

Jaakko Vänntilä

**ITÄ-RUKAN KAUKOLÄMPÖALUEEN TEHONTARPEEN MÄÄRIT-
TÄMINEN**

ITÄ-RUKAN KAUKOLÄMPÖALUEEN TEHONTARPEEN MÄÄRIT- TÄMINEN

Jaakko Vänttilä
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikka

Tekijä: Jaakko Vännttilä

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Itä-Rukan kaukolämpöalueen tehontarpeen määrittäminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Determining the District Heating Power of Itä-Ruka

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 67

Itä-Rukan kaukolämpöalueen tehontarpeen määrittäminen on ajankohtaista hiihtokeskus Rukan laajentuessa Itä-Rukan suuntaan. Itä-Rukalle kaavoitetun lomakylän kokonaisrakennusoikeus on 38 000 k-m². Alueelle on valmistunut syksyllä 2019 Rukan kaukolämpöverkon yhdysjohto. Työssä tarkastellaan yhdysjohdon tehonsiirtokapasiteettia. Työssä määritellään kaavoituksen perusteella eri rakennuksille tehontarpeet ja asiakasprofiilit. Kun Rukan nykyisen biolämpökeskuksen kapasiteetti tulevaisuudessa loppuu, lasketaan syntyvän tehovajeen korvaamista lämpöakun ja maalämmön avulla.

Opinnäytetyössä määritellään Itä-Rukalle suunniteltaville rakennuksille kaukolämpöasiakasprofiilit. Profiileista ilmenee muun muassa tuntiset kaukolämmön tehontarpeet. Asiakasprofiilien avulla tehdään ennusteita alueen kaukolämmön tehontarpeen kasvusta usean eri skenaarion mukaisesti. Asiakasprofiilien tehojen summalla saadaan Itä-Rukan alueen kaukolämmön tuntinen kokonaistehontarve. Itä-Rukan kaukolämmön tuntista kokonaistehontarvetta verrataan laskettuun Rukan ja Itä-Rukan välisen runkoputken tehokapasiteettiin. Näin varmistetaan, että runkoputken kapasiteetti riittää siirtämään kaukolämpöä Rukalta Itä-Rukalle.

Työssä määritellään myös kasvukertoimet, joiden avulla tehdään ennusteita kaukolämpöverkon tehokäyrän tehoarvoista ja kaukolämpöverkkoon tuotettavista energiamääristä Itä-Rukan lomakylän ollessa valmis. Ennusteiden avulla lasketaan tarvittavan lämpöakun koko, niin että sillä voidaan korvata puuttuva kaukolämpöenergia. Lämpöakun lisäksi tarkastellaan vaihtoehdoksi myös maalämpöjärjestelmää ja sen mitoitusta.

Rukan biolämpökeskuksen kapasiteetti ei riitä tuottamaan Itä-Rukan kaukolämmön tehontarvetta tulevaisuudessa. Kaukolämmön lisätehontarve on mahdollista korvata noin 100 m³:n lämpöakun tai noin 1 MW:n maalämpöjärjestelmän avulla.

Asiasanat: kaukolämpö, kaavoitusalue, energiamäärä, kapasiteetti, kestävä kehitys

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 KUUSAMON ENERGIA- JA VESIOSUUSKUNTA	7
2.1 Lämmöntuotanto	7
2.2 Vesihuolto	9
3 ITÄ-RUKAN UUSI KAUKOLÄMPÖALUE	10
3.1 RukaValley	10
3.2 Alueelle tuleva infra	12
3.3 Alueelle valmistuneet rakennukset	14
4 UUDEN KAUKOLÄMPÖALUEEN TEKNISET TIEDOT	15
4.1 Kaukolämpö	15
4.2 Kaukolämpö Rukalla	16
4.3 Länsi- ja itä-Rukan välille valmistunut kaukolämpöputki	17
4.4 Putken kapasiteetti	18
4.5 Uuden kaukolämpöalueen asiakastyypit	20
4.5.1 Mökit	22
4.5.2 Paritalomökit	23
4.5.3 Luhtitalot	24
4.5.4 Hotellit	25
4.5.5 Erilliset liikerakennukset	27
5 MITTAUSDATAN ANALYSOINTI	30
5.1 Pysyvyyskäyrä	30
5.2 Kaukolämpöverkon tuntiset tehot	32
5.3 Tuotettu ja myyty energia	36
6 TEHONTARVE TULEVAISUUDESSA	39
6.1 Itä-Ruka	39
6.2 Skenaariot toteutuvista rakennusaikatauluista	42
6.3 Ruka	46
6.4 Rukan alueen lisäenergian tarve	50
7 RATKAISUVAIHTOEHDOT	55

7.1 Lämpöakku	55
7.2 Paluuvien lämmitys maalämmöllä	60
8 YHTEENVETO	63
LÄHTEET	65

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Kuusamon energia- ja vesiosuuskunta. Opinnäytetyön lähtökohtana on se, että hiihtokeskus Rukan laajentuessa Itä-Rukan suuntaan Itä-Rukan alueelle on kaavoitettu ja suunniteltu lomakylä. Alueen rakennuskannan kasvaessa Rukan kaukolämpöverkon ja Itä-Rukan välille on valmistunut syksyllä 2019 uusi kaukolämmön runkoputki. Työssä lasketaan Itä-Rukalle valmistuneen kaukolämmön runkoputken tehokapasiteetti, arvioidaan Itä-Rukalle valmistuvien rakennuksien määrää sekä niiden kaukolämmön tehontarpeita.

Euroopan unionin energiapolitiikan yksi keskeisimmistä tavoitteista on uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käyttö lämmityksen alalla (1, 23 artikla). Tällä hetkellä Rukan kaukolämpö tuotetaan uusiutuvalla energialla, joten työssä selvitetään ratkaisua tehontarpeen tuottamiseen jatkossakin ilman fossiilisia polttoaineita lämpöakun ja maalämpöjärjestelmän avulla.

2 KUUSAMON ENERGIA- JA VESIOSUUSKUNTA

Vuonna 1950 perustettu Kuusamon energia- ja vesiosuuskunta vastaa Kuusamon alueen kaukolämmön tuotannosta ja toimittamisesta, puhtaan veden jakelusta sekä jätevesien puhdistamisesta. Osuuskunnalla on noin 4 200 osakasta. (2, linkit Yritys.)

Kuusamon energia- ja vesiosuuskunta on noin 70 vuoden toiminta-aikanaan laajentanut toimintaansa. Osuuskunnalle valmistui 1960-luvulla jätevesien käsittelylaitos sekä vesitorni. 1970-luvulla rakennettiin Kuusamon Torangin alueelle kemiallis-biologinen jätevedenpuhdistamo, jonka kapasiteettia on myöhemmin lisätty. Kaukolämpötoiminnan Kuusamon energia- ja vesiosuuskunta on ostanut vuonna 1977 Kuusamon kaupungilta. Kuusamon keskustan kaukolämpöverkon energian tuottava Torangin kiinteän polttoaineen lämpökeskus valmistui vuonna 1982. Lämpökeskusta on myöhemmin laajennettu. Vuonna 1990 Rukan vesiosuuskunta ja Kuusamon energia- ja vesiosuuskunta yhdistyivät. Torangin lämpökeskuksen kanssa samalle tontille valmistui vuonna 1993 sähköä ja lämpöä tuottava CHP-laitos. CHP-laitos on sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitos. Samana vuonna 1970-luvulla valmistunut vesitorni uudistettiin. Rukan kaukolämpöverkon energiaa tuottamaan valmistui vuonna 2009 biolämpökeskus ja vuonna 2016 valmistui Rukalle uusi jätevedenpuhdistamo. (2, linkit Yritys.)

2.1 Lämmöntuotanto

Osuuskunnan kaukolämpöverkoston on liittynyt noin 1400 rakennusta. Kaukolämpöverkostoja on kaksi, joista toinen toimii Kuusamon keskustan alueella ja toinen hiihtokeskus Rukan alueella. Molempia kaukolämpöverkostoja on laajennettu tarpeen mukaan vuosien aikana. Vuoden 2018 lopulla kaukolämmön runkoverkosta oli noin 57 km ja talojohtoa noin 48 km. Osuuskunnan lämpökeskuksia ja varalämpökeskuksia on yhteensä yhdeksän kappaletta. Taulukossa 1 on listattuna kaikki Kuusamon energia- ja vesiosuuskunnan omistuksessa olevat lämpökeskukset. (2, linkit Vuosikertomus.)

TAULUKKO 1. Kuusamon energia- ja vesiosuuskunnan lämpökeskukset

	MW	m³
TORANGIN LÄMPÖKESKUKSET	7,5 ja 22	
Polttoainesiiot		700 + 700
Kevytöljysäiliö		100
RUKAN BIOLÄMPÖKESKUS + SAVUKAASUPESURI	4+0,6	
Polttoainesiiot		400
Kevytöljysäiliö		50
RUKAN VARALÄMPÖKESKUKSET	3 ja 2*1,4	
Kevytöljysäiliö		25+5
LOUHEN SIIRRETTÄVÄ VARALÄMPÖKESKUS	0,8	
Kevytöljysäiliö		12+5
TORANGIN VARALÄMPÖKESKUS	1,4	
Kevytöljysäiliö		3
AMMATTIKOULUN VARALÄMPÖKESKUS	8,6	
Kevytöljysäiliö		300+50
TOLPANNIEMEN VARALÄMPÖKESKUS	4	
Kevytöljysäiliö		50+5
SIIRRETTÄVÄ VARALÄMPÖKESKUS	0,47	
Kevytöljysäiliö		5
KYLPYLÄN VARALÄMPÖKESKUS	1,25 ja 1,25	
Kevytöljysäiliö		20
KIRKKOTIEN PAINEENKOROTUSASEMA		
UIMAHALLIN PAINEENKOROTUSASEMA		
SAVUKAASULAUHDUTIN	5	

Kuusamon keskustan kaukolämpö tuotetaan Torangin voimalaitoksella ja Rukan kaukolämpö tuotetaan Rukan biolämpökeskuksella. Molempien laitoksien pääpolttoaineena käytetään paikallisen puuteollisuuden sivutuotteita. Kyseiset sivutuotteet, eli hake, sahanpuru ja puunkuori luokitellaan biopolttoaineiksi. Rukan biolaitoksella energia tuotetaan kokonaan edellä mainituilla biopolttoaineilla, Torangin voimalaitoksella energiantuotan-

nosta biopolttoaineiden osuus on 96,8 %. Häiriötilanteissa käytössä ovat edellisessä taulukossa listatut varalämpökeskukset, jolloin joudutaan käyttämään polttoaineena kevyttä polttoöljyä. (2, linkit Lämpöhuolto.)

POK, eli kevyt polttoöljy on usein juuri varalämpökeskusten polttoaineena. POK-varalämpökeskukset ovat niissä käytettävän polttoaineen hyvien paloteknisten ominaisuuksien vuoksi äkillisten häiriöiden ilmaantuessa nopeasti otettavissa käyttöön. POK:n hyvät palotekniset ominaisuudet mahdollistavat nopean säädettävyyden laajalla tehoalueella (3, s. 205).

Etuja POK:n käyttämiseen varalämpökeskuksissa ovat muun muassa sen helppo kuljetus ja varastoiminen, sekä luotettava polttoprosessi (4, s. 37). Etuna on myös se, että öljyllä toimivan lämpökeskuksen rakentaminen on huomattavasti edullisempaa verrattuna kiinteää biopolttoainetta käyttävän lämpökeskuksen rakentamiseen.

2.2 Vesihuolto

Yhtiön noin 600 kilometriä pitkän vedenjakeluverkoston kautta toimitetaan päivittäin keskimäärin 2800 kuutiota puhdasta pohjavettä. Pohjaveden puhtautensa vuoksi pohjavesi voidaan toimittaa käyttäjille ilman erillistä puhdistusprosessia. Puhdas vesi pumpataan vedenottamoiden kautta vesitorniin, josta se on vesijohtoverkostoja pitkin käyttäjien saatavilla. Vedenottamoita yhtiöllä on 14 kappaletta. (2, linkit Vesihuolto.)

Jätevettä Kuusamon energia- ja vesiosuuskunta puhdistaa Torangin ja Rukan biologis-kemiallisissa jätevedenpuhdistamoissaan noin 3000 kuutiometriä päivässä (2, linkit Vesihuolto). Jätevesiverkostoa pitkin pumpatusta jätevedestä erotellaan kiinteä aines mekaanisesti, minkä jälkeen tehdään fosforia poistava saostus. Fosforinpoiston jälkeen alkaa biologinen puhdistusvaihe, jossa jätevedessä elävä bakteerimassa käyttää ravintonaan kiinteää ainesta. Tämän jälkeen lietemäinen bakteerimassa erotellaan jälkiselkeyttimen avulla puhtaasta vedestä. Lopuksi liete kompostoidaan ja puhdas vesi johdetaan vesistöön. (5, s.4.)

3 ITÄ-RUKAN UUSI KAUKOLÄMPÖALUE

Laskettelu- ja matkailukeskus Ruka sijaitsee Kuusamossa Rukatunturin alueella. Suomen toiseksi suurimman hiihtokeskuksen kävijämäärien lisääntyessä ja rakennuskannan tarpeen kasvaessa Itä-Rukan alueelle on kaavoitettu uusi alue lomakylää varten. Alue on suunniteltu ja brändätty kävelykyläksi, sen nimeksi on annettu RukaValley (6, linkit Majoitus -> Muu majoitus -> Uutta: RukaValley). Kuvassa 1 on havainnekuva Itä-Rukan lomakylästä.



KUVA 1. Havainnekuva Itä-Rukan lomakylästä (7, linkit Yritys- ja sijoituskohteet -> Ruka-Kuusamo)

3.1 RukaValley

Alueen kaavamuutos on tullut voimaan vuonna 2017 ja sitä on päivitetty 30.1.2020. Asemakaavan myötä Itä-Rukan alueelle on tullut matkailurakentamisaluetta lisää 30 000 k-m². (8.) Näin Itä-Rukan alueen kokonaisrakennusoikeus on yhteensä 37 900 k-m². Kuva 2 on ote Itä-Rukan asemakaavasta (8). Kuvassa vasemmalla on Länsi-Ruka johon Rukan palvelut ovat keskittyneet, keskellä Rukatunturi laskettelurinteineen ja oikealla punaisella reunustettu Itä-Rukan uusi lomakyläalue.



KUVA 2. Ote Rukan asemakaavasta (8)

Itä-Ruka sijaitsee Valtavaaran luonnonsuojelualueen ja Rukan laskettelurinteiden välissä (kuva 2). Edellä olevassa kuvassa Valtavaara jää oikealle ylös. Metsähallituksen teettämän toteutettavuusselvityksen mukaan lisääntynyt matkailu Kuusamon alueella on keskittynyt Rukan hiihtokeskukseen (9, s. 21). Tämä mahdollistaa jopa 100 miljoonan euron investoinnit Itä-Rukan infrastruktuurin rakentamiseen ja sen yhdistämiseen Länsi-Rukaan muun muassa rinteiden ja vuonna 2018 valmistuneen gondoliassin avulla (6, linkit Matkailun faktoja).

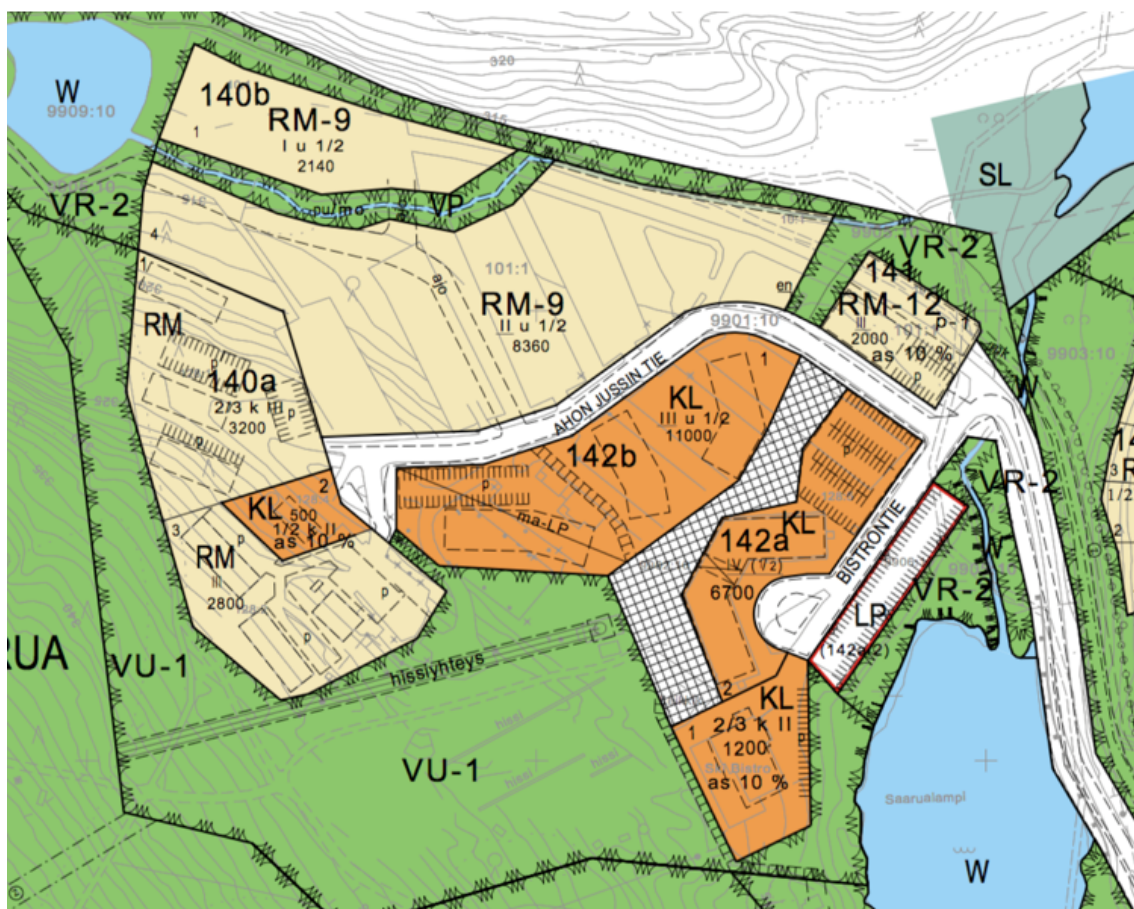
Seuraava kuva 3 on luonnos Itä-Rukan ydinalueesta. Kuvassa keskellä näkyy jo valmistunut gondoliassi ja oikeassa reunassa on Saarualampi.



