuotoilmavirran vaatima lämmitysteho on noin 11 W/m² (238 m²). Huoneen 109 ala on 19,5 m², joten vuotoilmavirran vaatima patteriteho on noin 214 W.

Painovoimainen ilmanvaihto on tehokkaimmillaan talvella, jolloin lämpötilaerot ovat suurimmillaan. Kiinteistön alkuperäinen painovoimainen ilmanvaihto koostuu 15 hormista. Huonetta 109 palvelee noin 125 x 250 mm kanavaa. Aukossa on venttiili, joten ilmanvaihdon vaikutuksen arvioitaessa olen arvioinut venttiilin olevan 5 % auki. Käytännössä kaikki venttiilit ovat kovilla pakkasilla kiinni. Ilmanvaihtohormi on noin 6 metriä korkea. Painovoimaisen ilmanvaihdon tilavuusvirta voidaan laskea kaavalla 2, kun olettaa kertoimen Cd olevan kirjallisuudessa esiintyvä 0,65:

$$V = Cd * A * \sqrt{2gh \frac{T_s - T_u}{T_s}} \quad (2)$$

jossa

V on vaihtuvan ilman määrä m³/s

Cd on 0,65 vakio

A on poistoilmatorven poikkipinta-ala (m²)

g on 9,8 m/s²

h on poistoilmatorven pituus (m)

T_s on sisälämpötila (K)

T_u on ulkolämpötila (K) [8]

$$V = 0,65 * 0,0016 \sqrt{2 * 9,8 * 6 * \frac{(294 - 235)}{294}} m^3 / s = 0,005 m^3 / s$$

Ilmanvaihdon tehontarve on seuraava:

$$P = 0,005 m^3 / s * 1,2 kg / m^3 * 1,0 kJ / kgK * (21 - (-38)) = 0,354 kW$$

Huoneen 109 kokonaistehontarve on noin 214 W + 850 W + 354 W = 1418 W.

Liitteessä 4 on esitetty tyyppi 11, 1-levyisen, virtaussäleiköllä varustetun radiaattorin koemittauspöytäkirja. Voidaan todeta, että 600 mm korkean radiaattorin teho on 1640 W, ylälämpötilan ollessa 60 °C. Saman radiaattorin teho on 850 W ylälämpötilan ollessa 35 °C. Nykyisten radiaattoreiden teho ei riitä maalämpöpumpun tuottamilla meno- ja paluulämpötiloilla. Yksi mahdollinen ratkaisu tähän on, että nykyiset radiaattorit vaihdetaan uusiin isompiin. 600 x 1800 mm:n kokoisen, tyyppiä 22 olevan, radiaattorin teho on 1542 W ylälämpötilan ollessa noin 30 °C. (Liite 5).

Nuorgamin koulun rakennuksissa on noin 50 kpl lämpöpatteria. Laskelmissa olen arvioinut yhden patterin vaihtokustannukseksi 700 euroa (alv 0 %).

3.5 Tehontarpeen määrittely

K1 kaukolämpölaitteiston suunnitteluohjeen mukaan kiinteistön tehontarve on laskettavissa seuraavaa kaavaa käyttämällä:

$$\Theta = \frac{Q - Q_k}{\left(24x \frac{S}{k_1}\right) (17^\circ C - t_u)} \quad (3)$$

Kaavassa 3, Θ on lämmityksen huipputehontarve, Q on rakennuksen energiankulutus tarkasteluajana, S on lämmitystarveluku tarkasteluajana, t_u on paikkakunnan mitoitussulkolämpötila, Q_k on käyttöveden lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia tarkasteluajana ja k_1 on Motivan ilmoittama paikkakunnan korjauskerroin vertailupaikkakuntaan nähden. [9, 10]

Nuorgamin koulun lämmitettävä tilavuus, 2252 m³ on mitattu käytössä olevista piirustuksista.

Nuorgamin koulun rakennusten ominaiskulutus on ollut 222 MWh/2252 m³ = 99 Wh/m³. Motivan tilastojen mukaan ominaiskulutus vastaavissa rakennuksissa on enimmillään ollut 178,8 kWh/m³, mediaanin ollessa 43 kWh/m³. [11]

Lämpimän käyttöveden vuosittain kuluttama energiamäärä on selvitetty aikaisemmin ja sen osuus energiantarpeesta on melko pieni. Koska maalämpöpumppujärjestelmällä on tarkoitus lämmitää myös käyttövesi, sen osuutta ei ole poistettu laskelmista.

Paikkakunnan mitoituslämpötila (t_u) on -38 °C. Vertailupaikkakunnan lämmitystarveluku (S) on Motivan mukaan 6381 ja Utsjoen kunnan korjauskerroin k₁ on 0,93. Öljylämmityslaitteiston vuosihyötysuhteeksi on arvioitu olevan 0,7.

$$\Theta = \frac{Q}{(24 \times S)} = \frac{222 \text{ MWh} * 0,7}{\left(\frac{24 \times 6381}{0,93} \right)} = 51,9 \text{ kW}$$

Tehontarve on näin ollen noin 52 kW.

Ominaistehon suuruusluokka on 52 kW/2252 m³ = 23 W/m³.

Luvussa 3.4 on laskettu huoneen numero 109 tehontarvetta. Laskelmissa saatu tehontarve on 1064 wattia. Huoneen tilavuus, 54,6 m³, on mitattu piirustuksista. Huoneen ominaisteho on: 1418 W/54,6 m³ = 26 W/m³.

Huoneen 109 kohdalla saatu ominaisteho tukee edellä laskettua 52 kW tehontarvetta. Voidaan todeta, että luvussa 3.1 laskettu suurempi arvo on turhan iso.

Kun ottaa huomioon, että tämän kohdan laskelmissa käytetty 222 MW:n arvo on kolmen vuoden normalisoidun öljynkulutuksen keskiarvo ja että pienimmän arvon ja suurimman arvon välissä on noin 20 % ero, katson aiheelliseksi korottaa tehontarvetta noin 10 % 57 kW:iin. 20 %:n ero vuosikulutuksissa johtunee lyhyestä seurantajaksosta ja

siitä tosiasiaista, että tarkkaa kulutustietoa ei ole. On tiedossa vain ostetun öljyn määrä. Tietoa esimerkiksi siitä, että säiliöt olisi tankattu täyteen joka tankkauksella ei ole.

4 Järjestelmän valinta

4.1 Maalämpöpumppujärjestelmän valinta

Maalämpöpumppujärjestelmiä voidaan mitoittaa osateholle tai täysteholle. Nykyään kun voidaan käyttää kierroslukuohjattuja maalämpöpumppuja, on täysteholle mitoittaminen yleistynyt. Nuorgamin koulussa täysteholle mitoittaminen aiheuttaa sen, että joudutaan vaihtamaan myös lämmönluovuttimet.

Edullisimman vaihtoehdon löytämiseksi laskin kolme eri vaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa mitoitetaan maalämpöpumppu ja sen osat täydelle teholle ja selvitetään tämän vaihtoehdon kokonaiskustannukset. Tässä vaihtoehdossa uusitaan radiaattorit, asennetaan täyden tehon kattavia maalämpöpumppuja ja otetaan huomioon keruuputkiston kustannukset.

Toisessa vaihtoehdossa mitoitetaan maalämpöpumppu ja siihen liittyvät osat kattamaan lämmityksen -25 asteen ulkolämpötilaan asti. Tässä vaihtoehdossa lämpöpumppu, keruuputkisto ja porakaivot ovat edullisempia, kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa. Maalämpöpumpun rinnalle suunnitellaan kevytöljykattilalaitos, joka huolehtii lisälämmöntarpeesta mitoituslämpötilaan asti. Odotettavissa on, että investointikustannus on pienempi kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa, mutta vastaavasti käyttökustannukset korkeammat. Tässä vaihtoehdossa ei lämmönluovuttimia tarvitse uusia.

Kolmannessa vaihtoehdossa nykyinen öljykattilalaitos uusitaan. Tässä vaihtoehdossa on odotettavissa, että investointikustannus on kohtuullinen, mutta käyttökustannus on korkeampi.

Edellä mainittuja vaihtoehtoja on tarkoitus vertailla olemassa olevan laitoksen nykyisiin käyttökustannuksiin.

4.2 Lämmitysjärjestelmän mitoitus

4.2.1 Täydelle teholle mitoitettu maalämpöpumppu

Ensimmäisessä vaihtoehdossa maalämpöpumppu kattaa koko tehontarpeen, eli 57 kW. Järjestelmä koostuu yhdestä Nibe 1345-60-mallisesta maalämpöpumpusta. Nibe 1345-60 -mallisessa maalämpöpumpussa on kaksi 28,8 kW:n tehoista kompressorisyksikköä. Kokonaisteho on 57,6 kW. Pumpun COP-arvo on standardin EN 14511 mukaan 4,1. Maalämpöpumppu on invertteriohjattu. [12] Tämän vaihtoehdon laskelmissa olen käyttänyt COP-arvoa 3,44. Valmistajan ilmoittama SPF luku, ilman lisälämmitystä, on 3,44. Tämä arvo on laskettu ilman lisälämmityksen ja kiertovesipumppujen käyttämää energiaa. SPF-luku on lämmityskauden keskimääräinen COP-arvo. [13]

4.2.2 Osateholle mitoitettu maalämpöpumppu

Toisessa vaihtoehdossa maalämpöpumppu on Nibe 1345-40. Nibe 1345-40:ssä on kaksi 20 kW:n tehoista kompressorisyksikköä. Kokonaisteho on 40 kW. Pumpun COP-arvo on standardin EN 14511 mukaan 4,51. Tämäkin lämpöpumppu on invertteriohjattu. [12] Tämän vaihtoehdon laskelmissa olen käyttänyt COP-arvoa 3,69. Tämän maalämpöpumpun valmistajan ilmoittama SPF-arvo on 3,69.

Maalämpöpumpun toimitukseen sisältyy automatiikka, joka pystyy ohjaamaan lisälämmityksen, tässä tapauksessa öljykattilan. Öljykattilaksi olen valinnut Kaukora Oy:n valikoimasta Eco 40 ja siihen soveltuvan Oilon Oy:n LJ 20-mallisen öljypolttimen [14, 15]. Öljylämmityksen teho on noin 40 kW. Lämmitysjärjestelmän kokonaisteho on noin 80 kW. Valitsemalla isompitehoinen öljykattila saadaan samalla varalämmönlähde, joka antaa järjestelmälle lisä-arvoa. Järjestelmän kytkentäkaavio on esitetty liitteessä 6.

4.2.3 Öljylämmitys

Kolmannessa vaihtoehdossa uusitaan nykyinen öljykattilajärjestelmä. Nykyiset kattilat puretaan ja tilalle asennetaan kaksi 50 kW:n tehoista Kaukora Oy:n valmistamaa öljykattilaa. Eco 50 tuottaa yhdessä Oilon Oy:n valmistaman LJ 45-öljypolttimen kanssa 50 kW. Yhteisteho on näin 100 kW. Nykyaikaisen öljylämmityskattilalaitoksen hyötysuhde on noin 95 % [14, 15].

4.3 Lämmitysjärjestelmän hinta

Järjestelmien hintaa olen arvioinut seuraavasti: Olen käyttänyt Ahlsell Oy:n, Onninen Oy:n sekä laitevalmistajien ilmoittamia ohjeellisia laitehintoja. Hinnat ovat arvonlisäverottomia. Asennustyön hinta on kokemuksen perusteella arvioitu. Vanhan öljykattilajärjestelmän purkutyöt on jätetty kokonaan pois laskelmista, koska se on kaikkien järjestelmien kohdalla sama. [16, 17] Täydelle teholle mitoitettun lämpöpumpun vaihtoehdon lämmönluovuttimien purkutyö on sisällytetty lämmönluovuttimien vaihtotyöhön. Keruuputkiston hintavaikutus arvioidaan myöhemmin.

Täydelle teholle mitoitettun maalämpöpumppujärjestelmän hinta on arvioitu seuraavasti:

Nibe 1345-60	17 750,00 e
Varusteet	10 000,00 e
Asennustyö	10 000,00 e
Radiaattorit, sisältäen työn	35 000,00 e
Yhteensä:	72 750,00 e

Osateholle mitoitettun maalämpöpumppujärjestelmän hinta on arvioitu seuraavasti:

Nibe 1345-40	15 100,00 e
Kaukora Oy, Eco 40	3 800,00 e
Oilon LJ 20	831,00 e
Varusteet	15 000,00 e
Asennustyö	12 000,00 e
Yhteensä	46 731,00 e

Öljylämmitysjärjestelmän uusimisen hinta on arvioitu seuraavasti:

Kaukora Oy, Eco 50 (2 kpl)	8 000,00 e
Oilon LJ 45 (2 kpl)	1 662,00 e
Varusteet	6 000,00 e
Asennustyö	8 000,00 e
Yhteensä	23 662,00 e

5 Energiakaivo

5.1 Kaivonporaus

Nuorgam sijaitsee Tenojoki-laaksossa. Tenojoki on Euroopan suurin luonnonvarainen lohijoki. Sen pituus on noin 250 km. [18] Joen uoma on tuhansien vuosien kuluessa muuttunut ja siirtynyt paikasta toiseen, kun joen kuljettama maa-aines on kasautunut ja tämä maa-aines on ohjannut veden uusille uomille. Seurauksena on, että maakerros kallion päällä vaihtelee suuresti. On tiedossa kaivoja, joissa on porattu yli 60 metriä ilman, että kallio on tullut vastaan. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että muualla Suomessa normaali maakerroksen paksuus on tyypillisesti alle 10 metriä.

Maakerroksen paksuus aiheuttaa haasteita poraajille ja porauskalustolle. Läheskään kaikki porausyritykset eivät pysty poraamaan lämpökaivoja tällaisessa maastossa. Utsjoella on käynyt useampi yrittäjä kokeilemassa ja toteamassa, että taloudellinen riski on liian suuri.

Maakerroksen läpi poraaminen on kalliimpaa kuin kallion poraus. Lisäkustannus aiheutuu osittain teräspuutkesta, jota joudutaan asentamaan maakerroksen kohdalle, ja osittain työn hitaudesta. Laskelmissa olen käyttänyt maaporauksen hintana 80 e/m ja kallioporauksen metrihintana 35 e/m. Hinnat ovat verottomia ja ovat edellisten tiedossa olevien Utsjoella porattujen kaivojen osalta olleet voimassa. Nuorgamin koulun kohdalla porakaivojen määrä tulee olemaan melko suuri, joten voidaan olettaa, että urakkahinnat ovat tätä hintaluokkaa tai vähän halvempia. [19]

5.2 Energiakaivon mitoitus

Energiakaivon mitoittamiseen vaikuttavat monet asiat. Kiinteistön tehontarve ja energiankulutus ovat selviä lähtökohtia. Näiden lisäksi pitää ottaa huomioon, kuinka paljon energiaa kaivosta voi ottaa ilman, että sen käyttökelpoisuus vaarantuu. Lähtökohtaisesti energiakaivon elinkaari pitäisi olla sama kuin kiinteistönkin. Energiakaivon alimitoittaminen saattaa johtaa siihen, että energiakaivo jäähtyy ja muuttuu käyttökelvottomaksi.

5.2.1 Terminen vastetesti eli TRT-mittaus

Geologian tutkimuskeskus (GTK) tutkii mm. maaperän koostumusta Suomessa. Erikoisasiantuntija Asmo Huuskon kanssa käydyn keskustelun [20] aikana selvisi, että GTK:lla on paljon tutkimustietoa Etelä-Suomesta, johon on rakennettu paljon lämpökaivoja. Pohjois-Suomen osalta tutkimustietoa on hyvin niukasti, ja he ovat etsimässä hyviä tutkimuskohteita. GTK on kiinnostunut Nuorgamin maaperätutkimuksesta, 300 metrin lämpökaivon porauksesta ja kaivon TRT-mittauksesta (Thermal Response Test). Koeporauksen ja TRT-mittauksen avulla on mahdollista suunnitella oikean kokoinen lämpökenttä, jossa on otettu huomioon lämpökaivojen pitkäaikainen käyttö.

TRT-mittaus maksaa Asmo Huuskon mukaan noin 10 000 euroa ja yhden 300 metrin kaivon poraaminen noin 10 000 euroa. Mikäli GTK suorittaa kyseiset toimenpiteet tutkimusohjelman piirissä, voivat hinnat olla paljon huokeammat. [20] Utsjoen kunnan kiinteistöpäällikkö Toivo Partanen ja GTK:n erikoisasiantuntija Asmo Huusko neuvottelevat koekaivojen poraamisesta ja TRT-mittauksista. Mikäli neuvottelut päättyvät siihen, että kyseiset työt suoritetaan, tullaan ne tekemään aikaisintaan kesällä 2013. TRT-mittauksen perusteella suunnitellun lämpökentän tietoja ei ole käytettävissä tätä insinööriyötä varten, joten olen käyttänyt muita menetelmiä, kun olen laskenut tarvittavien lämpökaivojen lukumäärää ja syvyyttä.

Vuonna 2009 Utsjoen keskustaan porattiin 200 metriä syvä koekaivo. Tarkoituksena oli silloin tutkia energiakentän rakentamisen mahdollisuuksia koulukeskuksen energiantarpeita varten. Projekti jäi keskeneräisenä odottamaan, koska poliittinen mielipide kallistui enemmän perinteisen lämpölaitoksen suuntaan.

Tämän vuoden (2013) kesään mennessä GTK suorittaa DTS-mittauksen (Distributed Temperature Sensing) tässä olemassa olevassa kaivossa. DTS-mittauksessa mitataan valokuidun ja DTS-laitteen avulla optisesti energiakaivon lämpötilaa koko pituudelta nopeasti ja tarkasti. Mittauksen tuloksia on tarkoitus hyödyntää Nuorgamin koereiän suunnittelussa. [21]

Ennen mahdollista investointipäätöstä kannattaa tarkistaa insinööriyön laskelmia ja vertailla niissä esiintyviä arvoja TRT- ja DTS-mittauksien perusteella saatuihin tietoihin.

5.2.2 Nuorgamin koulun lämpökaivot

Kirjallisuudessa on esitetty erilaisia arvioita siitä, miten lämpökaivojen mitoitus suoritetaan. Yleisesti esitetty arvio on, että 100–150 kWh/m vuodessa on turvallinen energianottomäärä. [22]

Bergheat46-ohjelman demo-versio on internetistä saatava ilmainen mitoitusohjelma. [23] Kuvassa 4 on kuvakaappaus ohjelman laskemista tuloksista. Lähtötiedoissa saatava olla hieman eroavaisuutta muualla tässä insinööriyössä esitettyihin arvoihin.