KUVA 3. Itä-Rukan hankealueen rakennuksia (10, s. 23)

3.2 Alueelle tuleva infra

Itä-Rukan asemakaavassa tontit on keskitetty tiiviiksi kokonaisuudeksi. Alueelle vievä tie päättyy lomakylään, joten ohikulkevaa liikennettä ei ole. Suuria kaukolämmön kuluttajia, kuten kauppakeskusta tai kylpylää alueelle ei toistaiseksi ole suunniteltu. Alueelle suunniteltavien normaalien lomamökkiyksiköiden lisäksi alueelle kaavailtavat tai valmistuneet kaukolämmön kuluttajatyypit ovat Rukalle jo valmistuneiden hotellien tai ravintoloiden kanssa vertailukelpoisia kaukolämmön kuluttajatyyppejä. Kuvassa 4 näkyy Itä-Rukan kaavoitusalue.

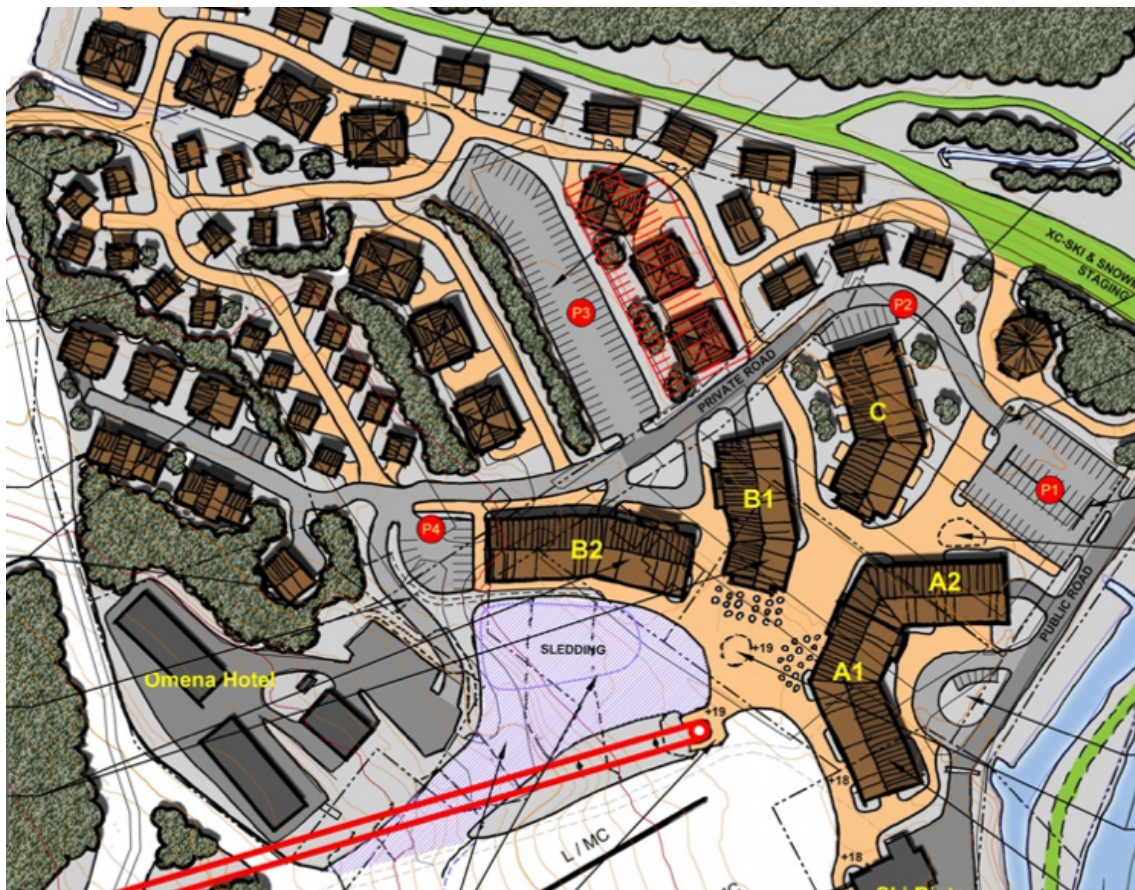


KUVA 4. Itä-Rukan kaavoitusalue (7)

Kaavoitusalueen tontit ja tiestön voi nähdä kuvasta 4. Lomakylän rakennuskannan pääpaino tulee olemaan lomahuoneistoissa. Huoneistot ovat tyypiltään yksittäisiä mökkejä, paritaloja, muutaman huoneiston luhtitaloja sekä Ski-Inn-huoneistoja. (11, linkit Services -> Ski Area Design -> Ruka.) Ski-Inn-huoneistot ovat hotellityyppisiä isompia lomahuoneistoja, joissa kaikissa on oma keittiö ja sauna (12, linkit Valikko -> Vapaa-ajan asunnot

-> Kiinteistö Oy RukaValley). Alueelle jo rakennettuun RukaValley hotelliin on avattu minimarket sekä lasketteluvälinevuokraus. Lisäksi alueelle on kaavailtu rakennettavan muun muassa ravintola ja safaritalo. (6, linkit Majoitus -> Muu majoitus -> Uutta: Ruka-Valley.)

Alla olevassa kuvassa 5 on Ecosign Mountain Resort Planners Ltd:n tekemä luonnos alueen kävelykylätyyppisestä ratkaisusta. Alue tullaan todennäköisesti toteuttamaan edellä mainitun suunnittelutoimiston tekemän Master Planin mukaisesti (11, linkit Services -> Ski Area Design -> Ruka). Kuvan 5 hahmottamista helpottaa punaisella merkitty gondolihipsi.



KUVA 5. Itä-Rukan lomakylän rakennukset (11, linkit Services -> Ski Area Design -> Ruka)

Kuvasta 5 nähdään, että luonnoksessa erilaisia rakennustyyppisiä on useampia. Rakennusten tyyliä tulee olemaan älykäs puurakentaminen. Rakennustyyliä Itä-Rukalle ovat suunnitelleet Ecosign Mountain Resort Planners Ltd:n lisäksi Nordic Business Center ja suunnittelutoimisto Muuan (10, s. 34).

3.3 Alueelle valmistuneet rakennukset

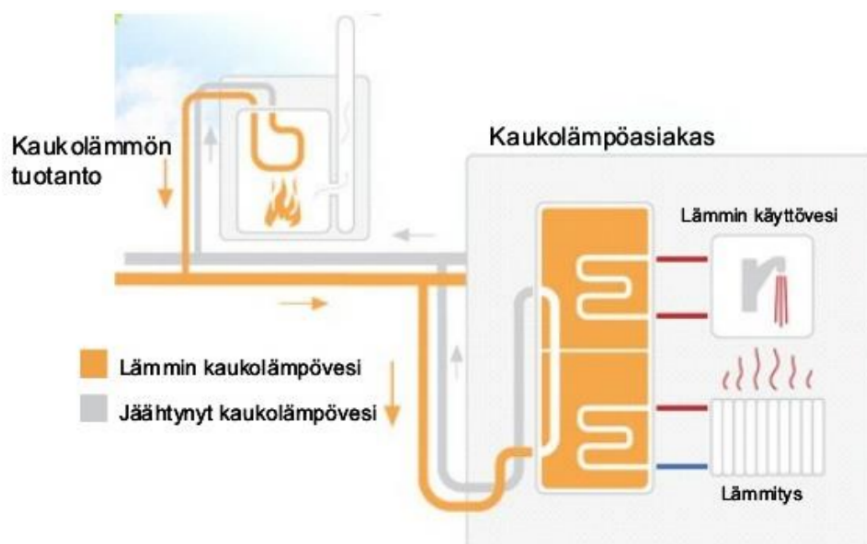
Kaavoitetulla alueella on jo valmistuneita rakennuksia. Tontilla 140a-3 on vuonna 2001 rakennettu Vuosselin Helmi, jossa on lomahuoneistoja ja rinneravintola Ski Booster. Tontille 142a-1 valmistui vuonna 2014 rinneravintola Ski Bistro (13). Tontilla 142a-2 on Itä-Rukan lomakylähankeeseen kuuluva vuonna 2019 osittain käyttöönotettu hotelli Ruka-Valley.

4 UUDEN KAUKOLÄMPÖALUEEN TEKNISET TIEDOT

Itä-Rukan alueen rakennuskannan käyttöveden- ja lämmöntarve on taloudellisesti kannattavinta ja energiatehokkainta kattaa Rukan kaukolämpöverkon ja kaukolämpölaitoksen avulla käyttäen uusiutuvia polttoaineita.

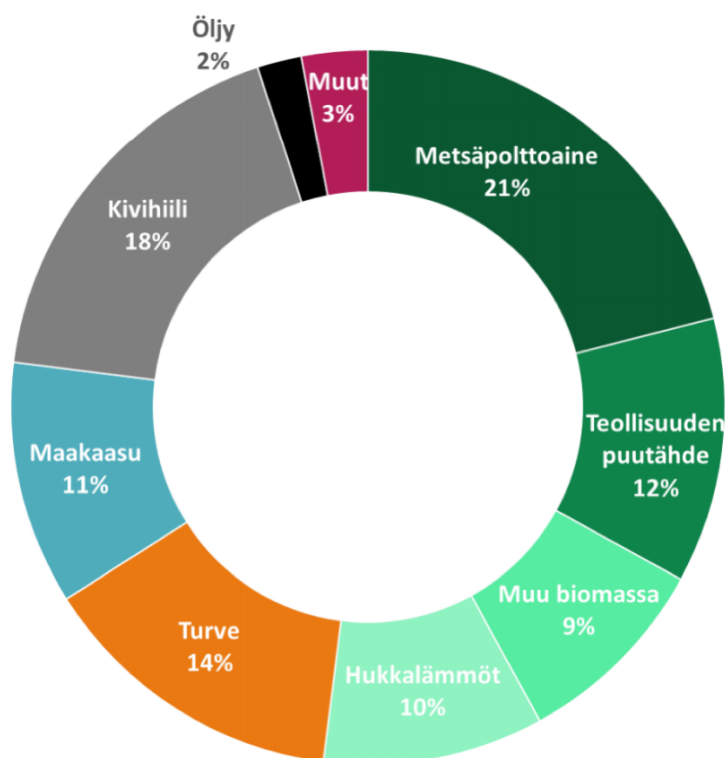
4.1 Kaukolämpö

Kaukolämmön peruseriaate on yksinkertainen. Kuvassa 6 on esitetty periaate siitä, miten kaukolämpövesi kiertää lämmöntuotantolaitokselta kaukolämpöasiakkaan lämmönsiirtimelle ja sieltä takaisin lämmitettäväksi. Kaukolämpöverkoston eristetyt putket kulkevat yleensä maan alla noin 0,5 - 1 metrin syvyydessä jalkakäytävien ja pyöräteiden kohdalla (14).



KUVA 6. Kaukolämpöjärjestelmän toimintaperiaate yksinkertaistettuna (15, s. 4)

Kuvasta 6 voidaan nähdä yksinkertainen malli kaukolämpöjärjestelmän toimintaperiaatteesta. Kaukolämpöä voidaan tuottaa erillistuotantolaitoksissa tai sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa. Suomessa kaukolämmitys on yleisin rakennusten lämmitysmuoto. Viime vuosina kaukolämmön polttoaineina ovat yleistyneet uusiutuvat polttoaineet, näitä ovat muun muassa metsäperäinen polttoaine ja hukkalämmöt (16). Hukkalämpöä otetaan talteen esimerkiksi voima- ja lämpölaitosten savukaasuista, viemäriverden lämmöstä sekä teollisuuden lämpimistä jätevesistä. Kuvassa 7 on esitetty kaukolämmön energianlähteitä.



KUVA 7. Kaukolämmön energialähteiden osuudet vuonna 2019 (17, s. 5)

Suurin kaukolämmön energialähde vuonna 2019 oli metsäpolttoaine, eli puuperäinen polttoaine (kuva 7). Puuperäisestä polttoaineesta käytetään myös nimeä biopolttoaine. Viimeisen kymmenen vuoden aikana kaukolämmön energialähteenä hukkalämpöjen osuus on yli kolminkertaistunut ja uusiutuvien energialähteiden osuus on yli kaksinkertaistunut. Öljyn ja kivihiilen käyttö kaukolämmön energialähteenä on vähentynyt yli kolmanneksella.

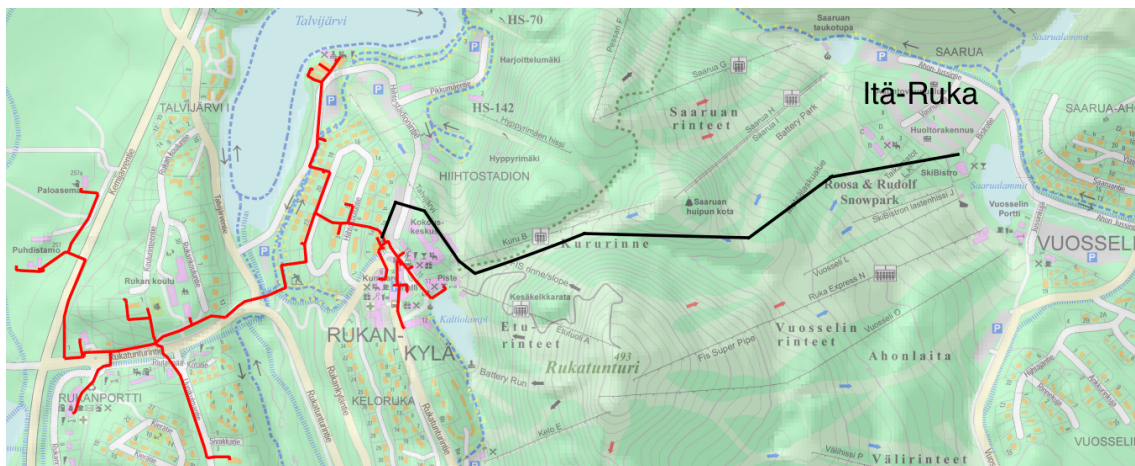
4.2 Kaukolämpö Rukalla

Rukan kaukolämpöenergian polttoaineena käytetään biopolttoaineeksi luokiteltavaa teollisuuden puutähdettä. Varavoimalaitosten polttoaineena on POK. Vuonna 2009 valmistunut Rukan biolämpökeskus on 4 MW:n kiinteän polttoaineen kattila. Lisäksi kattilassa on nykyisillä säädöillään 0,6 MW:n tehoa tuottava savukaasupesuri, jolla otetaan lämpöä talteen savukaasuista. Rukan kaukolämpöverkossa on varalämpökeskuksia häiriö- ja poikkeustilanteita varten kolme kappaletta: yksi 3 MW:n lämpökeskus ja kaksi 1,4 MW:n lämpökeskusta. Kuusamon energia- ja vesiosuuskunnan kaikki lämpökeskukset ovat etäohjattavia ja niitä ohjataan Torangin voimalaitoksen valvomosta. (18.)

4.3 Länsi- ja itä-Rukan välille valmistunut kaukolämpöputki

Kaavoitetulle Itä-Rukan hankealueelle syksyllä 2019 valmistunut kaukolämmön runkoputki laajentaa Rukan kaukolämpöverkoston Itä-Rukalle. Kaukolämpöputki kulkee suoraan Rukatunturin huipun yli Länsi-Rukalta Itä-Rukalle. Kaukolämpöputken mitoituksen ja suunnitelman on tehnyt Planora Oy. Planoran laskentareportissa Länsi- ja Itä-Rukan väliseksi kaukolämmönputkeksi on mitoitettu DN 125 -runkoputki. (19, s. 5; 6.)

Seuraavassa kuvassa 8 on punaisella viivalla merkitty Rukan kaukolämpöverkosto. Uusi Länsi- ja Itä-Rukan yhdistävä kaukolämpöjohto on merkitty kuvaan mustalla viivalla.