Ohjelma laskee koko vuoden AP-luvusta häiriintymättömän kallion keskilämpötilaa. Ohjelman mukaan kallion keskilämpötila on Nuorgamissa 1,5 °C. Alin sallittu veden lämpötila on ohjelman parametreihin valittu 0,5 °C. Lämpökaivojen jatkuva energiantuotto on ohjelman mukaan 18 kWh/m. Bo Nordell on tutkinut Ruotsin maalämpöpumppuja. Hän vertailee raportissaan mm. Malmön ja Kiirunan olosuhteita. 100 m syvä lämpökaivo Malmössä vastaa noin 180 m syvää lämpökaivoa Kiirunassa. [24] Jos olettaa, että Suomen ja Ruotsin olosuhteet ovat melko samanlaiset maaperän suhteen, voidaan todeta, että Nuorgamissa riittäisi noin kaksinkertainen määrä Etelä-Suomeen verrattuna. Etelässä turvallinen energianottomäärä on eri arvioiden mukaan noin 100–150 kWh/m. Vastaava määrä on silloin Nuorgamissa 50–75 kWh/m. Tähän nähden ohjelman ehdottama 18 kWh/m on melko pessimistinen.

Ohjelman laskelmien mukaan Nuorgamin koulun lämpökaivojen tarvittava aktiivisyvyys on yhteensä 5 863 m. Tämä tarkoittaa esimerkiksi 30 kappaletta 200 m syvää porakaivoa. Koska tämän ohjelman lopputulos on niin poikkeava muualta saatuihin tietoihin verrattuna, en ole käyttänyt sitä mitoitukseen tässä insinööriyössä.

	Rakennukset	Lämmitystarve	Lämmin ala	Kerros ala	Sisätilan ilmakuutiot
Voit laskea lämmitystarpeen alasiivulla "Rakennukset"	Rakennus 1	17 079 kWh/vu	92,68 m ²	103,4 brm ²	241,0 m ³
	Rakennus 2	11 940 kWh/vu	69,66 m ²	79,2 brm ²	167,2 m ³
	Rakennus 3	7 180 kWh/vu	24,75 m ²	30,0 brm ²	79,2 m ³
	Ilman käyttövettä	36 199 kWh/vu	187,09 m ²	212,6 brm ²	487,3 m ³
	Josta ilmanvaihdot	2 831 kWh/vu			
LAMPOPUMPUN MITOITTAMINEN					
Taulukon laatinut PI @ 19.12.2012, v 46.2 Taulukkoa saa kopioida.		Ohje		Lataa tästä uusi versio!	
Numeron haku —		utsjoki	99980	TAYTÄ TALOSI TIEDOT VIHREISIIN RUUTUIHIN	
YLEISTIEDOT					
Rakennuksen nimi		Nuorgamin koulu			
Katuosoite, gms		Siirtymässä öljylämmöstä maalämpöön.			
ÄNNÄ talosi POSTINUMERO LÄMMITYSTARVELUKUJA varten		39930		Nuorgam	
VALITSE jos LATTIALÄMMITYSTALO = 0 tai PATTERNÄMMITYSTALO = 1		1		ATTERILÄMMITYS	
Lämmitettävä rakennus ala neliömetrit, NETTO, jos tiedossa?		767 m ²		767 m ²	
Kerrosala neliöt, BRUTTO, jos tiedossa? (olettaa seinän paksuudeksi 30 cm)		334 br m ²		800,6 brm ²	
Anna huonekorkeus metreinä tai kuutiot, isompi tulos valitaan.		2,60 m		100 m ³	
Sähkön kWh hinta, Euroa		0,130 l		0,130 l	
Öljyn litrahinta, Euroa		1,200 l		1,200 l	
Polttopuun kuutiometrihintaa, Euroa/m ³		68,000 l		68,000 l	
A) Lämmitysöljyn kulutus vuodessa keskimäärin. (Sisältää lämmin käyttövesi)		22 200 ltr		155400 kWh	
A) Halvoja poltettu vuodessa keskimäärin. (Sisältää lämmin käyttövesi)		m ³ /vuosi		0 kWh	
A) Lämmitys sähköä vuodessa keskimäärin. (Sisältää lämmin käyttövesi)		0 kWh		0 kWh	
A) kohta yhteensä. (Sisältää lämpimän käyttöveden)				155400 kWh	
B) Suunnittelijan laskema vuosikulutusarvio (Ei sisälly lämmin käyttövesi)		0 kWh		0 kWh	
C) Vaihtoehtoisesti kulutus lasketaan tässä alla:					
Päärakennuksen lämmitettävä pinta-ala		m ²			
- kulutusarvio (esim. 140 kWh/brm ² /vuosi)		140 kWh/brm ² /vu		0 kWh	
Lisärakennuksen lämmitettävä pinta-ala		m ²			
- kulutusarvio (esim. 140 kWh/brm ² /vuosi)		180 kWh/brm ² /vu		0 kWh	
C) kohta yhteensä (Ei ole mukana lämmin käyttövesi)				0 kWh	
NAILLA ARVOILLA LASKETAAN					
Ohjelma valitsee vaihtoehdoista A, B, C sen, jossa lämmitysenergia on suurin				155400 kWh	
Lämmitysveden tuoton hyötysuhde, COP (lattia- / patterilämmitys)		3,0 COP		3,0 COP	
Rakennukset kuluttavat lämmitys sähköä vuodessa				51800 kWh	
Rakennuksessa asuvien henkilöiden lukumäärä		4 hlö		0 hlö	
Käyttöveden tuottamiseen rhd / vuosi (normi = 1000 kWh/hiö/vu)		1200 kWh		1200 kWh	
Käyttöveden tuottamiseen kuluu lämpöenergiaa vuodessa energiaa		4800 kWh		0 kWh	
Käyttöveden tuoton COP ja vastaava sähkönkulutus (max 2,6 COP)		2,6 COP		0 kWh	
Vuotuinen lämpöenergiatarve yhteensä (lämmitys + käyttövesi)				155400 kWh	
Vuotuinen taloussähkön kulutus, ilman lämmitystä		4000 kWh		15005 kWh	
MAAKERUU (Tähän tarvitaan paikkakunnan AP -luvut, jotka annettava tässä alempana!)					
VALITSE maalaji, EI TEDOSSA=0 HIEKKA=1 SAVI=2 MOREENI=3 SILTTI=4		2		2,80	
VALITSE maan kosteus, jos KUIVA=1 KOSTEA=2 MARKKA=3		2		8,12 kerroin	
Maan keskilämpötila		15 C		12,3 kWh/m	
Maapiirin pituus ja upotussyvyys		12629 m		1,6 m	
KALLIOLAMPO, PORAKAIIVON MITOITTAMINEN					
Alin sallittu veden lämpö kaivossa				0,5 C	
Häiritsemättömän kallion lämpötila (oC) lasketaan koko vuoden AP -luvusta				1,5 C	
Kaivon jatkuva tuotto wattia / metri		3,0 w/mk		1,0 C	
Energiaa kaivosta vuodessa per metri		8760 tuntia		2,0 w/m	
COP valitse mallasi lämpöpumpputeholla.		laskettu COP		18 kWh	
Kaivosta energiaa vuodessa		Kaivosta		2,99 COP	
Sähköverkosta otettu energia		Sähköverkosta		103354 kWh	
Pumpulla saatavissa energiaa vuodessa (= kaivon energia+sähköverkosta otettu energia)		Yhteensä		52046 kWh	
Porakaivon aktiivisuuden tulee olla vähintään..		Minimi aktiivisuus		155400 kWh	
				5863 metriä	
LÄMMITYSTARVELUKUJEN MAARITYS					
Referenssipaikka		Sodankylä		Koko vuosi	
Kylä	Kunta	Sodankylä, lentoasema		Tammikuu	
Nuorgam	Utsjoki	Kuntakerroin = 0,93		6337 AP	
				6814 AP	
				1037 AP	
LAMPOPUMPUN MITOITUSLASKELMA					
VALITSE TAHAN PUMPUN TEHO				52,0 kW	
Sen teho riittää tägstehoisena tähän alimpaan ulkolämpöön saakka				-38,2 C	
Tägstehoisen pumpun tehon pitäisi olla vähintään				58,01 kW	

Kuva 4. Bergheat46-ohjelman laskemat tulokset lämpökaivojen mitoituksesta.

Lämpöpumpun hyötysuhde COP lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$COP = \frac{Q}{W} \quad (4)$$

jossa

COP on LP:n hyötysuhde (coefficient of performance)

Q on LP:n tuottama lämmitysenergia

W on LP:n kuluttama energia

Lämpöpumpun kuluttama energiamäärä on laskettavissa kaavalla 4:

$$COP = \frac{Q}{W} \Rightarrow W = \frac{Q}{COP} = \frac{222000kWh}{3} = 74000kWh$$

Nuorgamin koulun vuotuinen energiantarve on noin 222 000 kWh vuodessa. Jos oletamme, että lämpöpumpun keskimääräinen COP-arvo on 3, saadaan 74 000 kWh lämpöpumpun kuluttamasta energiasta ja tarvitaan lämpökaivoja, joista saadaan yhteensä noin 148 000 kWh.

Edellä esitettyjen arvojen perusteella, jos oletamme että yhden kaivon syvyys on 200 m, tarvittavien kaivojen lukumäärä olisi 5–8 kappaletta, kun lämpöpumppujärjestelmä mitoitetaan tuottamaan 100 % energiantarpeesta.

Nibe Oy:n mitoitusohjelma VPDIM 2,5 antamat mitoitusarvot on esitetty liitteissä 7–10. Ohjelman antama kaivojen lukumäärä täydelle teholle on 9 kappaletta, jolloin ohjelma ilmoittaa energianoton kaivoista olevan 75 kWh/m vuodessa. Osateholla kaivojen lukumäärä on 7 kappaletta. [25]

Ohjelma ottaa huomioon kiinteistön sijainnin, kun ilmoitetaan mitoituslämpötilan olevan $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja vuotuisen keskimääräisen lämpötilan olevan $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Myöhemmin on tarkoitus suorittaa kohteessa TRT-mittaus, jolloin lopullinen luotettava kaivojen lukumäärä selviää. Laskelmissa olen käyttänyt Nibe Oy:n mitoitusohjelman VPDIM 2,5 antamia lämpökaivojen mitoitusarvoja.

5.2.3 Keruuputkisto

Lämpökaivojen ja kiinteistön välisien putkien kustannukset olen sisällyttänyt lämpöpumpun asennuksen asennustarvikkeiden hintaan. Lopullisessa keruuputkiston mitoituksessa pitää ottaa huomioon järjestelmään kuuluvat kytkentäkaivot ja vaakaputkisto.

5.3 Energiakaivon hinta

200 metriä syvän energiakaivon hinta on Utsjoella 6 000–10 000 euroa. Laskelmissa olen katsonut aiheelliseksi käyttää arvoa 10 000 euroa. Lämpökaivon korkea hinta asettaa maalämpöpumppujärjestelmän huonompaan asemaan verrattuna nykyiseen öljylämmitykseen, mutta samalla se antaa paremman ja realistisemmän pohjan päätöksenteolle.

6 Hinta

6.1.1 Täyden tehon LP-järjestelmän toimitussisältö ja hinta

Täydelle teholle suunnitellun järjestelmän luvussa 4.3 todetut kustannukset ovat seuraavat:

Nibe 1345-60	17 750,00 e
Varusteet	10 000,00 e
Asennustyö	10 000,00 e
Radiaattorit, sisältäen työn	35 000,00 e
Yhteensä:	72 750,00 e

Tähän järjestelmään tarvitaan 9 kappaletta lämpökaivoa, joiden kustannus on yhteensä noin 90 000 euroa. Toimintavalmis järjestelmä maksaa yhteensä noin 162 750 euroa. Huoltokustannukset ovat tässä tapauksessa melko pienet, koska lämpöpumppujärjestelmä on melko huoltovapaa. Vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi on arvioitu noin 500 euroa.

6.1.2 Osatehon lämpöpumppujärjestelmän toimitussisältö ja hinta

Osateholle suunnitellun järjestelmän luvussa 4.3 todetut kustannukset ovat seuraavat:

Nibe 1345-40	15 100,00 e
Kaukora Oy Eco 40	3 800,00 e
Oilon LJ 20	831,00 e
Varusteet	15 000,00 e
Asennustyö	12 000,00 e
Yhteensä	46 731,00 e

Tähän järjestelmään tarvitaan 7 kappaletta lämpökaivoa, joiden kustannus on yhteensä noin 70 000 euroa. Toimintavalmis järjestelmä maksaa yhteensä noin 116 731 euroa. Huoltokustannukset ovat tässä tapauksessa suuremmat kuin edellisessä tapauksessa, koska öljypoltin pitää huoltaa pari kertaa vuodessa ja kattila nuohota. Vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi on arvioitu noin 1 500 euroa.

6.1.3 Öljylämmitysjärjestelmän hinta

Öljylämmityksen uusimisen aiheutuneet kustannukset on arvioitu luvussa 4.3 seuraavasti:

Kaukora Eco 50 (2 kpl)	8 000,00 e
Oilon LJ 45 (2 kpl)	1 662,00 e
Varusteet	6 000,00 e
Asennustyö	8 000,00 e
Yhteensä	23 662,00 e

Öljylämmitysjärjestelmän vuosittaiset huoltokustannukset on arvioitu olevan noin 2.000 euroa.

6.2 Elinkaarikustannuslaskenta

Nykyarvomenetelmällä muutetaan vertailukelpoisiksi eri aikoina ja vuosina tapahtuvat kustannukset (kaava 4 ja 5). Nykyarvomenetelmällä saadaan investoinnin koko elin-

pömpun COP-arvo, 3,44, on valmistajan, Nibe Oy:n, käyttämä arvo. Tämä laskelma on esitetty liitteissä 7 ja 8.

Osateholle suunnitellun lämpöpumpun COP-arvo on hieman edellistä parempi eli 3,69 (liitteet 9 ja 10). Osateholle suunniteltu järjestelmä tuottaa noin 95 % energiantarpeesta lämpöpumpulla. Loput tarvittavasta energiasta tuotetaan öljylämmityskattilalla.

Uuden öljykattilajärjestelmän hyötysuhteen olen arvioinut paranevan 10 % nykyiseen verrattuna.

20 vuoden aikajaksolla ja 3 % vuosikorolla saadaan kaavalla 3 laskettua diskonttauskerroimen seuraavasti:

$$k = \frac{(1+0,03)^{20} - 1}{0,03(1+0,03)^{20}} = 14,877$$

Kaavalla 4 saadaan diskonttaustekijän seuraavasti:

$$d = \frac{1}{(1+0,03)^{20}} = 0,554$$

Kertomalla vuosikustannukset diskonttaustekijällä saadaan vuosikustannusten nykyarvo. Diskonttaustekijän avulla voidaan muuttaa jäännösarvon nykyarvoksi. Öljykattilalaitosten jäännösarvo on 0 euroa. Lämpöpumppujärjestelmien kohdalla energiakentälle jää jäännösarvoa, koska energiakenttien elinkaari oikein mitoitettuna on yli 80 vuotta. Nuorgamin koulu on jo yli 50 vuotta vanha, ja energiakaivon käyttöikä on RT-kortiston mukaan sama kuin kiinteistön. [27]

Taulukko 5 esittää nykyarvot, joissa on otettu huomioon myös jäännösarvo. Nykyisen öljylämmityslaitteiston nykyarvo on lähinnä teoreettinen, koska se on elinkaarensa lopussa.

Taulukko 5. Nykyarvo.

	Nykyinen öljylämmitys	LP Täysteho	LP osateho	Uusittu öljy- lämmitys
Hankintahinta	0	162750	116731	23662
Vuotuiset menot	19800	5163	5154	17820
Vuosihuolto	2000	500	1500	2000
Jäännösarvo	0	90000	70000	0
Nykyarvo	-324329	-197167	-176972	-318534

Taulukko 6 esittää nykyarvot, kun jättää jäännösarvot huomioimatta. Lämpöpumppujärjestelmät ovat erittäin kilpailukykyisiä öljylämmitysjärjestelmän uusimiseen verrattuna. Jos ottaa huomioon, että lämpökaivojen elinkaari on erittäin pitkä ja jättää laskelmiin lämpökaivojen jäännösarvon, päästään tilanteeseen, että lämpöpumppujärjestelmän nykyarvo on lähes puolet öljylämmitysjärjestelmän nykyarvosta.

Taulukko 6. Nykyarvo, jäännösarvo 0 e.

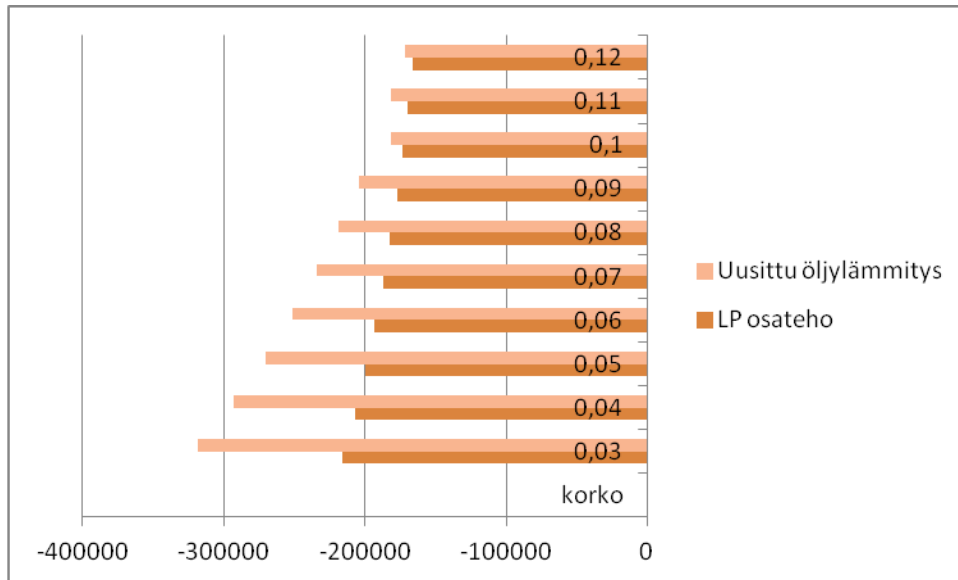
	Nykyinen öljylämmitys	LP Täysteho	LP osateho	Uusittu öljy- lämmitys
Hankintahinta	0	162750	116731	23662
Vuotuiset menot	19800	5163	5154	17820
Vuosihuolto	2000	500	1500	2000
Jäännösarvo	0	0	0	0
Nykyarvo	-324329	-246998	-215729	-318534

Kaikkien järjestelmien jäännösarvon ollessa 0 euroa, on osateholle mitoitettun maalämpöpumppujärjestelmän nykyarvo noin 32 % edullisempi, kuin uusittu öljylämmitysjärjestelmä.