KUVA 8. Rukan kaukolämpöverkoston vanha osa ja uusi Itä-Rukan runkoputki

Kuvassa 8 näkyvä uusi kaukolämpöputki on noin 1,7 km pitkä. Rukatunturin ylityksessä kaukolämpöputken korkeusero lähtöpisteeseen verrattuna on yli 100 m. Tämä tarkoittaa sitä, että putkessa pelkästään staattinen paine-ero kasvaa noin 10 baariin. Suuren korkeus- ja paine-eron vuoksi johdossa on Rukatunturin länsipuolella menopuolen paineenkorotuspumppu ja paluupuolen kuristusventtiili sekä itäpuolella tulopuolen kuristusventtiili ja paluupuolen paineenkorotuspumppu.

Rukan kaukolämpöverkoston virtausarvojen perusteella verkosto on väljä. Planora Oy:n tekemässä Rukan kaukolämpöverkoston laskentareportissa todetaan seuraavaa: ”Paluupaineiden puolesta verkostossa ei ole ongelmia, 7,9 bar staattinen paluupaine Biolaitoksella on riittävä pitämään paluupaineet yli 1 bar tasolla. Biolaitokselta ajettu 1,7 bar paikallinen paine-ero on riittävä pitämään kaikkien kuluttajien paine-erot yli 0,6 bar.” Plano-

ran selvityksen perusteella uusi kaukolämpöverkoston yhdysjohto Itä-Rukalle ei rasita nykyisen kaukolämpöverkoston paine-eroja, eikä virtausnopeuksia. Rukan biolaitoksen paluupuolen virtausnopeuksille ja paineille ei tarvitse tehdä erityisiä toimenpiteitä kaukolämpöverkoston laajentuessa Itä-Rukalle. (19, s. 4.)

4.4 Putken kapasiteetti

Rukan biolaitoksen mittaustietojen perusteella laskettu keskimääräinen kaukolämpöverkon meno- ja paluulämpötilojen erotus kaukolämmön tarvekuukausina on noin 50 °C. Itä-Rukalle kulkevan DN 125 -runkolinjan tehonsiirtokapasiteetti voidaan laskea kyseisellä lämpötilaerolla. Yleisellä tasolla kaukolämmön runkoputken virtausnopeutena voidaan pitää 2,5 m/s. Jotta tehokapasiteetti saadaan laskettua, lasketaan ensin DN 125 -runkoputken sisäpinta-ala kaavalla 1 sekä mitoitusvirtaaman ja kaukolämpöputken virtausalan avulla laskettu tilavuusvirtaus kaavalla 2.

$$A = \frac{\pi}{4} * d_s^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

$$A = \text{putken sisäpinta - ala (m}^2\text{)}$$

$$d_s = \text{putken sisähalkaisija (m)}$$

$$qv = v * A \quad \text{KAAVA 2}$$

$$qv = \text{tilavuusvirtaus (m}^3\text{/s)}$$

$$v = \text{virtausnopeus (m/s)}$$

$$A = \text{putken sisäpinta - ala (m}^2\text{)}$$

Kun tiedetään putkessa kulkevan fluidin tiheys, fluidin ominaislämpökapasiteetti ja tilavuusvirtaus, voidaan laskea runkoputken maksimiteho kaavalla 3.

$$\emptyset = C_p * \rho * q_v * \Delta T \quad \text{KAAVA 3}$$

$$\emptyset = \text{Teho (W)}$$

$C_p = \text{ominaislämpökapasiteetti (J/K * kg)}$

$\rho = \text{tiheys (kg/m}^3\text{)}$

$q_v = \text{tilavuusvirtaus (m}^3\text{/s)}$

$\Delta T = \text{lämpötilaero (}^\circ\text{C)}$

Edellisellä kaavalla runkoputken maksimitehoksi saadaan 7,193 MW. Runkoputken kapasiteetti riittää reilusti siirtämään Itä-Rukan hankealueen tulevaa tehontarvetta. Tämä putkikoko mahdollistaa myös verkon laajentumisen pidemmällekin. Taulukossa 2 on esitetty putken tehokapasiteettia eri virtausnopeuksilla ja eri lämpötilaeroilla.

TAULUKKO 2. DN125 -kaukolämpöputken tehokapasiteetti eri virtausarvoilla

Virtausnopeus	Lämpötilaero	Teho
<i>m/s</i>	<i>°C</i>	<i>MW</i>
1,5	30	2,6
2	30	3,5
2,5	30	4,3
3	30	5,2
1,5	40	3,5
2	40	4,6
2,5	40	5,8
3	40	6,9
1,5	50	4,3
2	50	5,8
2,5	50	7,2
3	50	8,6
1,5	55	4,7
2	55	6,3
2,5	55	7,9
3	55	9,5

Taulukosta 2 voidaan lukea, miten eri virtausnopeudet ja lämpötilaerot vaikuttavat putken tehoon. Esimerkiksi jos kaukolämpöasiakkailta ei saada verkostoon tarpeeksi suurta meno- ja paluueden lämpötilaeroa, tehot jäävät pienimmillä virtausnopeuksilla alhaisiksi.

30 asteen lämpötilaerolla tarvittaisiin jopa 3 m/s virtausnopeutta 5,2 MW:n tehon saavuttamiseksi.

4.5 Uuden kaukolämpöalueen asiakastyypit

Kaukolämpöalueen asiakastyypit arvioidaan Ecosign Mountain Resort Planners Ltd:n tekemän Master Planin mukaisesti (11, linkit Services -> Ski Area Design -> Ruka). Alla olevassa taulukossa 3 on arvio Itä-Rukan kaukolämmön asiakastyypeistä, huoneistojen määristä ja pinta-aloista. Taulukon alareunassa on rakennuksien ja huoneistojen määrä yhteensä, jos mukaan luetaan myös Itä-Rukalle aiemmin rakennetut hotelli Vuosselin Helmi ja ravintola Ski Bistro. Molemmilla rakennuksilla on omat lämmitysjärjestelmät.

TAULUKKO 3. Itä-Rukan kaukolämpöalueen asiakastyypit

Asiakastyypit	Rakennuksien määrä	Rakennusneliöt m ²
Yksittäinen mökki	20	2 000
Paritalomökki	17	3 060
Luhtitalo		
4 asunnon luhtitalo	11	3 520
6 asunnon luhtitalo	2	960
Hotelli RukaValley	1	
Huoneistoja 119 kpl		4 760
Liiketiloja 5 kpl		1 000
Hotelli 142b	3	
Huoneistoja 120 kpl		4 800
Liiketiloja 2 kpl		400
Safari Center	1	200
Yhteensä	55	20 700
Vuosselin Helmi	3	4 000
Ski Bistro	1	600
Yhteensä	59	25 300

4.5.1 Mökit

Yksittäisiä mökkejä uudelle kaukolämpöalueelle tulee noin 20 kappaletta. Yksittäisen mökin keskimääräisen kerrosneliömäärän oletetaan olevan noin 100 m². Yksittäisen mökin lämmityksen tehontarpeen oletetaan olevan Suomalainen kaukolämmitys julkaisun taulukon 1 mukaan 17 W/m³ (4, s. 20). Yksittäisen 100 m²:n vapaa-ajan asunnon lämmityksen tehontarve lasketaan kaavalla 4.

$$\phi_{\text{lämmitys}} = \phi_{\text{lämmitys}/m^3} * \text{kerrosala} * \text{huonekorkeus} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$\phi_{\text{lämmitys}} = \text{lämmityksen tehontarve (W)}$$

$$\phi_{\text{lämmitys}/m^3} = \text{lämmityksen tehontarve rakennuskuutiota kohden (W)}$$

$$\text{kerrosala} = \text{rakennuksen kerrosala (m}^2\text{)}$$

$$\text{huonekorkeus} = \text{huoneiston keskimääräinen huonekorkeus (m)}$$

Energiateollisuus ry:n (aiemmin Suomen Kaukolämpö ry) suosituksen K15/1998 mukaan yksittäisen asuinrakennuksen käyttöveden tuntisen tehontarpeen voidaan olettaa olevan 5 kW (20, s. 25). Käyttöveden hetkellinen tehontarve lasketaan lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimen mitoittavalla kaavalla 5 (4, s. 100).

$$\phi_{\text{lkv}} = q_v * \rho * c_p * \Delta T \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\phi_{\text{lkv}} = \text{käyttövesiteho (kW)}$$

$$q_v = \text{käyttöveden mitoitusvirtaama (dm}^3\text{/s)}$$

$$c_p = \text{ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg * K)}$$

$$\Delta T = \text{lämpötilaero (°C)}$$

Mitoitusvirtaaman arvo kaavaan saadaan aiemmin voimassa olleen RakMk:n (Suomen rakentamismääräyskokoelma) osan D1 taulukosta 2 (21, s. 37). Normivirtaamien summa

on yhdessä huoneistossa aina 0,3 dm³/s. Lämpötilaeron arvo kaavassa on Energiateollisuus Ry:n julkaisun K1 mukaan 48 celsiusastetta (22, s. 8). Taulukossa 4 esitetään yksittäisen vapaa-ajan asunnon kuluttajaprofiili.

TAULUKKO 4. Yksittäisen vapaa-ajan asunnon kuluttajaprofiili

Yksittäinen vapaa-ajan asunto	
Huonekorkeus	3 metriä
Kerrosala/huoneisto	100 m ²
Lämmityksen tehontarve 17 W/m ³	5 kW
Käyttöveden tuntinen tehontarve	5 kW
Käyttöveden hetkellinen tehontarve	60 kW
Yksittäisen asunnon tuntinen tehontarve	10 kW
Yksittäisen asunnon hetkellinen tehontarve	65 kW

4.5.2 Paritalomökkit

Kahden huoneiston vapaa-ajan asunnon eli paritalomökin lämmityksen tehontarpeen rakennuskuutiota kohden voidaan olettaa olevan sama kuin se on yksittäisessä vapaa-ajan asunnossakin. Lämmityksen tehontarve lasketaan kaavalla 4. Käyttöveden tuntinen tehontarve saadaan Energiateollisuus ry:n suosituksen K15/1998 liitteen 1 sivulta 1 (20, s. 25). Käyttöveden hetkellinen tehontarve lasketaan kaavalla 5. Käyttöveden normivirtaamien summa on yhdessä huoneistossa 0,3 dm³/s, joten kahden huoneiston arvolla 0,6 dm³/s saadaan aiemmin voimassa olleen RakMk:n osan D1 taulukosta 2 mitoitusvirtaaman arvoksi 0,4 dm³/s (21, s. 37). Tehontarpeiden arvot voi nähdä taulukosta 5.

TAULUKKO 5. Kahden huoneiston vapaa-ajan asunnon kuluttajaprofiili

Paritalo (kaksi huoneistoa)	
Huonekorkeus	3 metriä
Kerrosala/huoneisto	90 m ²
Lämmityksen tehontarve 17 W/m ³	9
Käyttöveden tuntinen tehontarve	10 kW
Käyttöveden hetkellinen tehontarve	81 kW
Paritalon tuntinen tehontarve	19 kW
Paritalon hetkellinen tehontarve	90 kW

4.5.3 Luhtitalot

Neljän huoneiston luhtitalon lämmityksen tehontarpeen arvioidaan olevan 20 W/m³ (4, s. 20). Koko neljän huoneiston luhtitalon lämmityksen tuntinen tehontarve lasketaan kaavalla 4. Käyttöveden tuntinen tehontarve saadaan Energiateollisuus ry:n suosituksen K15/1998 liitteen 1 sivulta 1 (20, s. 25). Käyttöveden hetkellinen tehontarve lasketaan kaavalla 5. Käyttöveden mitoitusvirtaaman arvoksi saadaan neljän huoneistojen normivirtaamien summaa vastaava mitoitusvirtaaman arvo aiemmin voimassa olleen RakMk:n osan D1 taulukosta 2 (21, s. 37). Taulukossa 6 on luhtitalon kuluttajaprofiili.

TAULUKKO 6. Neljän huoneiston luhtitalon kuluttajaprofiili

Luhtitalo (neljä huoneistoa)	
Huonekorkeus	3 metriä
Kerrosala/huoneisto	80 m ²
Lämmityksen tehontarve 20 W/m ³	19 kW
Käyttöveden tuntinen tehontarve	15 kW
Käyttöveden hetkellinen tehontarve	95 kW
Luhtitalo-4:n tuntinen tehontarve	34 kW
Luhtitalo-4:n hetkellinen tehontarve	114 kW

Kuuden huoneiston luhtitalon lämmityksen arvot saadaan samalla tavalla neljän huoneiston arvojen kanssa. Taulukosta 7 voidaan nähdä kuuden huoneiston luhtitalon tehontarpeet.

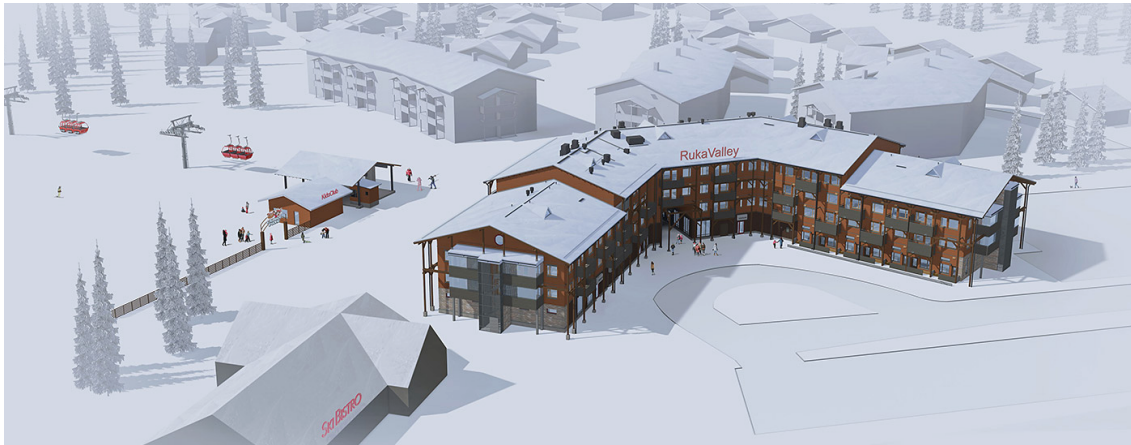
TAULUKKO 7. Kuuden huoneiston luhtitalon kuluttajaprofiili

Luhtitalo (kuusi huoneistoa)	
Huonekorkeus	3 metriä
Kerrosala/huoneisto	80 m ²
Lämmityksen tehontarve 20 W/m ³	29
Käyttöveden tuntinen tehontarve	20 kW
Käyttöveden hetkellinen tehontarve	107 kW
Luhtitalo-6:n tuntinen tehontarve	49 kW
Luhtitalo-6:n hetkellinen tehontarve	136 kW

4.5.4 Hotellit

Itä-Rukan kaavoitusalueelle on rakennettu vuonna 2001 hotelli Vuosselin Helmi. Hotelli on kolmen luhtitalon kompleksi. Huoneistoja hotellissa on 100 kappaletta. Hotellin huoneistoissa on omat keittiöt ja kylpyhuoneet. Osassa huoneistoja on myös sauna. Vuosselin Helmi ei ole liittynyt Itä-Rukan kaukolämpöverkostoon, vaan sillä on oma lämmitysjärjestelmä. Kiinteistö Oy Vuosselin Helmen isännöitsijän mukaan rakennuksen lämmitys toimii suoralla sähköllä. Käyttöveden lämmitys toimii sähkövesivaraajan avulla. Kiinteistön isännöitsijän kertoo, että kyseisen rakennuskokonaisuuden kohdalla rakennuksen lämmitysjärjestelmän päivitys tulee tarkasteluun aikaisintaan 10 - 15 vuoden päästä. (23.)

Toinen Itä-Rukalle jo valmistunut hotelli on hotelli RukaValley. Hotelli on osittain otettu käyttöön vuonna 2019. Hotelli sisältää 39 hotellihuonetta ja 80 huoneistoa. Kaikissa hotellihuoneissa ja huoneistoissa on sauna. Lisäksi hotellissa on minimarket, familypark sekä ravintola. Hotelliin avautuu myöhemmin ainakin toinen ravintola. (6, linkit Majoitus -> Muu majoitus -> Uutta: RukaValley.) Hotelli on toistaiseksi Itä-Rukalle vievän kaukolämpöputken ainoa asiakas. Kuvassa 10 on mallinnus hotellista.



KUVA 10. Mallinnus Itä-Rukan RukaValley hotellista (12, linkit Valikko -> Vapaa-ajan asunnot -> Kiinteistö Oy RukaValley)

Kuvan 10 hotellin keskimääräiseksi huonekorkeudeksi on arvioitu kolme metriä. Lämmityksen tehontarpeeksi arvioidaan 20 W/m^3 . Koko rakennuksen lämmityksen tehontarve lasketaan kaavalla 4. Hetkellinen käyttöveden tehontarve on laskettu kaavalla 5 RukaValley hotellin lämmönjakokeskuksen säätökaaviosta saadulla mitoitusvirtaaman arvolla $3,36 \text{ dm}^3/\text{s}$. Käyttöveden tuntinen tehontarve saadaan samalla mitoitusvirtaaman arvolla jatkamalla Energiateollisuus ry:n suosituksen K15/1998 liitteen 1 sivun 3 taulukkoa (20, s. S38). Hotelli RukaValleyn tehontarpeet ovat koottuna taulukon 8 kuluttajaprofiiliin.

TAULUKKO 8. Hotelli RukaValleyn kuluttajaprofiili

Hotelli RukaValley (119 huoneistoa, 5 liiketilaa)	
Huonekorkeus	3 metriä
Hotellin kerrosala	5 760 m ²
Lämmityksen tehontarve 20 W/m^3	346 kW
Käyttöveden tuntinen tehontarve	125 kW
Käyttöveden hetkellinen tehontarve	677 kW
RukaValleyn tuntinen tehontarve	471 kW
Rukavalleyn hetkellinen tehontarve	1 023 kW

Itä-Rukalle kaavaillun lomakylän tontille 142b on Ecosign Mountain Resort Planners Ltd:n hankesuunnitelmassa hahmoteltu huoneistohotelli (11, linkit Services -> Ski Area Design

-> Ruka). Hotellista käytetään tässä opinnäytetyössä nimitystä Hotelli 142b. Hotellin lämmityksen tehontarve on laskettu kaavalla 4. Käyttöveden tuntisen ja hetkellisen tehontarpeen on oletettu olevan samat kuin hotelli RukaValleyssa. Tehontarpeiden arvot näkyvät taulukossa 9.

TAULUKKO 9. Hotellin 142b:n asiakasprofiili

Hotelli 142b (120 huoneistoa, 2 liiketilaa)	
Huonekorkeus	3 metriä
Hotellin kerrosala	5 200 m ²
Lämmityksen tehontarve 20 W/m ³	312 kW
Käyttöveden tuntinen tehontarve	125 kW
Käyttöveden hetkellinen tehontarve	677 kW
142B:n tuntinen tehontarve	437 kW
142b:n hetkellinen tehontarve	989 kW

4.5.5 Erilliset liikerakennukset

Suurin osa Itä-Rukan liikerakennuksista on suunniteltu hotellirakennuksien yhteyteen. Alueelle on valmistunut vuonna 2014 ravintola Ski Bistro (13). Ski Bistrolla on lämmitysjärjestelmänä maalämpö (24). Tästä syystä ravintolassa on vesikiertoinen lämmitys, joten se on potentiaalinen kaukolämpöverkkoon liittyjä kauempana tulevaisuudessa. Jos liittyminen tulee tapahtumaan, Itä- ja Länsi-Rukan välisen kaukolämpöputken tehokapasiteetti mahdollistaa myös Ski Bistron liittymisen kaukolämpöverkkoon.

Ecosign Mountain Resort Planners Ltd:n Ruka Master Planissa Itä-Rukan lomakylän reunaan on suunniteltu liikerakennus Safari Centerille (11, linkit Services -> Ski Area Design -> Ruka). Safari Centerin lämmityksen tehontarpeeksi on oletettu 25 W/m³. Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaamaksi arvioidaan 0,68 dm³/s. Tällä mitoitusvirtaamalla on saatu tuntinen käyttövesiteho Energiäteollisuus ry:n suosituksen K15/1998 liitteen sivun 1 taulukosta 3 (20, s. 28). Hetkellinen käyttövesiteho on laskettu kaavalla 5. Taulukossa 10 on Safari Centerin kuluttajaprofiili.

TAULUKKO 10. Safari Centerin kuluttajaprofiili

Safari Center	
Huonekorkeus	3 metriä
Kerrosala	200 m ²
Lämmityksen tehontarve 25 W/m ³	15 kW
Käyttöveden tuntinen tehontarve	25 kW
Käyttöveden hetkellinen tehontarve	137 kW
Safari Centerin tuntinen tehontarve	40 kW
Safari Centerin hetkellinen tehontarve	152 kW

Summaamalla kuluttajaprofiilien tehontarpeet yhteen, voidaan arvioida koko Itä-Rukan kaukolämpöalueen tehontarvetta. Taulukossa 11 on koottuna alueelle suunnitellut kaukolämpöasiakastyypit sekä niiden olennaisimpia tietoja.

TAULUKKO 11. Itä-Rukan kaukolämpöasiakastyypit

Asiakastyypit	Rakennuksien määrä	Rakennusneliöt m ²	Lämmityksen tehontarve kW	Hetkellinen käyttövesiteho kW	Tuntinen käyttövesiteho kW
Yksittäinen mökki	20	2 000	100	1 200	100
Paritalomökki	17	3 060	153	1 377	170
Luhtitalo					
4 asunnon luhtitalo	11	3 520	209	1 045	165
6 asunnon luhtitalo	2	960	58	214	40
Hotelli RukaValley	1				
Huoneistoja 119 kpl		4 760	286	677	125
Liiketiluja 5 kpl		1 000	60		
Hotelli 142b	3				
Huoneistoja 120 kpl		4 800	288	677	125
Liiketiluja 2 kpl		400	24		
Safari Center	1	200	15	137	25
Yhteensä	55	20 700	1 193	5 327	750
Vuosselin Helmi	3	4 000	240		100
Ski Bistro	1	600	45		30
Yhteensä	59	25 300	1 478		880

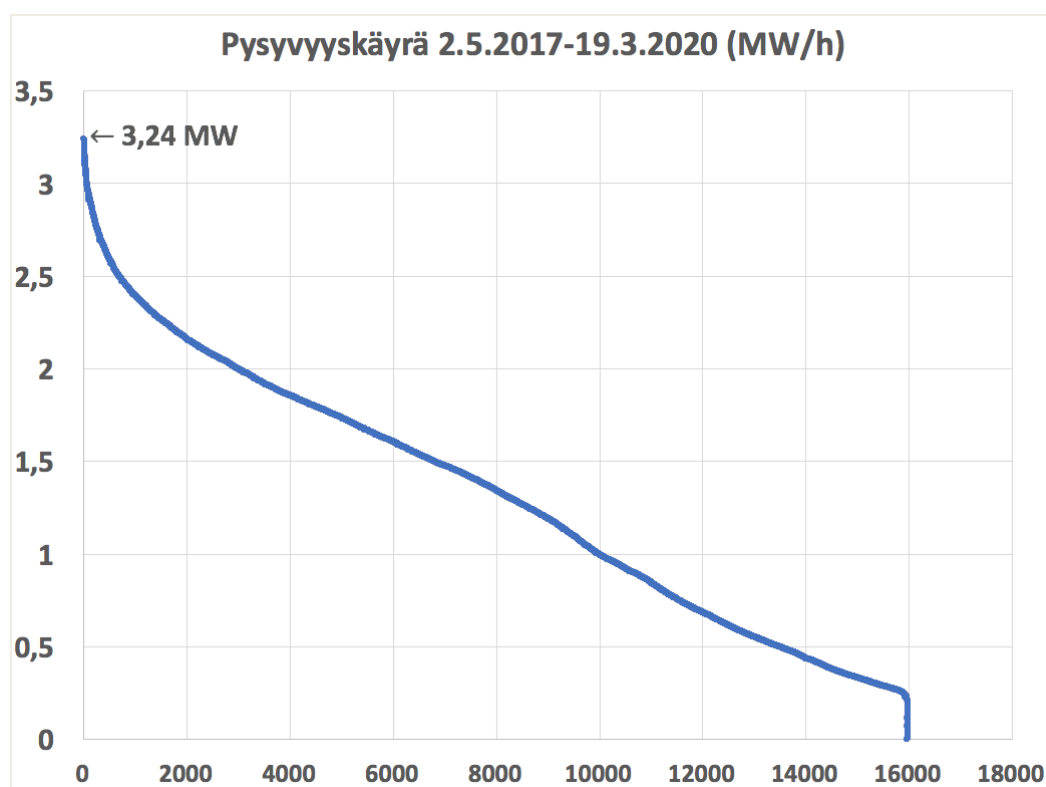
Taulukosta 11 ilmenee asiakasprofiilien mukaiset lämmitystehon tarpeet, hetkelliset käyttövesitehon tarpeet sekä tuntiset käyttövesitehon tarpeet. Alimmaisissa sarakkeissa alueelle jo rakennetut hotelli Vuosselin Helmi ja ravintola Ski Bistro. Vuosselin Helmen ja Ski Bistron hetkellisiä käyttövesitehon tarpeita ei ole määritetty. Kyseisille rakennuksille ei ole tarpeellista laskea hetkellisiä tehontarpeita tähän työhön, vaan rakennuksien kaukolämpötehon tarvetta arvioidaan tuntisen tehontarpeen arvoilla.

5 MITTAUSDATAN ANALYSOINTI

Tämän työn laskelmat, taulukot ja päätelmät on tehty Kuusamon energia- ja vesiosuuskunnalta saatujen tietojen ja Rukan kaukolämpöverkon tuntisten mittaustietojen perusteella. Mittaustietoja on saatavilla ajanjaksoilta 2.5.2017 - 24.4.2018 ja 1.4.2019 - 19.3.2020. Tuntisen mittaustiedon arvot ovat mitattavan suureen keskimääräisiä arvoja tunnin ajalta. Tuona aikana mittaustietoja on kertynyt noin 16 000 tunnin ajalta.

5.1 Pysyvyyskäyrä

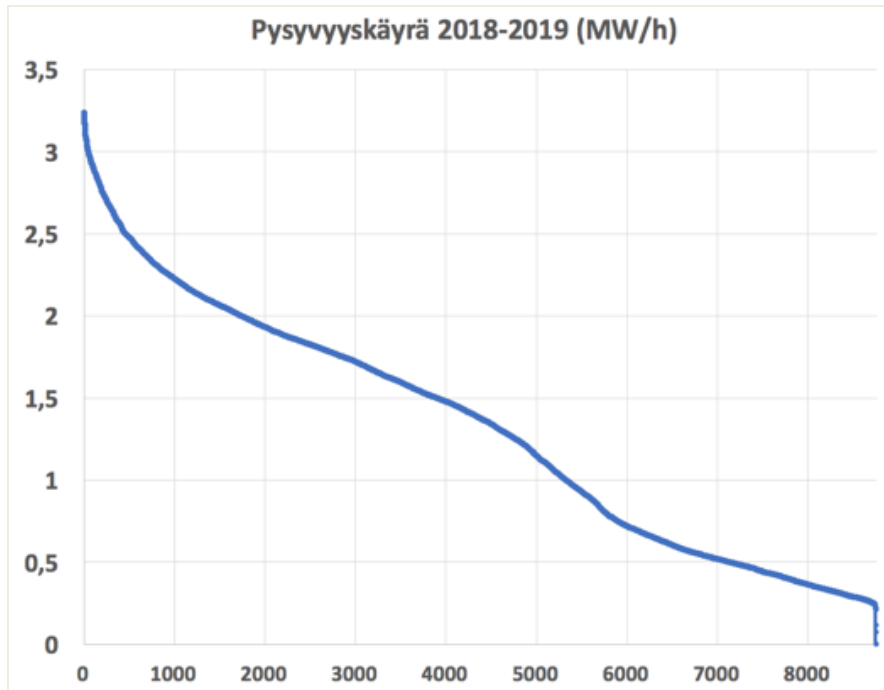
Pysyvyyskäyrästä voidaan havaita tehontarpeiden tuntimääriä. Pysyvyyskäyrän tehot on järjestetty suuruusjärjestykseen eri tehojen tuntitarpeiden havainnoimiseksi. Kuvan 11 pysyvyyskäyrästä puuttuu mittaustiedot aikaväliltä 24.4.2018 - 1.4.2019.



KUVA 11. Pysyvyyskäyrä Rukan kaukolämpöverkoston tehoista

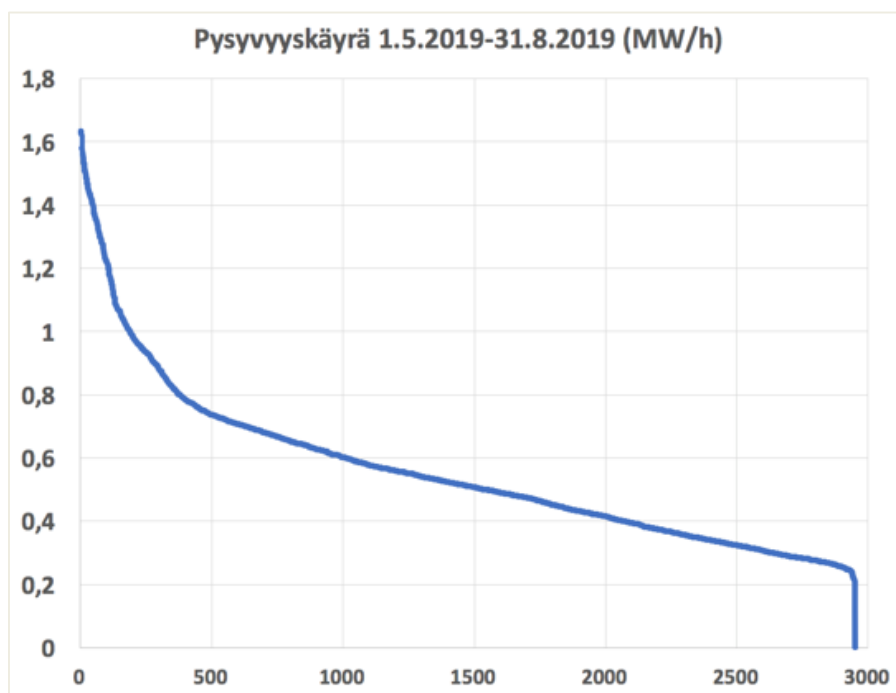
Kuten kuvan 11 pysyvyyskäyrästä nähdään, niin Rukan kaukolämpöverkoston tehontarve yli 2,5 MW:n menevältä osalta ovat noin 500 tuntia. Mitattu huippu tuona aikana on 3,24 MW. Huipputeho on mitattu 27.2.2018. Kyseessä on vuoden yhdeksännen viikon tiistai-

ilta kello 20. Tuolloin on ollut keskimäinen hiihtolomaviikko. Pakkasta mitatun huipputehon aikana oli noin $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kuvan 11 pysyvyyskäyrässä mittaustietoja on 16000 tunnin ajalta. Seuraava pysyvyyskäyrä on yhden vuoden ajalta (kuva 12).



KUVA 12. Pysyvyyskäyrä 2018 - 2019

Kuvan 12 pysyvyyskäyrästä alle 0,5 MW:n menevät tehot ovat kesäajan mittaustietoja. Rukan kaukolämpöverkoston pysyvyyskäyrä on normaalin asuinalueen kaukolämpöverkoston pysyvyyskäyrää tasaisemmin nouseva. Tämä voi johtua Kuusamon pitkästä talvesta sekä suuresta vapaa-ajan asuntojen määrästä kaukolämpöverkостossa. Pysyvyyskäyrän jyrkkä nousu suurilla tehoilla on tyypillistä Rukan kaukolämpöverkossa, koska kulutusta on tietyillä viikoilla huomattavasti enemmän verrattuna normaaliin kaukolämmön kulutukseen Rukalla. Seuraava pysyvyyskäyrä, joka on esitetty kuvassa 13, on tehty pelkästään yhden kesän tehontarpeista.

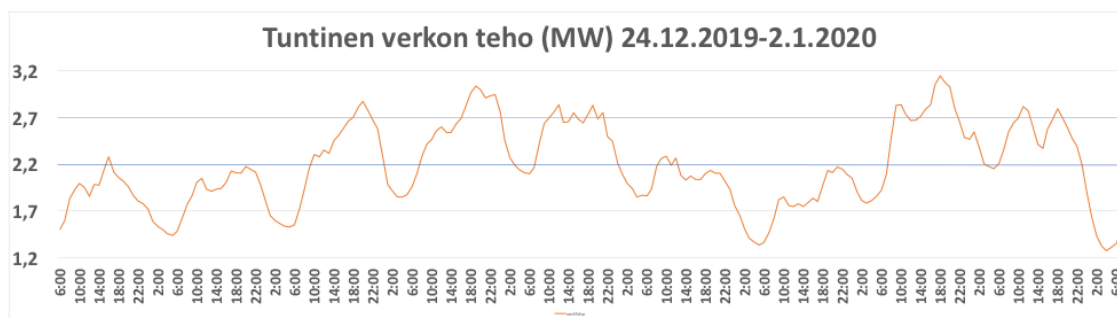


KUVA 13. Pysyvyyskäyrä 1.5.2019 - 31.8.2019

Kuvan 13 pysyvyyskäyrä kuvaa tyypillistä kaukolämpöverkon kesäajan pysyvyyskäyrää. Kesän 2019 pysyvyyskäyrästä nähdään, että suurin osa tehoarvoista on alle 0,6 MW. Tehokäyrä on hyvin loiva 0,7 MW:n asti. Käyrästä huomaa myös, että kaukolämpöverkon minimiteho on noin 200 kW. Kyseinen kesäajan tehontarve koostuu lämpimän käyttöveden tehontarpeesta ja kaukolämpöverkoston lämpöhäviöistä.