6.3 Herkkyystarkastelu

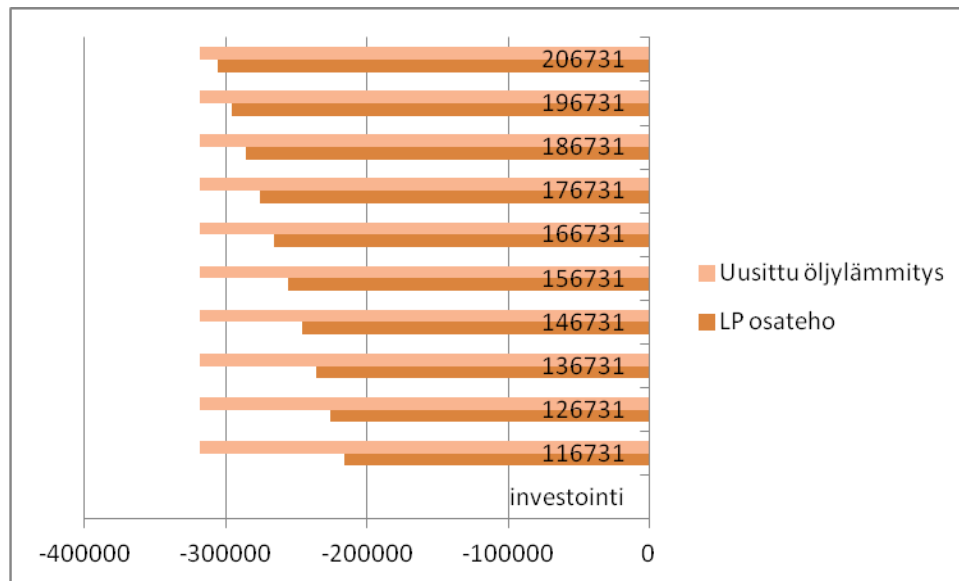
Herkkyystarkastelun avulla on tarkoitus selvittää, miten investoinnin kannattavuus muuttuu, kun muuttujat muuttuvat. Tämän työn investointilaskelmat on tehty todettujen energiankulutuslukemien, valmistajan antamien lämpöpumppuarvojen ja muutaman arvioidun muuttujan perusteella. Arvioidut muuttujat ovat investoinnin suuruus ja korkokanta.

Nykyarvolaskelmat antavat ymmärtää, että osatehoinen maalämpöpumppujärjestelmä on edullisempi vaihtoehto kuin nykyisen järjestelmän uusiminen. Siksi olen vertailut näiden kahden järjestelmän nykyarvoa, kun korko kasvaa ja maalämpöpumppuinvestoinnin arvo suurenee.



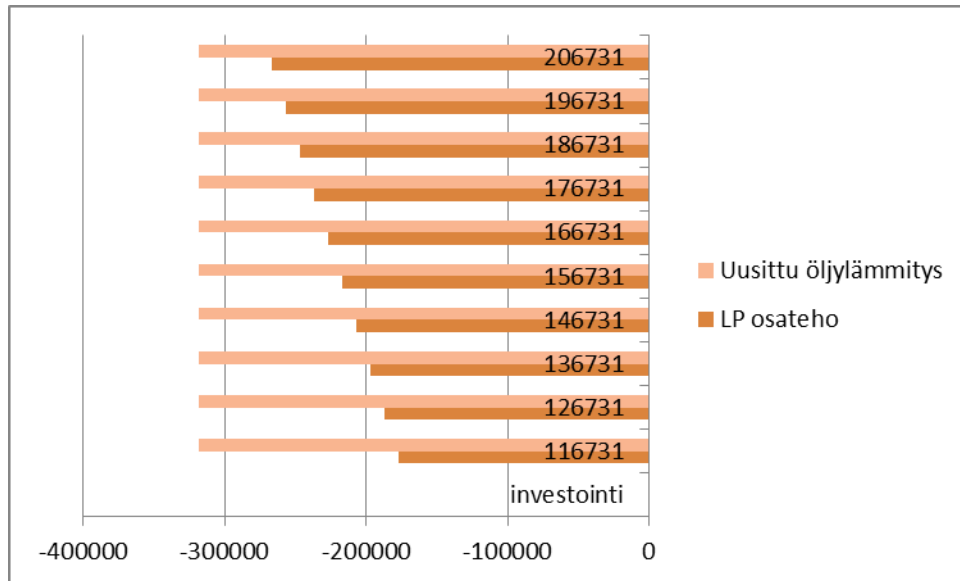
Kaavio 1. Korkokannan vaikutus investoinnin nykyarvoon.

Voidaan todeta, että osatehoinen maalämpöpumppujärjestelmä on kannattavampi investointi kuin öljylämmitysjärjestelmän uusiminen vielä 12 % korkokannalla. Laskelmassa on oletettu, että jäännösarvo on molemmilla investoinnilla 0 euroa (kaavio 1). Mikäli ottaa huomioon investointien jäännösarvot, on ero vielä selvempi lämpöpumppujärjestelmän eduksi.



Kaavio 2. LP-investoinnin hinnan vaikutus nykyarvoon.

Laskelmissa on osatehoisen lämpöpumppujärjestelmän hinnaksi arvioitu noin 117 000 euroa. Hintaan vaikuttaa laitteiden ja asennuksen lisäksi lämpökaivojen hinta, joka riippuu TRT-mittauksen tuloksista. Voidaan todeta, että investoinnin nykyarvo on edullisempi kuin nykyisen järjestelmän uusimisen nykyarvo, vaikka investoinnin arvo olisi melkein kaksinkertainen. Laskelmien lähtökohtana on, että kaikkien investointien jäännösarvo on 0 euroa.



Kaavio 3. LP-investoinnin hinnan ja jäännösarvon vaikutus nykyarvoon.

Kaaviossa 3 on lämpöpumppuinvestoinnin jäännösarvo 70 000 e. Laskelma on tehty 20 vuoden ajalle, ja lämpökaivojen elinkaari on joidenkin arvioiden mukaan yli 80 vuotta.

Energian hinnan kehittymisen vaikutusta en ole ottanut huomioon. Yleinen trendi on, että energian hinta on nousussa. Mitä kalliimmaksi energia muuttuu, sitä edullisemmaksi vähän kuluttava lämmitysmuoto tulee.

7 Yhteenveto

Nuorgamin koulun lämpöpumppujärjestelmän suunnittelun lähtökohta oli selvittää, onko maalämpöpumppujärjestelmän rakentaminen ja lämmitysmuodon vaihtaminen Nuorgamin koululla kannattavaa vai ei. Aikaisemmin tässä insinööriyössä olen laskelmin osoittanut, että vastaus edelliseen kysymykseen on kyllä. Kannattavuus edellyttää kuitenkin, että lämpökentän rakentaminen onnistuu ja että sen hinta on järkevä.

Insinööriyössä olen tarkoituksella yrittänyt suhtautua kriittisesti liian optimistisiin lähtöarvoihin ja laskentatuloksiin. Järjestelmien nykyarvo on laskettu 20 vuoden aikajaksolle. 25 vuoden aikajakson perusteella laskettu nykyarvo muuttaa maalämpöpumppujärjestelmän vielä edullisemmaksi. Jäännösarvon jättäminen pois laskuista toimii öljyläm-

mityksen eduksi. Tosiasia on, että oikein mitoitettun energiakentän elinkaari on vähintään 50 vuotta. Toisin sanoen 25 vuoden kuluttua, kun seuraava lämpöremontti tulee ajankohtaiseksi, on energiakenttä vielä täysin käyttökelpoinen nykyisten kiinteistöjen tai uuden kiinteistön lämmönlähteeksi.

Savuhormien kunnostuksen kustannuksia en ole ottanut huomioon missään järjestelmässä. Tämä vääristää vähän laskelmia, jos vertailee täydelle teholle mitoitettua maalämpöpumppujärjestelmää muihin vaihtoehtoihin. Muiden vaihtoehtojen kohdalla hormien kunnostaminen on välttämätöntä, koska uusien öljylämmityskattiloiden savukaasun lämpötila on niin matala. Tämä aiheuttaa näihin järjestelmiin vähän lisäkustannuksia.

Putkimitoitusta en ole tämän insinööriyön puitteissa tehnyt. Putkimitoitus kannattaa tehdä, kun lämpökentän mitoitus on suoritettu, eli TRT-mittauksen jälkeen.

Laskelmat osoittavat, että osateholle mitoitettun maalämpöpumppujärjestelmän koroton takaisinmaksuaika nykyisillä energian hinnoilla on 6–10 vuotta. Takaisinmaksuaika on riippuvainen investoinnin lopullisesta hinnasta. Laskelmat viittaavat siihen, että maalämpöpumppujärjestelmän rakentaminen Nuorgamiin on kannattavaa myös siinä tapauksessa, että joudutaan poraamaan suurempikin määrä lämpökaivoja.