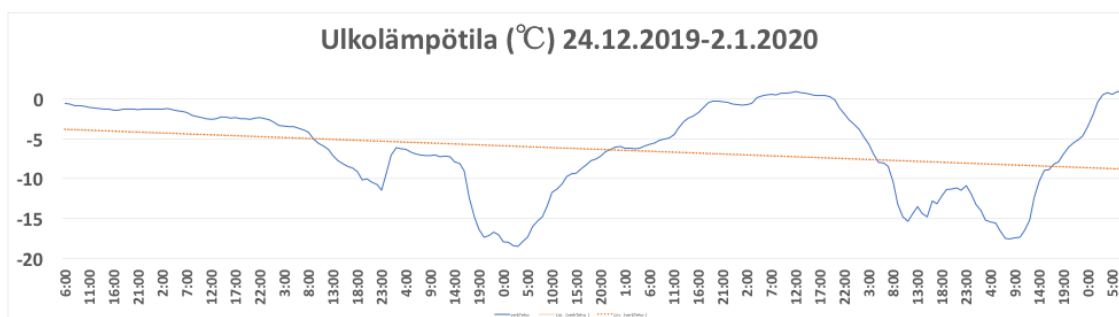
5.2 Kaukolämpöverkon tuntiset tehot

Rukan biolämpökeskukselta mitattuja kaukolämpöverkoston mittaustietoja tutkiessa voi huomata, että Rukan kaukolämpötehon tarve on huomattavasti suurempaa sesonkiaikoina. Kaukolämmön kulutuksen tarkastelun osalta tutkittavia sesonkiaikoja ovat joulukuusi, uusivuosi, hiihtolomat ja pääsiäinen. Kuvan 14 viivakaaviossa on Rukan kaukolämpöverkosta mitatut yhdeksän päivän tuntiset tehoarvot.



KUVA 14. Rukan kaukolämpöverkon tuntinen teho

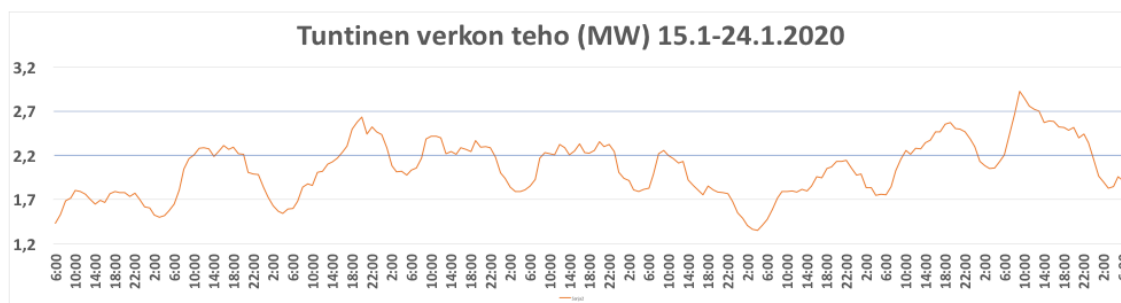
Kuvan 14 kaaviosta näkee, että jouluna 2019 ja sen jälkeen vuoden vaihteessa Rukan kaukolämpöverkostossa on huomattavia tehontarpeen vaihteluita. Kaukolämpöverkostosta on mitattu alle 2 MW:n ja yli 3 MW:n tehoja. Aamulla tehot lähtevät nousuun ja ovat sen jälkeen korkealla koko päivän ajan. Illalla kylpyaikana tulee huomattava nousu. Nousu johtuu lämpimän käyttöveden suuremmasta kulutuksesta. Kaavion vahvistetut siniset viivat tehojen 2,2 MW ja 2,7 MW kohdalla helpottavat verkon tehopiikkien havainnointia. Illan kylpyajasta johtuvat käyttövesipiikit ajoittuvat selkeästi kello 18 ja 22:n välille. Kuvan 15 viivakaaviosta voi nähdä ulkolämpötilan arvot samalta ajalta edellisen kaavion tehoarvojen kanssa.



KUVA 15. Ulkolämpötila Rukalla 24.12.2019 - 2.1.2020

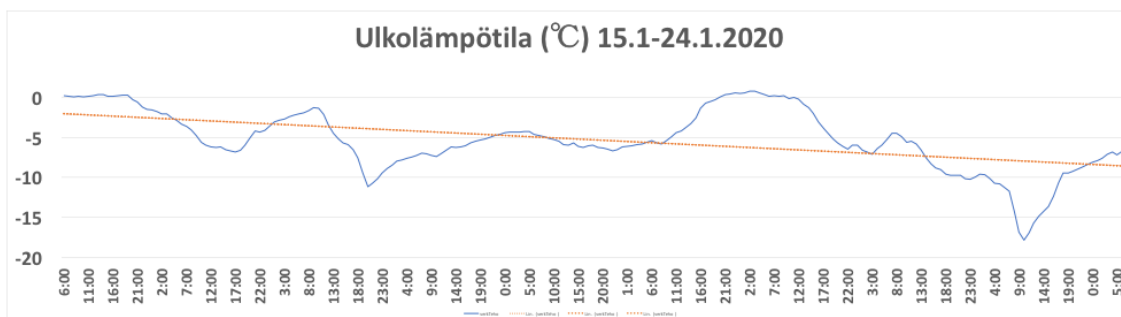
Ulkolämpötilavaihtelut kuvan 15 kaaviossa ovat nollan ja –18 celsiusasteen välillä. Lämpötilaero on kohtalainen ja vaikuttaa verkon tehoon. Lämpötilakäyrän laskut ja nousut ovat kuitenkin tasaisia eivätkä kohtaa verkon tehopiikkien kanssa. Kaavion trendiviivasta näkee keskilämpötilan olevan mittausaikana noin 4 - 9 celsiusastetta pakkasen puolella.

On hyvä tarkastella vertailun vuoksi joulun ja uudenvuoden sesonkiaikojen lisäksi normaalia viikkoa Rukalla. Kuvan 16 viivakaavion tehot on mitattu ajalta, jolloin ulkolämpötilojen arvot ovat lähellä edellisen kaavion lämpötiloja ja jolloin ei ole Rukan sesonkiaika.



KUVA 16. Rukan kaukolämpöverkon tuntinen teho 15.1 - 24.1.2020

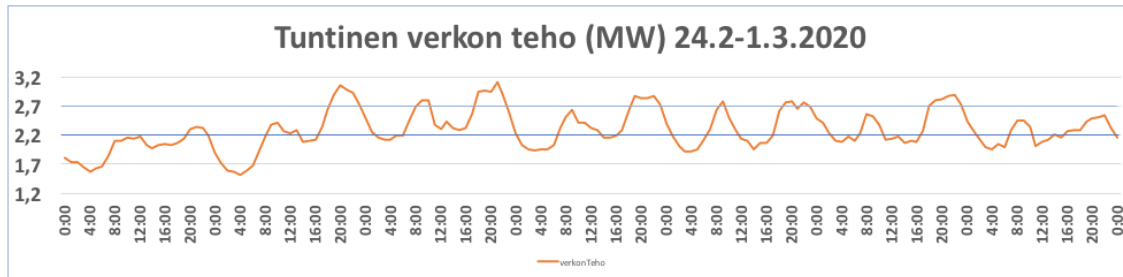
Tehopiikkien erot ovat kuvien 15 ja 16 viivakaavioissa selkeät. Kuvan 16 kaavion tehojen nousut ovat kuuden tunnin aikana pienemmät verrattuna kuvan 15 kaavion nousuihin. Kuvan 16 kaaviossa tehot ylittävät 2,7 MW:n rajan vain kerran noin kahden tunnin ajaksi. Kuvassa 17 ulkolämpötilojen mittaustietoja ajalta 15.1 - 24.1.2020.



KUVA 17. Rukan ulkolämpötila 15.1 - 24.1.2020

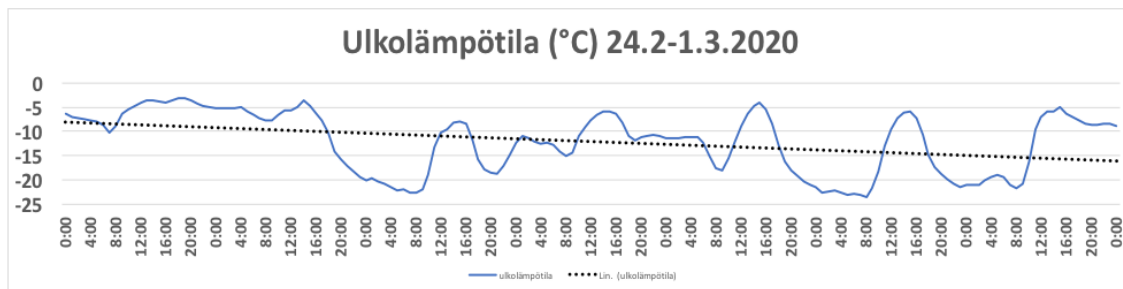
Kuvan 17 kaavion keskilämpötila on noin 2 astetta matalampi kuvan 15 kaavion keskilämpötilaa.

Hiihtolomaviikot eli viikot 8,9 ja 10 ovat hiihtokeskusten sesonkiaikaa. Vuoden 2020 kolmen hiihtolomaviikon keskinäisissä tuntisissa verkon tehoissa ei ollut merkittäviä eroja. Kuvan 18 kaaviossa tarkastellaan keskimmäistä hiihtolomaviikkoa eli vuoden yhdeksättä viikkoa.



KUVA 18. Keskimmäisen hiihtolomaviikon tuntinen verkon teho

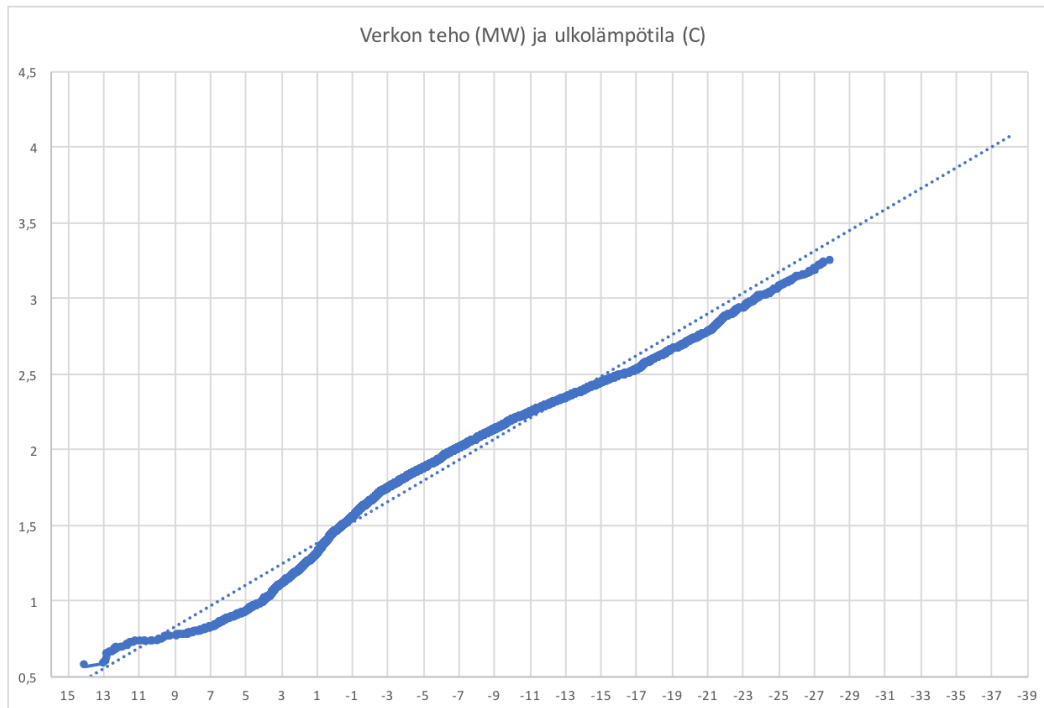
Tehokäyrä on hiihtolomaviikon alussa hieman alemmalla tasolla verrattuna loppuviikkoon (kuva 18). Tämä johtuu lämpimämmästä kelistä. Kun lämpötila laskee, niin tehot loogisesti nousevat. Aamun ja illan piikit tehokäyrässä ovat selkeästi havaittavissa lämpimämmällä ja kylmemmällä ilmalla.



KUVA 19. Keskimmäisen hiihtolomaviikon lämpötilakäyrä

Kuvan 19 kaaviossa olevan keskimmäisen hiihtolomaviikon ulkolämpötilakäyrän vaihtelu on vähäisempää kuin tehokäyrä samalta ajalta (kuva 18). Helmikuun alkuosan ajanjaksoksi on yllättävän lämmintä, ja se näkyy selkeästi kuvan 18 kaavion tehokäyrässä. Kun taas lämpötila laskee, verkon teho nousee selvästi.

Kuvan 20 kaavion lineaarisesti jatkettu tehokäyrä kuvaa Rukan kaukolämmön tehontarpeen nousua ulkolämpötilan laskiessa.

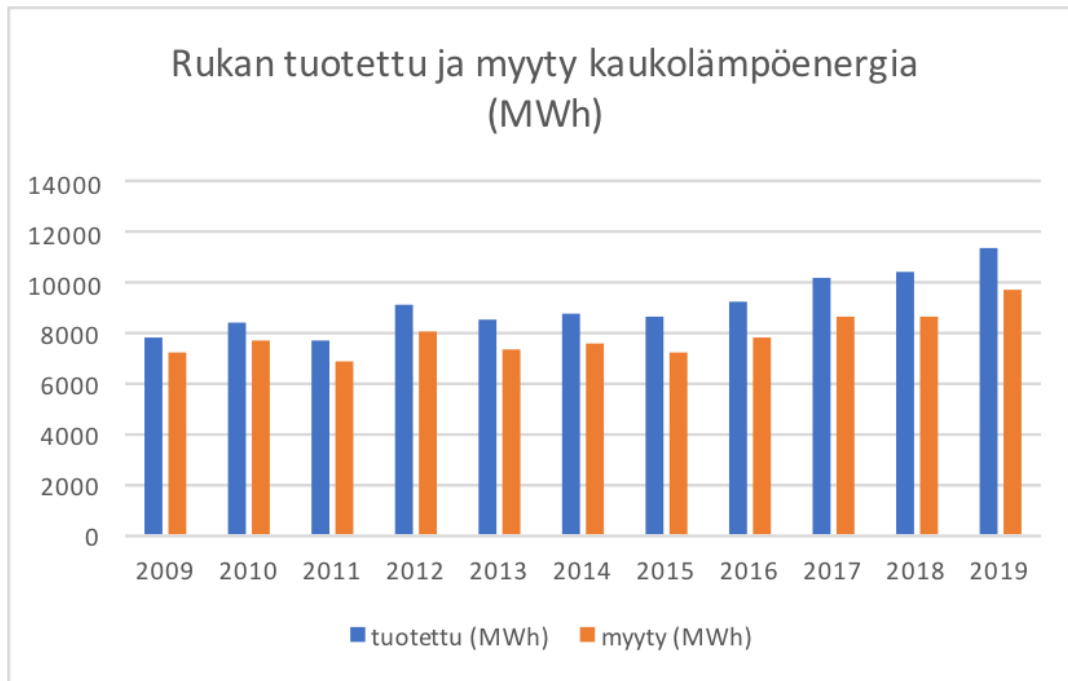


KUVA 20. Lineaarisesti jatkettu verkon teho ulkolämpötilan mukaan

Kuvan 20 kaaviossa kaukolämmön tehontarve olisi noin 3,7 MW ulkolämpötilan laskiessa –32 pakkasasteeseen. Kaavion lähtöarvot on mitattu vuosilta 2017 - 2020.

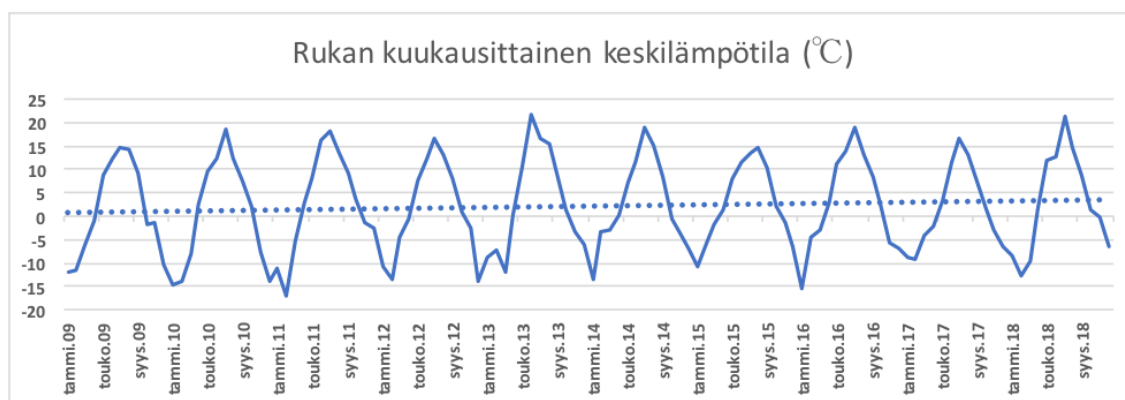
5.3 Tuotettu ja myyty energia

Rukan kaukolämpöenergia on tuotettu vuodesta 2009 Rukan biolämpölaitoksella. Kaukolämpöenergian tuotantomäärä on lisääntynyt vuodesta 2009 vuoteen 2019 noin 2 000 MWh. Kuvan 21 pylväskaaviosta voidaan nähdä Rukan kaukolämpöenergian tuotanto- ja myyntimäärät vuosina 2009 - 2019.