Lähteet

- 1 Kuntatietoa. 2013. Verkkodokumentti. Utsjoen kunta.
<<http://www.utsjoki.fi/fi/yhteystiedot/kuntatietoa.php>> Luettu 15.2.2012
- 2 Junttila, Erkki. 2012. Utsjoen kunta. Tekninen toimisto. Talonmies. Nuorgam.
Haastattelu 27.9.2012.
- 3 Kevytöljylämmitys. LVI 11-10394. Rakennustieto Oy. 2005.
- 4 Laskukaavat. Kulutuksen normitus. 2013. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/esimerkkeja_kulutuksen_normituksesta>
Luettu 15.2.2012
- 5 Laskukaavat. Lämmin käyttövesi. 2013. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi/> Luettu 15.2.2012
- 6 Ympäristöministeriön asetus energiatodistuksesta. 2013. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö.
<<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135933&lan=fi>> Luettu 15.2.2012
- 7 Rakennuksen vuotoilmavirta. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 8 Walker, Andy. Natural Ventilation. Verkkodokumentti. Natural Renewable Energy Laboratory. <<http://www.wbdg.org/resources/naturalventilation.php>> 15.6.2010
Luettu 17.3.2012
- 9 Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. K1/2003. Korj. ver. 4.7.2007. Energiateollisuus ry. Helsinki.
- 10 Esimerkkejä kulutuksen normituksesta. Lämmin käyttövesi. 2013. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/esimerkkeja_kulutuksen_normituksesta>.
Luettu 15.2.2012
- 11 Palvelusektorin ominaiskulutuksia. 2008. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/palvelusektorin_ominaiskulutuksia>.
<<http://www.motiva.fi/files/1964/lampo.pdf>> Luettu 15.2.2012

- 12 Nibe F1345 Maalämpöpumppu. 2013. Verkkodokumentti. Nibe Oy. <<http://www.nibe.fi/Tuotteet/Maalampopumput/Tuotevalikoima/F1345/>>. Luettu 15.2.2012
- 13 Sanner, Burkhard. Explanation to SPF in EED. 2005. Verkkodokumentti. Blocon Sweden. <<http://www.buildingphysics.com/SPF%20explanation.pdf>>. Luettu 8.3.2012
- 14 Kaukora Eco 40 öljykattila. 2013. Verkkodokumentti. Kaukora Oy. <http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/esitteet/Jaspi_Oljykattilat_0311_web.pdf>. Luettu 15.2.2012
- 15 Oilon LJ20. 2013. Verkkodokumentti. Oilon Oy. <<http://www.oilon.com/oilon-home/tuotteet/polttimet/oljypolttimet/>>. Luettu 15.2.2012
- 16 Hinnasto. 2013. Verkkodokumentti. Ahlsell Oy. <http://www.ahlsell.fi/folder_____16619.aspx>. Luettu 15.2.2012
- 17 Hinnasto. 2013. Verkkodokumentti. Onninen Oy. <<https://www.onnishop.com/irj/portal?ume.logon.locale=fi>>. Luettu 15.2.2012
- 18 Tenojoki. 2013. Verkkodokumentti. TE-keskus. <<http://www.te-keskus.fi/Public/?nodeid=12490&area=7543&lang=1>>. Luettu 15.2.2012
- 19 Poussu, Juho. 2013. Koillismaan poraus ja palvelu Oy. Yrittäjä. Kuusamo. Puhelinkeskustelu 9.3.2013.
- 20 Huusko, Asmo. 2013. Geologian tutkimuskeskus, GTK. Erikoisasantuntija. Oulu. Puhelinkeskustelu 4.2.2013.
- 21 DTS-mittaus. 2013. Verkkodokumentti. GTK. <<http://www.gtk.fi/tutkimus/tutkimusohjelmat/energia/dtsmittaus.htmlf>>. Luettu 21.2.2012
- 22 Kempainen, Joni. 2013 Lämpökaivojen käyttö rakennuksen lämmityksessä. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 23 LP Mitoitusohjelma. Bergheat46. 2013. Verkkodokumentti. <<http://bergheat.ingalsuo.fi/BergheatOhje.pdf>>
- 24 Nordell, Bo. 2008. Bergvärme och bergkyla - princip och funktion. Arkitektur och infrastruktur. Luleå Tekniska Universitet. Uppsala 2008.
- 25 LP Mitoitusohjelma. Nibe VPDIM 2,5. 2013. Nibe Oy
- 26 Yrjölä, Jukka. 2007. Investointilaskelmat. Luentoaineisto. Evtek ammattikorkeakoulu.
- 27 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. LVI 01-10424. Rakennustieto Oy. 2008.

Savukaasuanalyysi

O₂ 13.6 V%
CO 183 ppm
Savuk.lämpö 165 °C
Kastp. 10 °C
ymp.lämpö 18.2 °C
Lambda 2.8
CO₂ 5.4 V%
CO-9% 518 ppm
Häviöt 14.4 %
Häviösuhte 85.6 %

Puh. 040-557 3341

Utsjoken LVI-Palvelu
Pötsikontie 20
22200 UTSJOKI
2013-01-04 10:12

Kevytöljy

Emissionitautaus

O₂ 11.2 V%
CO 82 ppm
Savuk.lämpö 162 °C
Kastp. 8 °C
ymp.lämpö 22.2 °C
Lambda 2.14
CO₂ 7.2 V%
CO-9% 63 ppm
Häviöt 18.5 %
Häviösuhte 81.4 %

Puh. 040-557 3341

Lämmitystarveluvut

Lämmitystarveluvut 1971 – 2000. [8]

Vertailupaikkakunta	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	599	577	559	424	216	36	7	22	160	320	433	543	3 896
Helsinki Kaisaniemi	657	619	574	404	169	12	2	15	144	331	468	594	3 989
Turku	667	629	582	399	170	19	4	23	170	352	488	612	4 115
Helsinki-Vantaa	691	647	593	402	165	18	4	27	185	364	502	631	4 229
Pori	680	639	589	413	189	25	5	29	195	364	500	627	4 255
Tampere-Pirkkala	734	681	614	411	186	29	6	39	211	382	537	672	4 502
Lahti Laune	737	686	615	419	172	25	6	36	215	394	533	674	4 512
Vaasa	732	667	620	445	215	33	9	47	221	397	535	667	4 588
Lappeenranta	771	702	624	425	177	26	6	34	204	404	548	691	4 612
Kuopio	820	748	657	468	213	34	8	43	216	415	579	742	4 943
Jyväskylä	789	727	650	464	217	43	13	63	251	427	576	725	4 945
Joensuu	837	762	670	479	231	43	12	55	237	434	598	759	5 117
Oulu	829	749	674	484	263	49	11	62	243	442	606	758	5 170
Kajaani	867	783	695	502	260	59	21	82	266	460	630	795	5 420
Sodankylä	964	840	759	570	358	113	55	150	330	545	742	911	6 337
Ivalo	947	823	752	575	387	153	76	157	328	545	744	894	6 381

Utsjoki, Kevo. Degree days

Description: Celsius-based heating degree days for a base temperature of 17,5C
 Source: www.degreedays.net (using temperature data from www.wunderground.com)
 Accuracy: Estimates were made to account for missing data: the "% Estimated" column shows how much each figure was affected (0% is best, 100% is worst)
 Utsjoki Kevo, FI
 Station: (27.01E,69.76N)
 Station ID: 2805

Month starting	HDD	% Estimated			
1.9.2009	317	13		1.3.2011	727 9
1.10.2009	606	8		1.4.2011	474 10
1.11.2009	609	7		1.5.2011	395 8
1.12.2009	938	8		1.6.2011	195 8
1.1.2010	1041	8		1.7.2011	145 8
1.2.2010	1020	7		1.8.2011	214 10
1.3.2010	894	8		1.9.2011	263 11
1.4.2010	523	8		1.10.2011	468 10
1.5.2010	382	10		1.11.2011	601 9
1.6.2010	264	9		1.12.2011	699 8 6219
1.7.2010	148	8		1.1.2012	936 13
1.8.2010	243	8		1.2.2012	935 12
1.9.2010	316	7		1.3.2012	725 8
1.10.2010	500	7		1.4.2012	621 8
1.11.2010	923	9		1.5.2012	397 8
1.12.2010	938	8	7192	1.6.2012	270 8
1.1.2011	1012	8		1.7.2012	184 8
1.2.2011	1026	7		1.8.2012	230 7

Lämmönluovutustehot



Tekniikan Porin yksikkö

30.9.97

Radiaattoritelttas Salomaa Oy

Radiaattorit

MITATUT LÄMMÖNLUOVUTUSTEHOT Ø (W) Tyypin 11

Pituus mm	Korkeus 300				Korkeus 450				Korkeus 600			
	Ylälämpötila Δt				Ylälämpötila Δt				Ylälämpötila Δt			
	60 °C	45 °C	35 °C	30 °C	60 °C	45 °C	35 °C	30 °C	60 °C	45 °C	35 °C	30 °C
400	230	160	120	100	350	240	180	150	470	330	240	200
600	340	240	180	150	520	370	270	220	700	490	360	300
800	460	320	240	200	700	490	360	300	940	660	480	400
1000	570	400	300	250	870	610	450	370	1170	820	610	500
1200	690	480	360	290	1040	730	540	450	1400	990	730	600
1400	800	560	420	340	1220	860	630	520	1640	1150	850	700
1600	920	650	470	390	1390	980	720	600	1870	1320	970	800
1800	1030	730	530	440	1570	1100	810	670	2100	1480	1090	900
2000	1150	810	590	490	1740	1220	900	750	2340	1650	1210	1000
2300	1320	930	680	570	2000	1410	1040	860	2690	1890	1390	1150
2600	1490	1050	770	640	2260	1590	1170	970	3040	2140	1580	1310
3000	1720	1210	890	740	2610	1840	1350	1120	3510	2470	1820	1510

Tehoyhtälö :

$$\varnothing = 13,4 \cdot h^{1,03} \cdot \Delta t^{1,22}$$

Ø = lämmönluovutusteho W / m

h = patterin korkeus m

Δt = ylälämpötila °C

Matti Lähdeniemi
Matti Lähdeniemi
Dosentti, yksikön johtaja



Ari Anttonen
Ari Anttonen
Insinööri

Tekniikan Porin yksikkö
Tekniikantie 2
28600 Pori

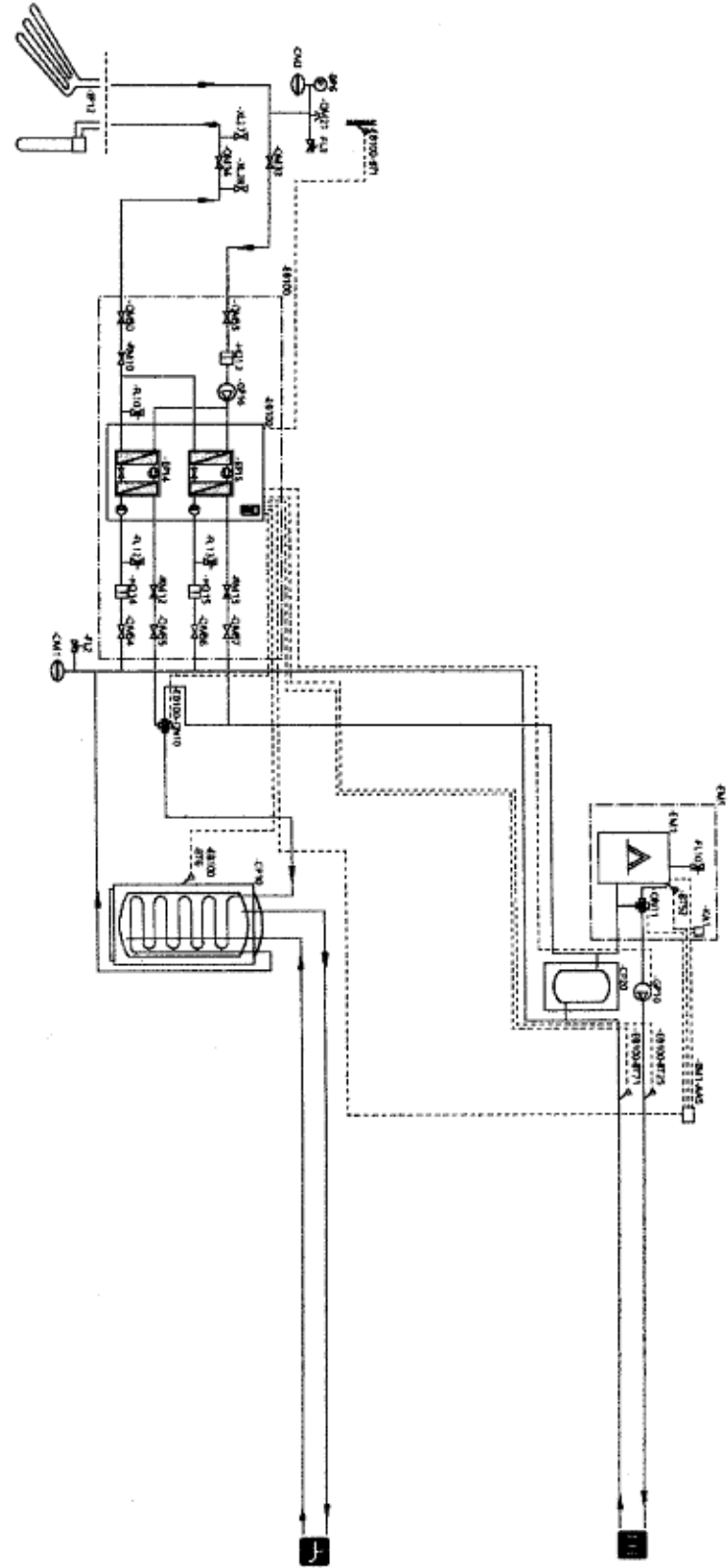
Puh. (02) 6 27 2500
Fax. (02) 6 27 2600

<http://www.spt.fi>

Purmo. Kuvakaappaus

	t_{in}	t_m	t_{out}	ΔT_m												
	55,00	45,00	20,00	29,72												
Purmo Compact / Ventil Compact Heat output																
22.10.2009																
Type	11	21	22	33	11	21	22	33	11	21	22	33				
Height, mm	300	300	300	300	400	400	400	400	450	450	450	450				
Norm output, W/m	546	761	961	1347	711	963	1221	1699	790	1060	1347	1869				
Exponent, n	1,2981	1,2803	1,3094	1,3140	1,3026	1,2940	1,3182	1,3255	1,3048	1,3008	1,3226	1,3313				
Length, mm																
400	112	157	195	273	145	197	247	343	161	216	272	376				
500	140	196	244	341	181	247	309	428	201	271	340	470				
600	167	236	293	410	218	296	371	514	241	325	408	564				
700	195	275	342	478	254	345	432	599	282	379	476	657				
800	223	314	391	546	290	395	494	685	322	433	544	751				
900	251	353	440	615	326	444	556	771	362	487	612	845				
1000	279	393	488	683	363	493	618	856	402	541	690	939				
1100	307	432	537	751	399	543	680	942	443	595	748	1033				
1200	335	471	586	820	435	592	741	1028	483	649	816	1127				
1400	391	550	684	956	508	691	865	1199	563	758	952	1315				
1600	447	628	781	1093	580	789	988	1370	644	866	1088	1503				
1800	502	707	879	1229	653	888	1112	1541	724	974	1224	1691				
2000	558	785	977	1366	725	987	1236	1713	805	1092	1360	1878				
2300	642	903	1123	1571	834	1135	1421	1970	926	1245	1564	2160				
2600	726	1021	1270	1776	943	1283	1606	2227	1046	1407	1768	2442				
3000	837	1178	1465	2049	1088	1480	1853	2569	1207	1623	2040	2818				
RAL Reg. Nr.:	811	812	813	814	811	812	813	814	811	812	813	814				
Type	11	21	22	33	11	21	22	33	11	21	22	33				
Height, mm	500	500	500	500	600	600	600	600	900	900	900	900				
Norm output, W/m	868	1156	1470	2035	1018	1340	1709	2356	1427	1861	2388	3260				
Exponent, n	1,3070	1,3076	1,3270	1,3371	1,3115	1,3213	1,3358	1,3486	1,3170	1,3390	1,3561	1,3600				
Length, mm																
400	177	235	296	408	207	271	343	469	289	373	474	646				
500	221	294	370	510	258	338	428	587	361	466	592	807				
600	265	353	444	612	310	406	514	704	433	559	711	968				
700	309	412	518	714	362	474	600	821	506	652	829	1130				
800	353	470	592	816	413	542	685	939	578	745	948	1291				
900	398	529	666	918	465	609	771	1056	650	838	1066	1453				
1000	442	588	740	1020	517	677	857	1173	722	932	1185	1614				
1100	486	647	814	1122	569	745	943	1291	795	1025	1303	1776				
1200	530	706	888	1224	620	812	1028	1408	867	1118	1422	1937				
1400	618	823	1037	1427	724	948	1200	1643	1011	1304	1659	2260				
1600	707	941	1185	1631	827	1083	1371	1878	1156	1490	1896	2583				
1800	795	1059	1333	1835	930	1218	1542	2112	1300	1677	2133	2905				
2000	883	1176	1481	2039	1034	1354	1714	2347	1445	1863	2370	3228				
2300	1016	1353	1703	2345	1189	1557	1971	2699	1662	2142	2725	3713				
2600	1148	1529	1925	2651	1344	1760	2228	3051	1878	2422	3080	4197				
3000	1325	1764	2221	3059	1551	2031	2571	3520	2167	2795	3554	4842				
RAL Reg. Nr.:	811	812	813	814	811	812	813	814	811	812	813	814				

Maalämpöpumpun ja öljykattilan kytkentäkaavio. Nibe Oy



Täyden tehon LP-järjestelmän energialaskelma. Nibe Oy



ENERGY CALCULATION

21.2.2013

NIBE VPDIM 2.5

REFERENCES

Salesperson / Installer

NIBE AB

Box 14

285 21 MARKARYD

0433 - 73000

Object / Customer

Nuorgamin koulu

PRODUCT

Heat pumps:

NIBE F1345-60

Heat source

Rock

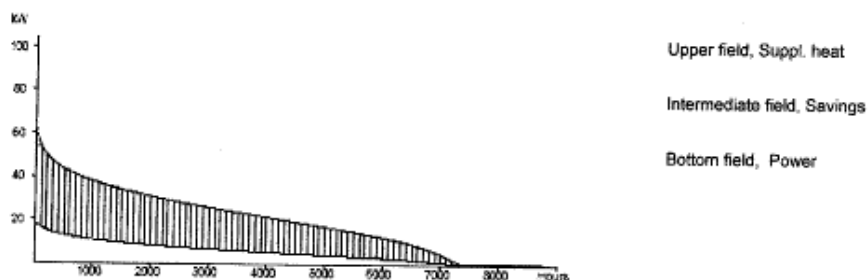
SYSTEM DATA

Oil consumption (80 %)	22 m ³ /year	Mean annual temperature	0 °C
		Design outdoor temperature DOT	-38 °C
		Indoor temperature	21 °C
Net energy demand (excl domestic elec.)	176 000 kWh/year	Solar and body heat covers down to	17 °C
Hot water demand (included in above)	3 500 kWh/year	Flow temperature at DOT	55 °C
Consumption help equip. (circulator etc)	3 285 kWh/year	Return temperature at DOT	45 °C
Power demand	63,1 kW		