KUVA 21. Rukan kaukolämpöenergian tuotanto- ja myynti 2009 - 2019

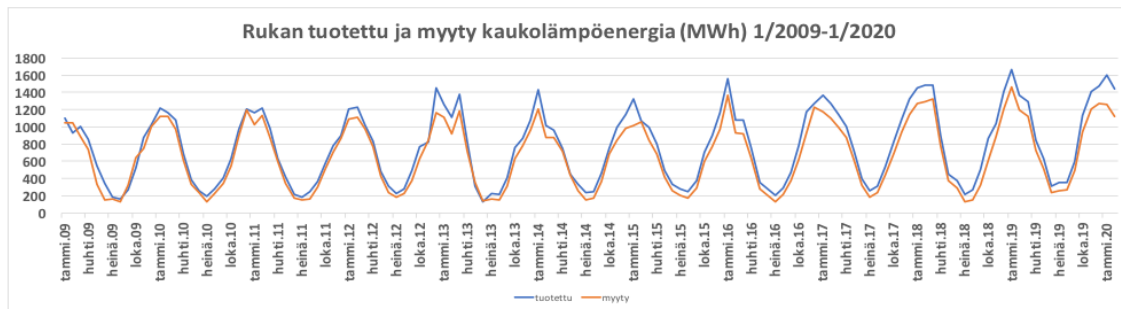
Kuvan 21 kaaviosta voidaan huomata, että kaukolämpöenergian tuotanto vaihtelee selvästi vuosittain. Uusien kaukolämpöasiakkaiden liittyminen verkostoon tuo lisää kasvua myyntiin eli kaukolämmön kulutukseen. Vuosittainen lasku ja nousu kaaviossa johtuu osin myös vuosittaisesta lämpötilavaihtelusta, jota voidaan havainnoida kuvan 22 kaaviosta.



KUVA 22. Kuukausittainen keskilämpötila Rukalla 2009 - 2018

Lämpötiläkäyrän trendiviivasta näkee, että Rukan lämpötila on noussut kuukausitasolla vuodesta 2009 vuoteen 2018 noin 3 astetta (kuva 22). Tämä vaikuttaa kaukolämmön kulutukseen. Rukan kaukolämpöenergian kulutus on kasvanut, vaikka keskilämpötila on

noussut. Kuvassa 23 tarkastellaan kuukausittaisia tuotettuja ja myytyjä energiamääriä Rukalla aikaväliltä tammikuu 2009 ja tammikuu 2020.



KUVA 23. Rukan kuukausittainen tuotettu ja myyty kaukolämpöenergia

Kuvan 23 kaaviosta voidaan nähdä, että kesän ja talven välinen energiantuotanto vaihtelee huomattavasti. Tämä on kaukolämmöntuotannossa tyypillistä vaihtelua. Kun kuvan 23 energiakäyriä verrataan kuvan 22 lämpötiläkäyrään voidaan huomata, että vuoden 2013 talven notkahdus energiantuotannossa johtuu suoraan ulkolämpötilan noususta.

Energiantuotantolaitoksien vertailuarvona käytetään usein huipunkäyttöaika. Huipunkäyttöaika voidaan laskea tuotetun energiamäärän ja huipputehon perusteella. Huipunkäyttöaika tarkoittaa sitä tuntimäärää, millä tuotantolaitos olisi voinut koko vuoden tuotetun energiamäärään käydessään täydellä teholla (4, s 32). Huipunkäyttöaika lasketaan kaavalla 6.

$$T_h = \frac{E_{vuosi}}{\phi_{max}}$$

KAAVA 6

T_h = huipun käyttöaika (h)

E_{vuosi} = tuotettu vuosienergia (MW/h)

ϕ_{max} = tuotantolaitoksen maksimiteho (MW)

Rukan tuotettu vuosienergia on vuonna 2019 ollut 11438 MWh ja Rukan biolaitoksen maksimiteho on 4,6 MW. Näillä arvoilla kaavalla 6 laskettuna Rukan biolaitoksen huipunkäyttöajaksi saadaan 2486 tuntia.

6 TEHONTARVE TULEVAISUUDESSA

Kuusamon matkailuun liittyvät yöpymismäärät olivat vuonna 2015 noin 428 000. Vuonna 2019 yöpymiset olivat 589 000 (25). Kävijämäärien lisääntyminen heijastuu väistämättä kaukolämmön kulutukseen.

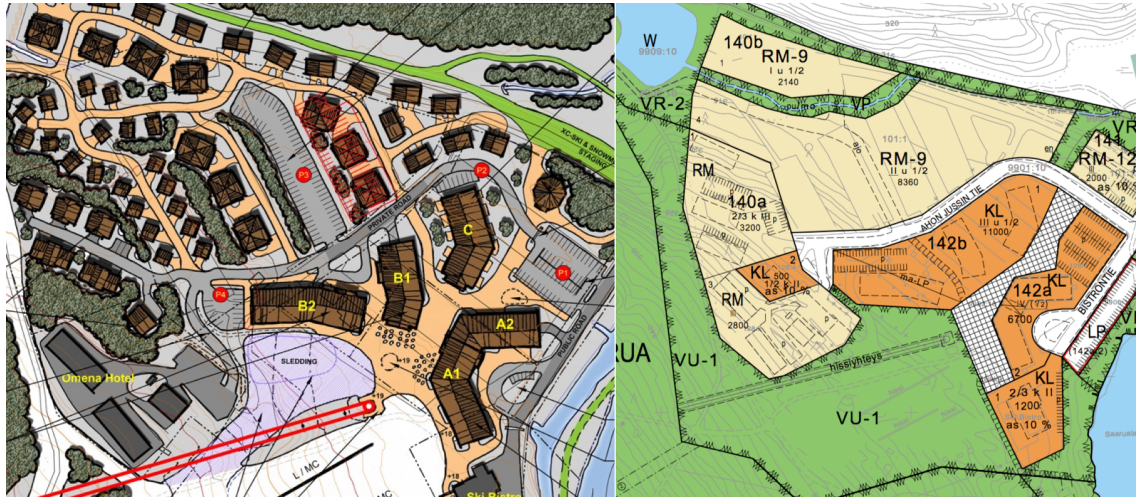
Tulevaisuuden kaukolämpötehon tarvetta voidaan ennustaa arvioimalla rakentamattomien rakennuksien kaukolämmön tehontarvetta asiakasprofiilien avulla. Itä-Rukan tarvittava kaukolämpötehon arviointi tehdään summaamalla alueelle suunnitellun rakennuskannan lämmitys- ja käyttövesitehon tarpeet yhteen. Arvio lisätään Rukan kaukolämpöverkon toteutuneeseen tehontarpeeseen. Alueelle suunniteltujen rakennuksien asiakasprofiilit on määritelty luvussa 4.5.

Vaikka hetkelliset tehontarpeet ovatkin määritelty kaukolämpöasiakasprofiileille, Itä-Rukan kaukolämpöalueen tehontarvetta arvioidaan vain keskimääräisellä tuntisella tehontarpeella. Tässä työssä määriteltyjä rakennuksien hetkellisiä tehontarpeita tarvitaan vain rakennuksien talojohtojen ja niiden lämmönjakokeskusten mitoitukseen.

6.1 Itä-Ruka

Kuten luvussa 3.1 todetaan, Itä-Rukan kokonaisrakennusoikeus on alueen kaavamuutoksen myötä noin 38 000 k-m² (8). Alueella sijaitsevat Vuosselin Helmi ja Ski Bistro eivät ole liittyneet kaukolämpöverkkoon. Tässä ennusteissa ei oteta kyseisiä rakennuksia lyhyen ajan tehontarpeen arviointiin mukaan. Pidemmässä ennusteissa rakennukset ovat mukana ennusteissa. Jos kaukolämpötehon tuotantokapasiteetti ilman öljyä riittää tulevaisuudessa, myös näiden rakennuksien osalta on kannattavaa tutkia rakennuksien olemassa olevien lämmitysteknisten ratkaisujen vaihtamista kaukolämmitykseen. Juuri valmistuva hotelli RukaValley on toistaiseksi Itä-Rukan kaukolämpöverkoston ainoa asiakas.

Ennuste Itä-Rukan toteutuvasta kaukolämpötehon tarpeesta tulevaisuudessa tehdään arvioimalla kullekin tontille toteutuva rakennuskanta. Tämän jälkeen lasketaan asiakasprofiilien avulla tarvittavat tehontarpeet alueen tonteille. Lopuksi lisätään yhteen tontti-kohtaisia tehontarpeita vuosittain. Oletuksena pidetään, että jokainen Itä-Rukalle valmistuva rakennus liittyy alueelle rakennettavaan kaukolämpöverkkoon. Rakennuskannan jakautuminen tonteille tehdään kuvan 24 perusteella.



KUVA 24. Suunniteltujen rakennuksien sijoittuminen asemakaavaan (11; 8)

Kuvasta 24 voidaan nähdä miten rakennukset sijoittuvat eri tonteille. Taulukossa 12 on Itä-Rukan kaavoitusalueen tontit ja niille suunnitellut rakennukset. Taulukosta ilmenevät rakennusoikeuden lisäksi tontikohtaiset tuntiset- ja hetkelliset tehontarpeet.

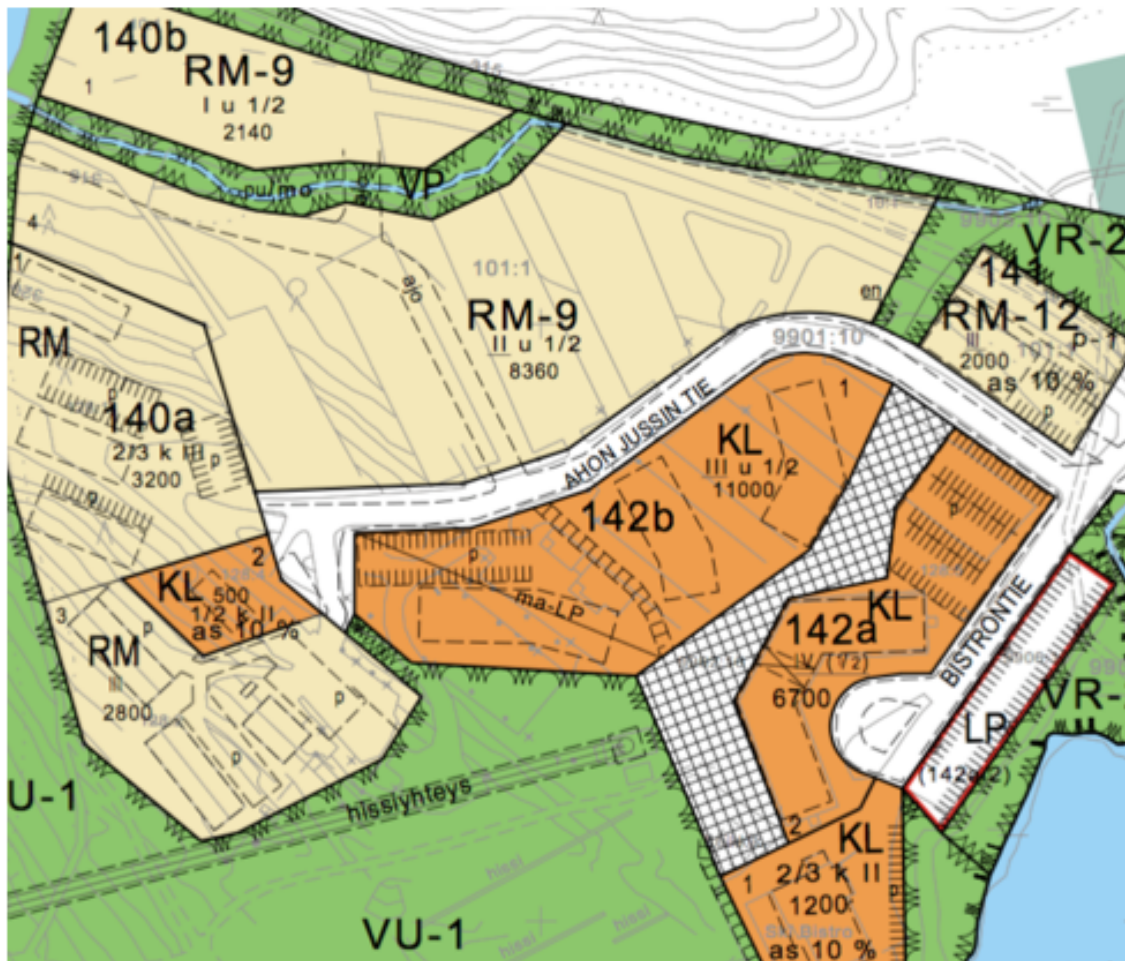
TAULUKKO 12. Arvioidut tonttikohtaiset rakennukset sekä niiden tehontarpeet

Tontti	Rakennusoikeus	Rakennukset		Tuntinen tehontarve	Hetkellinen tehontarve
	k – m ²		kpl	kW	kW
140b-1	2 140	Paritalo	5	95	450
		Luhtitalo-4	5	170	570
		Yhteensä		265	1 020
140b-4	8 360	Mökki	12	120	780
		Luhtitalo-4	6	204	684
		Paritalo	8	152	720
		Yhteensä		476	2 184
140a-1	3 200	Mökki	8	80	520
		Luhtitalo-6	2	98	272
		Paritalo	3	57	270
		Yhteensä		235	1 062
140a-2	500	Paritalo	1	19	90
142b	11 000	Hotelli 142b	3	437	989
141	2 000	Safari Center	1	40	152
142a-2	6 700	RukaValley	1	471	1023
Yhteensä	33 900		55	1 943	6 520
142a-1	1200	Ski bistro	1	75	
140a-3	2800	Vuosselin helmi	3	340	
Yhteensä	37 900		59	2 358	6 520

Taulukkoon 12 ei ole määritelty Ski Bistron ja Vuosselin Helmen hetkellistä tehontarvetta. Taulukosta selviää, että arvioitu tulevaisuuden tuntinen kaukolämpötehon tarve Itä-Rukalla on noin 1,9 MW. Jos alueella jo olevat rakennukset liittyvät myös kaukolämpöverkkoon, arvio tuntisesta tehontarpeesta on noin 2,4 MW. Tämä tarkoittaa sitä, että Itä- ja Länsi-Rukan välille valmistuneen kaukolämpöputken tehokapasiteetti riittää siirtämään

arvioidun Itä-Rukan kaukolämpötehon tarpeen myös taulukon 2 alhaisimmilla virtausarvoilla. Taulukossa 2 alhaisin putken tehokapasiteetti on 2,6 MW. Kyseinen teho on las-
kettu virtausarvoilla 30 °C ja 1,5 m/s.

Tonttikohtaiset rakennusoikeudet on lisätty taulukon 12 havainnoinnin helpottamiseksi. Itä-Rukalle suunniteltujen rakennustyyppien jakautumisen eri tonteille voi hahmottaa helpommin vertaamalla kyseistä taulukkoa sekä alla olevaa kuvaa 25. Taulukossa tontit ovat ylhäältä alas samassa järjestyksessä kuvassa näkyvien tonttien kanssa.



KUVA 25. Itä-Rukan asemakaava (8)

6.2 Skenaariot toteutuvista rakennusaikatauluista

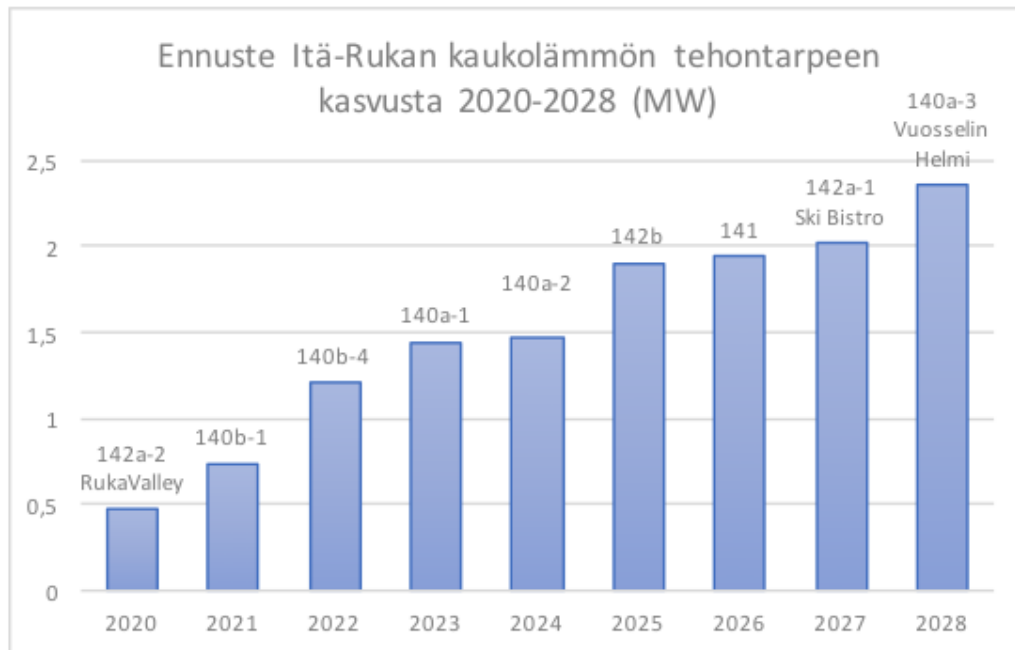
Itä-Rukan kaukolämmön tehontarpeen kasvua arvioidaan usealla eri aikavälillä. Lyhyen aikavälin ennusteisiin ei oteta mukaan alueelle rakennettua hotelli Vuosselin Helmeä eikä ravintola Ski Bistroa. Vuosselin helmi sijaitsee tontilla 140a-3 kuvan 25 vasemmassa alalaidassa. Ski Bistro sijaitsee tontilla 142a-a kuvan 25 oikeassa alalaidassa.