ENERGY CONSUMPTION WITH NIBE HEAT PUMP

Energy delivered by heat pump	175 534 kWh/year	Recommended net suppl. power	9,5 kW
Energy supplied to heat pump	51 084 kWh/year	Degree of energy coverage	100 %
Supplementary energy, net	449 kWh/year	Degree of power coverage	85 %
Supplementary energy Oil 100 %	0,0 m ³ /year	SPF, hp (excl suppl. energy and heating circulator)	3,44
Energy for heating circ.	1 445 kWh/year	SPF, total	3,32
Gross energy consumption, electricity	52979 kWh/year	Condensing	Floating
Saving, heat pump	126 306 kWh/year	Hot water from heat pump	100 %

ENERGY DIAGRAM



COLLECTOR DATA

Active borehole depth	1 706 m	Thermal conductivity	3,0 W/mK
Specific energy extraction	75 kWh/m	Incoming heat transfer medium temp, mean	-0,5 °C
Specific power extraction	24 W/m	Heat transfer medium temperature difference	3 °C

NIBE ENERGY SYSTEMS

(The calculation is based on details provided and is not an undertaking.)

Täyden tehon LP-järjestelmä. Laskelma. Nibe Oy



ECONOMIC CALCULATION

21.2.2013 Nuorgamin koulu

NIBE VPDIM 2.5

CONDITIONS

The estimate is based on the enclosed energy calculation and the following conditions

Heat pumps:

Capital cost	1 727 500 kr
Loan amount	1 727 500 kr
Term of bank loan	8 years
Interest rate	3,00 %
Maintenance cost	500 kr/years

Energy prices

Electricity price, high tariff (33 %)	1,1 kr/kWh
Electricity price, low tariff	1,1 kr/kWh
Energy price increase, electricity	2 %/years
Oil	12 000 kr/m ³
Energy price increase, oil	2 %/years

Other conditions

Inflation	2 %
Tax rate	30 %
Loan options	Annulity method
Maintenance cost before measure	5 000 kr
Fixed charge before measure	2 625 kr
Fixed charge after measure	2 625 kr
Price increase, fixed charge	2 %/years

ENERGY COST, FIRST YEAR

Energy cost before measure		Energy cost after measure		Savings, first year	
Energy cost	267 614 kr	Energy cost	58 321 kr	Energy saving, hp	209 292 kr
Maintenance cost	5 000 kr	Maintenance cost	500 kr	Maintenance cost	4 500 kr
Fixed charge	2 625 kr	Fixed charge	2 625 kr	Fixed charge	0 kr
Total costs	275 239 kr	Total costs	61 446 kr	Saving	213 792 kr

ENERGY COST FOR 15 YEARS

NIBE F1345-60			
years	Saving	Cost of loan	Net
1	213 792	228 204	-14 412
2	220 303	229 976	-9 673
3	224 754	231 802	-7 049
4	229 294	233 684	-4 390
5	233 926	235 623	-1 697
6	238 652	237 620	1 031
7	243 473	239 679	3 793
8	248 391	241 801	6 590
9	253 409	0	253 409
10	258 528	0	258 528
Total*	2 116 843	1 718 536	398 304
11	263 751	0	263 751
12	269 079	0	269 079
13	274 515	0	274 515
14	280 060	0	280 060
15	285 718	0	285 718
Total*	3 177 887	1 718 536	1 459 349

Payback period (years) 8,1

* Concerns the current value of the total cost

NIBE ENERGY SYSTEMS

(The economic outcome is dependent on a number of assumptions such as the power rate etc. and should only be seen as a prognosis.)

Osa-tehoisen LP-järjestelmän energialaskelma. Nibe Oy



ENERGY CALCULATION

21.2.2013

NIBE VPDIM 2.5

REFERENCES

Salesperson / Installer

Object / Customer

NIBE AB

Nuorgamin koulu

Box 14

285 21 MARKARYD

0433 - 73000

PRODUCT

Heat pumps:

NIBE F1345-40

Heat source

Rock

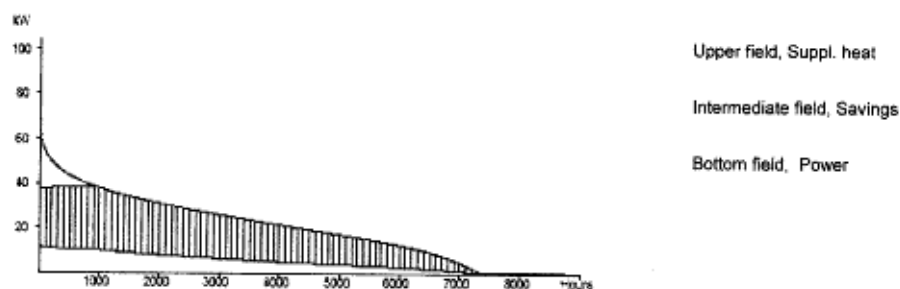
SYSTEM DATA

Oil consumption (80 %)	22 m ³ /year	Mean annual temperature	0 °C
		Design outdoor temperature DOT	-36 °C
		Indoor temperature	21 °C
Net energy demand (excl domestic elec.)	176 000 kWh/year	Solar and body heat covers down to	17 °C
Hot water demand (included in above)	3 500 kWh/year	Flow temperature at DOT	55 °C
Consumption help equip. (circulator etc)	3 285 kWh/year	Return temperature at DOT	45 °C
Power demand	63,1 kW		

ENERGY CONSUMPTION WITH NIBE HEAT PUMP

Energy delivered by heat pump	168 991 kWh/year	Recommended net suppl. power	25,6 kW
Energy supplied to heat pump	45 755 kWh/year	Degree of energy coverage	96 %
Supplementary energy.net	6 992 kWh/year	Degree of power coverage	59 %
Supplementary energy Oil100 %	0,7 m ³ /year	SPF, hp (excl suppl. energy and heating circulator)	3,69
Energy for heating circ.	1 445 kWh/year	SPF, total	3,25
Gross energy consumption, electricity	54192 kWh/year	Condensing	Floating
Saving, heat pump	125 093 kWh/year	Hot water from heat pump	100 %

ENERGY DIAGRAM



COLLECTOR DATA

Active borehole depth	1 336 m	Thermal conductivity	3,0 W/mK
Specific energy extraction	95 kWh/m	Incoming heat transfer medium temp, mean	-0,5 °C
Specific power extraction	22 W/m	Heat transfer medium temperature difference	3 °C

NIBE ENERGY SYSTEMS

(The calculation is based on details provided and is not an undertaking.)

Osa-tehoinen LP-järjestelmä. Laskelma. Nibe Oy



ECONOMIC CALCULATION

21.2.2013 Nuorgamin koulu

NIBE VPDIM 2.5

CONDITIONS

The estimate is based on the enclosed energy calculation and the following conditions

Heat pumps:

Capital cost	1 167 310 kr
Loan amount	1 167 310 kr
Term of bank loan	6 years
Interest rate	3,00 %
Maintenance cost	500 kr/years

Energy prices

Electricity price, high tariff (33 %)	1,1 kr/kWh
Electricity price, low tariff	1,1 kr/kWh
Energy price increase, electricity	2 %/years
Oil	12 000 kr/m ³
Energy price increase, oil	2 %/years

Other conditions

Inflation	2 %
Tax rate	30 %
Loan options	Annuity method
Maintenance cost before measure	5 000 kr
Fixed charge before measure	2 625 kr
Fixed charge after measure	2 625 kr
Price increase, fixed charge	2 %/years

ENERGY COST, FIRST YEAR

Energy cost before measure		Energy cost after measure		Savings, first year	
Energy cost	267 614 kr	Energy cost	60 311 kr	Energy saving, hp	207 303 kr
Maintenance cost	5 000 kr	Maintenance cost	500 kr	Maintenance cost	4 500 kr
Fixed charge	2 625 kr	Fixed charge	2 625 kr	Fixed charge	0 kr
Total costs	275 239 kr	Total costs	63 436 kr	Saving	211 803 kr

ENERGY COST FOR 15 YEARS

NIBE F1345-40			
years	Saving	Cost of loan	Net
1	211 803	202 886	8 917
2	216 253	204 532	13 721
3	222 662	206 229	16 433
4	227 160	207 978	19 182
5	231 749	209 780	21 969
6	236 431	211 637	24 794
7	241 207	0	241 207
8	246 080	0	246 080
9	251 051	0	251 051
10	256 123	0	256 123
Total*	2 097 145	1 159 903	937 242
11	261 297	0	261 297
12	266 575	0	266 575
13	271 960	0	271 960
14	277 454	0	277 454
15	283 059	0	283 059
Total*	3 148 316	1 159 903	1 988 412

Payback period (years) 5,5

* Concerns the current value of the total cost

NIBE ENERGY SYSTEMS

(The economic outcome is dependent on a number of assumptions such as the power rate etc. and should only be seen as a prognosis.)