Kuvan 26 ennusteessa rakennuksien on oletettu rakentuvan alueelle vuoteen 2025 mennessä.



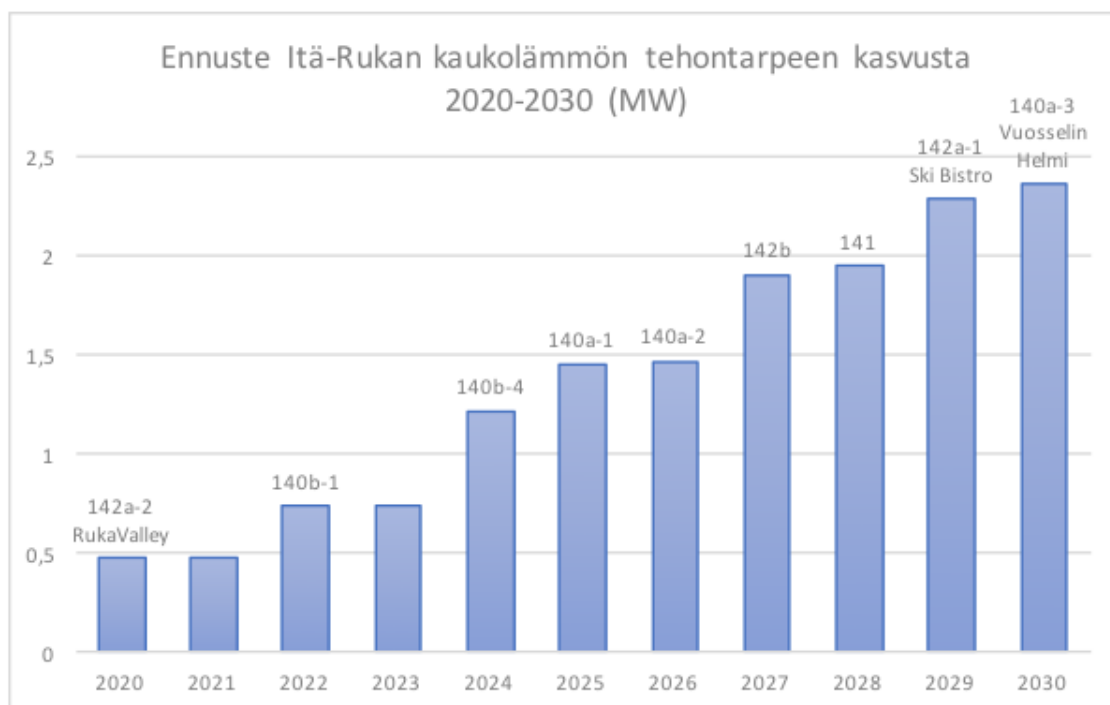
KUVA 26. Ennuste Itä-Rukan kaukolämmön tehontarpeen kasvusta

Kuvasta 26 voidaan nähdä, että ilman Ski Bistroa ja Vuosselin Helmeä alueen arvioitu tuntinen kaukolämpötehon tarve on alle 2 MW. On kuitenkin todennäköistä, ettei Itä-Rukalle suunniteltu kävelykylä valmistu viiden vuoden sisällä. Kuusamon kaupungin kaavoitusarkkitehdin mukaan alueelle ei ole myönnetty rakennuslupia jo siellä olevien rakennuksien lisäksi (26). Kuvan 27 ennusteessa alueen rakentamisen on arvioitu jaksottuvan kahdeksalle vuodelle.



KUVA 27. Kahdeksan vuoden ennuste Itä-Rukan kaukolämmön tehontarpeen kasvusta

Kahdeksan vuoden ennusteessa jokaiselle vuodelle on lisätty yksi Itä-Rukan kaavoitusalueen tontin arvioitu tehontarve (kuva 27). Kaukolämmön tehontarpeen kasvu on tasaista. Jos edellä oleva ennuste toteutuu, tehontarpeen täyttäminen vaatii toimenpiteitä Rukan kaukolämmön tuotannossa. Kahdeksan vuoden ennusteessa uusien rakennuksien valmistuminen jaksottuu vain kuudelle vuodelle. Ennusteen kahden viimeisen vuoden aikana kaukolämpöverkkoon liittyjinä ovat Itä-Rukalle jo rakennetut rakennukset. Alla olevassa kuvassa 28 on pidempi ennuste Itä-Rukan rakentumiselle.



KUVA 28. Kymmenen vuoden ennuste Itä-Rukan kaukolämmön tehontarpeen kasvusta

Kymmenen vuoden ennusteessa vuosille 2021 ja 2023 ei ole lisätty valmistuvaa rakennuskantaa ollenkaan. Ennusteessa uusien rakennuksien valmistumisen toteutumisen arvioidaan tapahtuvan vuoteen 2028 mennessä. Ennuste voi Itä-Rukan luonnonläheisyyden, hyvien rinneyhteyksien ja valmistuneen gondolihissin myötä olla hyvinkin todennäköinen. Ski Bistron ja Vuosselin Helmen Liittyminen kaukolämpöverkkoon vuoteen 2030 mennessä vaatii selvitystyötä enemmän. Kuvan 28 pylväskaaviosta voidaan nähdä, että jos Vuosselin Helmi ja Ski Bistro liittyvät tulevaisuudessa arvioitujen uusien asiakkaiden lisäksi Rukan kaukolämpöverkoston, niin kaukolämmön tuntinen tehontarve on Itä-Rukan osalta tämän työn arvion perusteella noin 2,4 MW. Kuvassa 29 on esitetty viidentoista vuoden ennuste Itä-Rukan kaukolämmön tehontarpeen kasvusta



KUVA 29. Viidentoista vuoden ennuste Itä-Rukan kaukolämmön tehontarpeen kasvusta

Kuvan 29 viidentoista vuoden ennusteessa uusien rakennuksien valmistumisen tonteittain on arvioitu tapahtuvan kahden vuoden välein. On hyvin todennäköistä, että ravintola Ski Bistro on liittynyt kaukolämpöverkkoon vuoteen 2035 mennessä. Vuosselin Helmen liittyminen kaukolämpöverkkoon on hieman epätodennäköisempää, koska rakennuksessa on suora sähkölämmitys (23). Viidentoista vuoden ennusteessa kaukolämmön tehontarve Itä-Rukalla on kasvanut vuodesta 2020 vuoteen 2026 lähes 1 MW:n verran.

6.3 Ruka

Rukan kaukolämpö tuotetaan häiriö- ja poikkeustilanteita lukuun ottamatta kiinteää polttoainetta polttavalla biolaitoksella. Kaukolämpöverkoston laajentuessa Itä-Rukalle 4,6 MW:n biolaitoksen kapasiteetti ei riitä tulevaisuudessa kaukolämpöverkon tehontarpeiden huippujen tuottamiseen. Saatavilla on kuitenkin yhteensä 5,8 MW öljyllä tuotettua kaukolämpötehoa. Taulukossa 13 on listattuna kaikki Rukan kaukolämpöverkoston lämpökeskukset.

TAULUKKO 13. Rukan lämpökeskukset

Rukan lämpökeskukset	Teho
Biolämpökeskus	4+0,6 MW
POK-varalämpökeskus 1	3 MW
POK-varalämpökeskus 2	1,4 MW
POK-varalämpökeskus 3	1,4 MW
Yhteensä	10,4 MW

Rukan kaukolämpöverkon mittaustietojen ja Itä-Rukan arvioidun kaukolämmön tehontarpeen avulla voidaan muodostaa arvioita Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrän tehoarvoista tulevaisuudessa. Arvioinnin työkaluksi lasketaan kasvukerroin Rukan kaukolämpöverkon mitatun tuntisen maksimitehon ja Itä-Rukan tulevaisuuden kaukolämmön tuntisen tehontarpeen avulla. Kasvukerroin lasketaan kaavalla 7.

$$r_{kasvu} = \frac{(\phi_{mit} + \phi_{arvio})}{\phi_{mit}} \quad \text{KAAVA 7}$$

$$r_{kasvu} = \text{tehontarpeen kasvukerroin}$$

$$\phi_{mit} = \text{Länsi – Rukan kaukolämpöverkon mitattu maksimitehontarve (MW)}$$

$$\phi_{arvio} = \text{Itä – Rukan kaukolämpöverkon arvioitu tehontarve (MW)}$$

Kun tiedetään Rukan kaukolämpöverkon mitattu maksimiteho 3,24 MW ja Itä-Rukan kaukolämpöverkon tehontarve 1,94 MW, saadaan kaavalla 7 laskettuna Länsi-Rukan ja Itä-Rukan kaukolämpötehon kasvukertoimeksi 1,60. Esimerkiksi kuvan 26 skenaarion toteutuessa kasvukerroin olisi 1,60 vuonna 2025. Jos lasketaan pidemmän ajan ennustetta, jossa kaukolämpöverkoston olisivat liittyneet myös ravintola Ski-Bistro ja hotelli Vuoselin helmi, niin kertoimeksi saataisiin 1,73. Jos kuvien 27, 28 tai 29 skenaario Itä-Rukan osalta toteutuu kasvukerroin olisi 1,73.

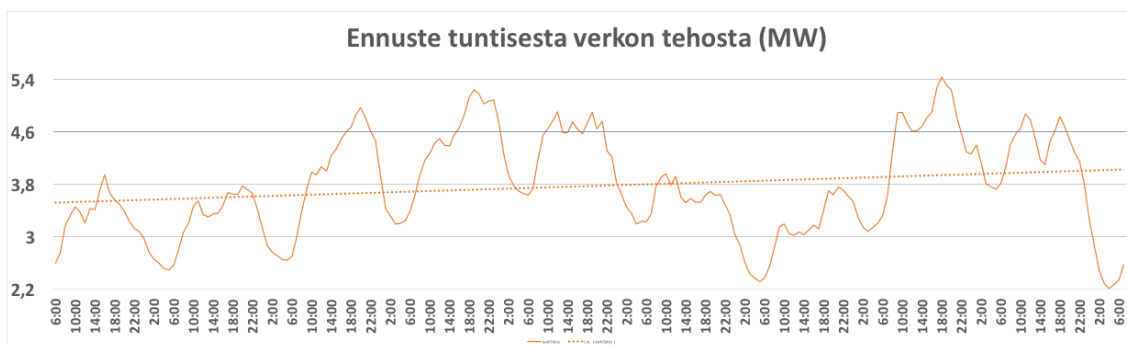
Kuvan 30 kaaviossa on ennuste koko Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä joulun ja uudenvuoden ajalta. Vertailuarvoina on käytetty kuvan 14 kaavion tehoarvoja ajalta 24.12.2019 - 2.1.2020.



KUVA 30. Ennuste tuntisesta Itä-Rukan ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä kertoimella 1,60

Tehokäyrästä näkee, että kaukolämpöverkon tehontarve ylittää Rukan biolaitoksen huipputehon 4,6 MW. Ennusteessa tehontarve on uudenvuoden iltana jopa 5 MW. Tehokäyrän ennusteeseen on Itä-Rukan osalta laskettu vain tuntinen tehontarve.

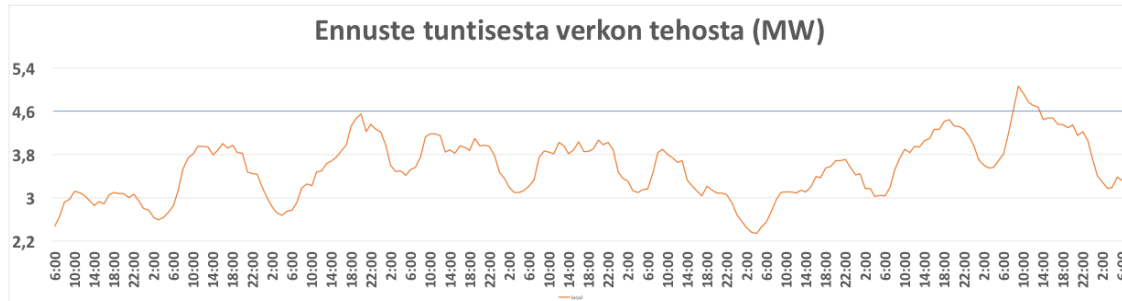
Ennusteen tehontarve nousee, jos sitä arvioidaan kasvukertoimella 1,73. Kuvassa 31 on piirrettynä 24.12.2019 - 2.1.2020 tehoarvot kerrottuna kyseisellä kasvukertoimella.



KUVA 31. Ennuste tuntisesta Itä-Rukan ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä kertoimella 1,73

Sinisellä viivalla kaavion merkitty Rukan biolaitoksen huipputeho ylittyy kuvan 31 kaaviossa useaan kertaan. Ylitykset ovat useiden tuntien pituisia. Pitkäaikaisin ylitys tehokäyrällä on uudenvuoden aattona kello 9 - 22.

Luvussa 5.2 verrattiin tehokäyrää 24.12.2019 - 2.1.2020 tehokäyrään 15.1.2020 - 24.1.2020. Seuraavassa kuvassa on tehokäyrä ajalta 15.1.2020 - 24.1.2020 kerrottuna kasvukertoimella 1,73.



KUVA 32. Ennuste tuntisesta Itä-Rukan ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä kertoimella 1,73

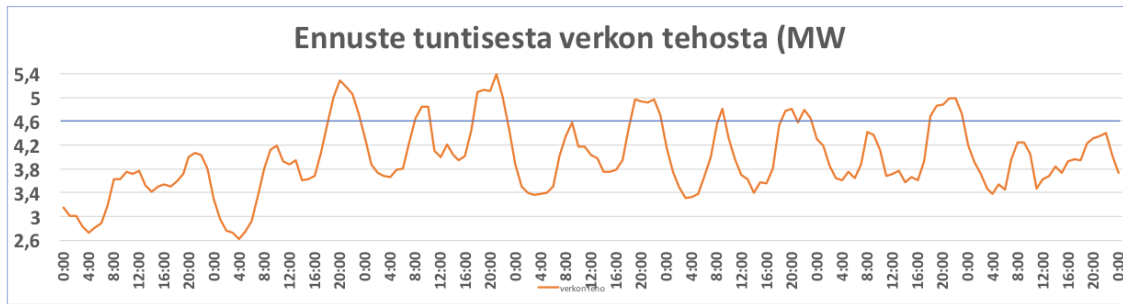
Kuvan 32 ennusteessa lähtöarvoina on tehoarvoja ajalta, jolloin Rukalla ei ole sesonkia. Kyseisessä kaaviossa tehokäyrä ylittää 5 MW:n tehoarvon vain kerran.

Luvussa 5.2 analysoitiin myös vuoden 2020 yhdeksännen viikon eli keskimmäisen hiihtolomaviikon tehokäyrää. Kuvassa 33 on esitetty kyseisen tehokäyrän arvot kerrottuna kasvukertoimella 1,60.



KUVA 33. Ennuste tuntisesta Itä- ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä kertoimella 1,60

Kuvassa 33 esiintyvässä kaaviossa suurin tehoarvo on noin 5 MW. Tehokäyrä käy lähes päivittäin Rukan biolaitoksen huipputehon lähellä. Kuvassa 34 on kerrottu saman hiihtolomaviikon tehoarvot kertoimella 1,73.



KUVA 34. Ennuste tuntisesta Itä- ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä kertoimella 1,73

Kun kertoo vuoden 2020 yhdeksännen viikon tehot kertoimella 1,73, suurin teho on 5,4 MW. Ennusteen toteutuessa tuona aikana 0,8 MW:n tehovaje olisi tuotettava POK-lämpökeskuksella. Jos käytettäisiin suurimman mahdollisen tehontarpeen arvioinnissa kaukolämpöverkon trendin suurimman mitatun tehoarvon sijasta kuvan 20 kaavion –32:n asteen kohdalle osuvaa 3,74 MW:n tehoarvoa ja Itä-Rukan kaukolämmön tehontarpeena 1,94 MW:a, kaukolämpöverkon huipputehon tarve voisi olla jopa 5,68 MW. Käytännössä tämä harvinainen tilanne tulisi hoidettua käyttämällä edelleen varalla olevia varalämpökeskuksia.

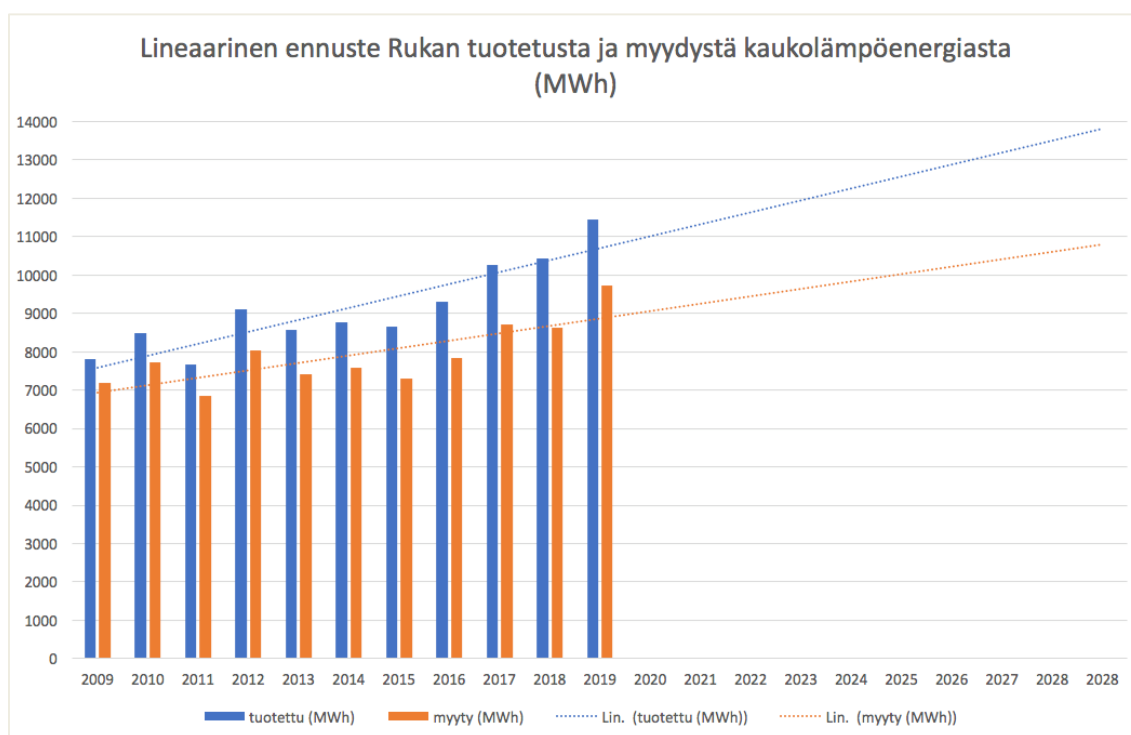
6.4 Rukan alueen lisäenergian tarve

Rukan tulevaisuuden kaukolämpöenergian tarvetta arvioidaan tässä työssä luvussa 6.3 määriteltujen kasvukerrointen ja työssä käytetyn Rukan kaukolämpöverkon mittaustiedon perusteella. Mittaustiedoista puuttui yhtenäinen vuosi, joten lisäenergiantarpeen lähtöarvoina käytettiin mittaustietoja ajalta 19.3.2018 - 2.4.2018 ja 2.4.2019 - 19.3.2020. Laskennassa käytetyn mittaustiedon ulkolämpötilan keskiarvo on 2,2 astetta.

Tämän laskennan mittaustiedoissa eli aikaväleillä 19.3.2018 - 2.4.2018 ja 2.4.2019 - 19.3.2020 Rukan kaukolämpöverkkoon tuotettu energiamäärä on 11 569 MWh. Kun kerrotaan Rukan kaukolämpöenergian määrä kertoimella 1,60, saadaan koko Rukan vuosittaiseksi kaukolämpöenergian tarpeeksi 18 510 MWh. Kyseinen kaukolämpöenergian tarve toteutuu, jos Itä-Rukan tuntinen kaukolämpötehon tarve on 1,9 MW. Jos tuntinen kaukolämpötehotarve on 2,4 MW, saadaan kasvukertoimen 1,73 avulla koko Rukan tarvitsemaksi kaukolämpöenergian määräksi 20 014 MWh.

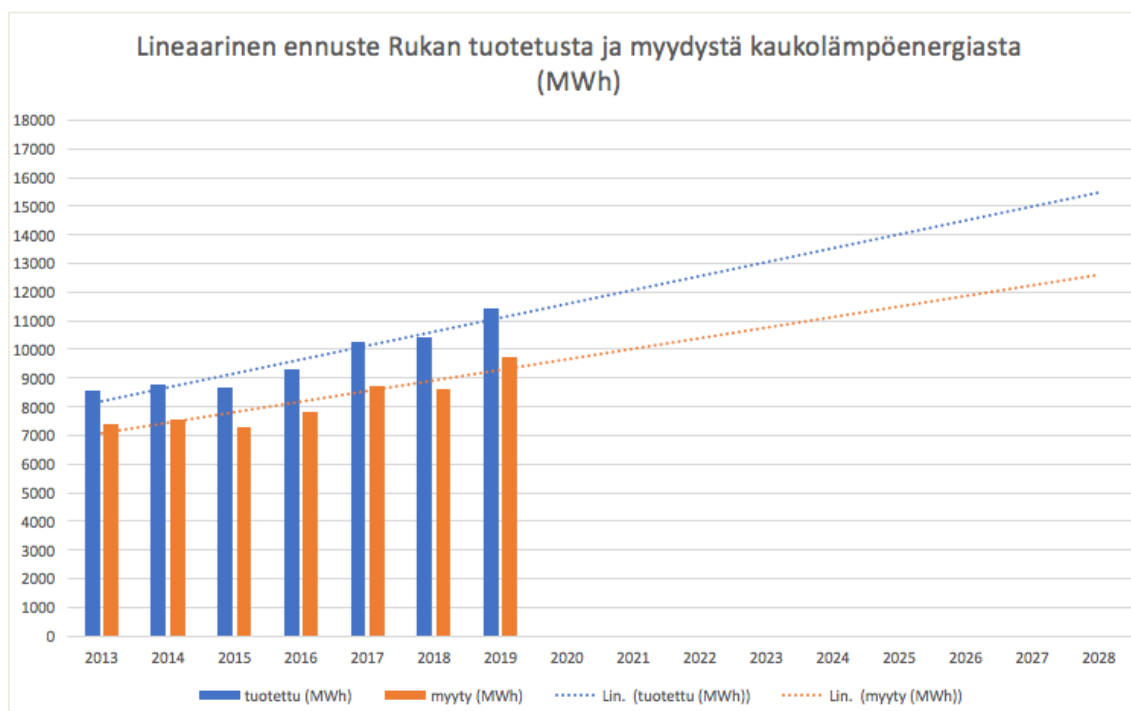
Kun mittaustiedon tehoarvot kerrotaan kertoimella 1,60 ja summataan 4,6 MW:n tehoarvon ylittävältä osalta kaikkien tehopiikkien energiamäärät, saadaan tuotettavaksi energiamääräksi noin 23 MWh. Jos Itä-Rukan kasvuennuste toteutuu kasvukertoimen 1,73 mukaan, niin tuotettava energiamäärä on noin 100 MWh. Rukan biolaitoksen kapasiteetti ei riitä 4,6 MW:n teholla tuottamaan edellä mainittujen tehopiikkien energiamääriä ilman toimenpiteitä. Kyseinen vuosittainen energiamäärä on tuotettava joko POK-varalämpökeskuksilla tai muilla ratkaisuilla.

Suuntaa koko Länsi- ja Itä-Rukan tulevaisuuden kaukolämpöenergian kulutukseen voidaan arvioida myös jatkettulla trendiviivalla. Kuvan 35 kaavioon on piirretty trendiviiva Rukan myytyihin ja tuotettuihin energiamääriin.



KUVA 35. Jatkettu trendiviiva Rukan kaukolämpöenergian tuotannosta ja myynnistä

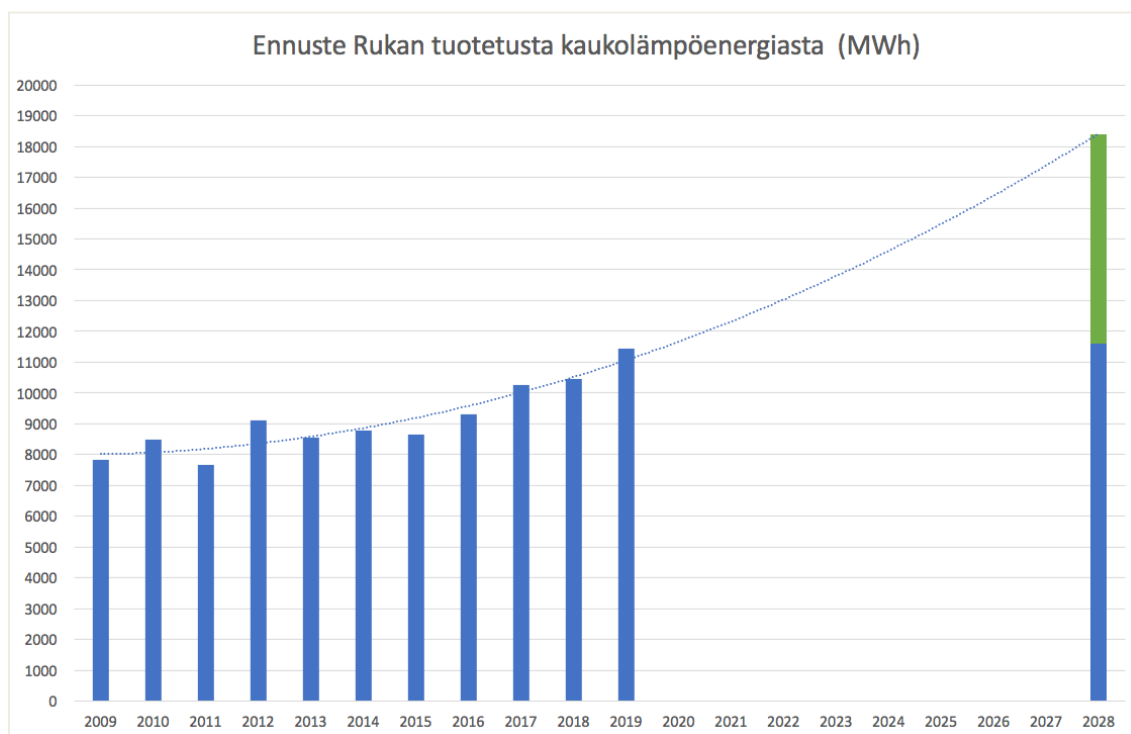
Kuvan 35 trendiviivaa on jatkettu kahdeksalla vuodella eteenpäin. Tämä ennuste on summittainen, koska vuositason keskilämpötilat vaikuttavat tuotettuihin energiamääriin. Ennusteessa kaukolämpöenergian tuotanto on vuonna 2028 13 800 MWh. Kuvan 36 ennusteessa kasvua on arvioitu trendiviivan avulla vuosina 2013 - 2028 välillä.



KUVA 36. Jatkettu trendiviiva Rukan kaukolämpöenergian tuotannosta ja myynnistä

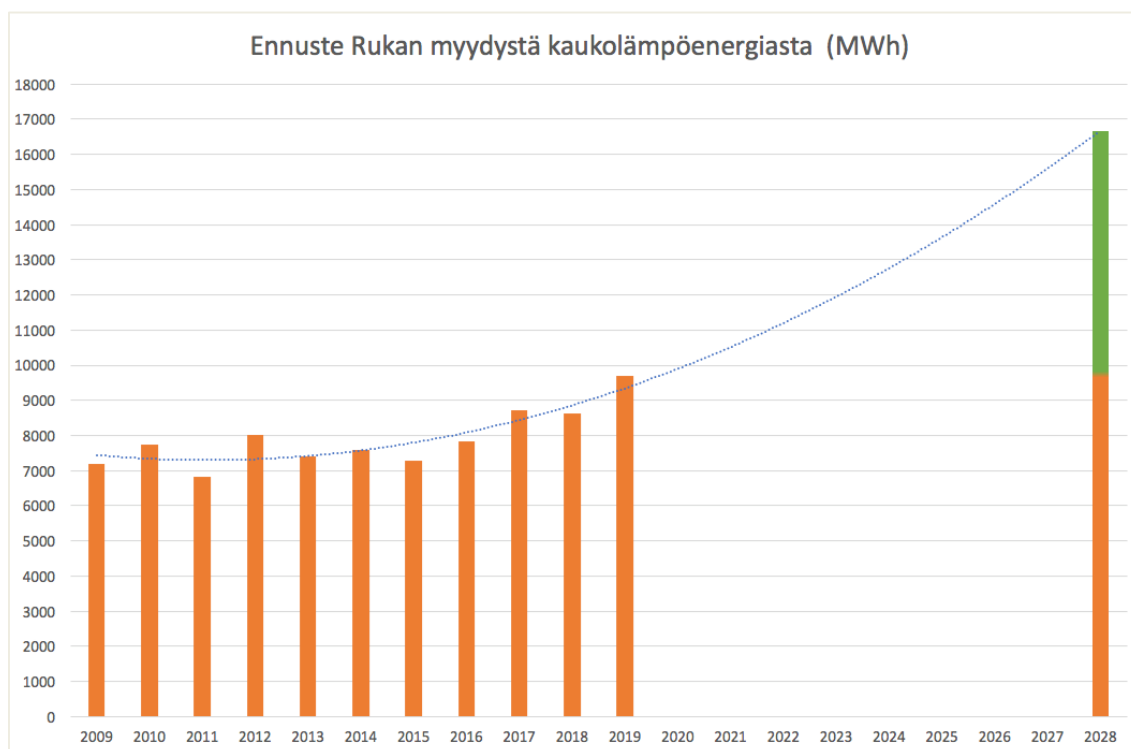
Kuvan 36 ennuste eroaa kuvan 35 ennusteesta siinä, että kaavion lähtöarvoista on jätetty pois vuodet 2009 - 2012. Kuvan 36 ennusteessa jatkettujen trendiviivojen mukaan kaukolämpöenergian tuotanto ja myynti nousevat lähes samassa suhteessa. Kaukolämmön tuotanto on kyseisen ennusteen mukaan vuonna 2028 noin 15 500 MWh.

Jatketulla trendiviivalla ei voida arvioida tarkasti kaukolämpöenergian tuotannon ja myynnin kasvua. Se on ainoastaan oletus siitä, että kasvu jatkuu tulevaisuudessa samassa suhteessa aiempaan. Jatkettua trendiviivaa on kuitenkin hyvä verrata tarkemmin laskettuun arvioon. Tarkemman lasketun arvion mukainen ennuste Rukan kaukolämpöenergian tuotannosta on esitetty kuvan 37 kaaviossa.



KUVA 37. Ennuste Rukan kaukolämpöenergian tuotannosta kasvukertoimen 1,60 mukaan

Kuvan 37 ennusteessa vuoden 2028 pylvään vihreä osa koostuu kuvan 28 skenaarion mukaisesta vuoden 2028 Itä-Rukan kaukolämpöenergian tarpeesta ja sininen osa toteutuneesta vuoden 2019 kaukolämpöenergian tuotannosta. Skenaariossa Itä-Rukan rakennukset rakentuvat vuoteen 2028 mennessä. Kuvan 37 ennusteeseen ei ole otettu ravintola Ski Bistroa ja hotelli Vuosselin Helmeä mukaan. Kuvan 37 ennusteessa koko Rukan kaukolämpöenergian tarve on vuonna 2023 noin 13 800 MWh ja vuonna 2025 noin 15 500 MWh. Kuvasta 38 nähdään ennuste Rukan kaukolämpöenergian myynnistä.



KUVA 38. Ennuste Rukan kaukolämpöenergian myynnistä kasvukertoimen 1,60 mukaan

Vuoden 2019 toteutunut kaukolämpöenergian myynti eli kaukolämpöasiakkaiden kulutus on ollut Rukalla 9 719 MWh. Kuvan 38 ennusteessa vuoden 2028 pylvään oranssi osa koostuu vuoden 2019 kaukolämpöenergian toteutuneesta myynnistä ja vihreä osa koostuu kuvan 28 skenaarion mukaisesta vuoden 2028 Itä-Rukan kaukolämpöenergian tarpeesta.

7 RATKAISUVAIHTOEHDOT

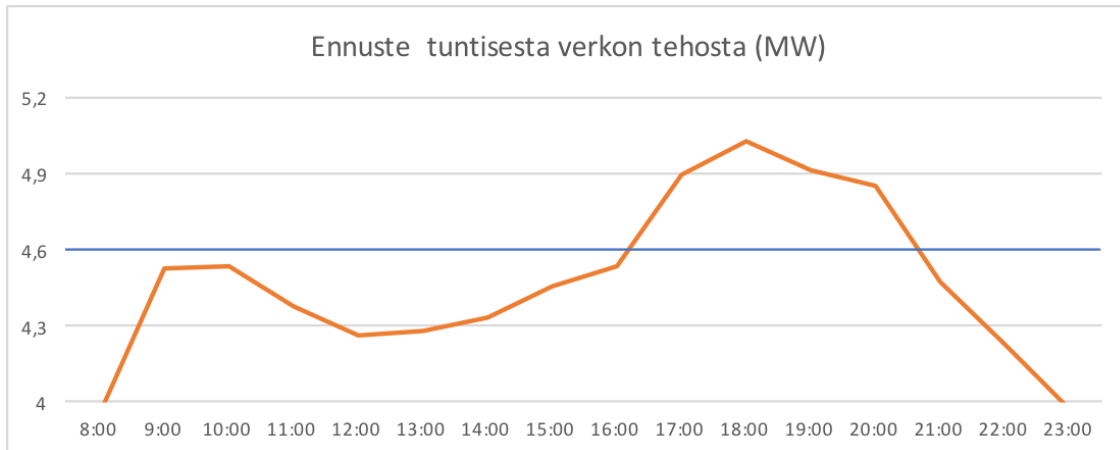
Kun Itä-Rukan suunniteltu kävelykylä valmistuu, tulee väistämättä tilanteita, jolloin Länsi- ja Itä-Rukan kaukolämmön kokonaistehon tarve ylittää Rukan puutähdettä polttoaineena käyttävän biolämpökeskuksen 4,6 MW:n maksitehon. Tämä tarkoittaa sitä, että Rukan kaukolämpöenergiaa ei voida tuottaa ainoastaan uusiutuvaksi energiaksi luokiteltavalla puutähteellä nykyisellä biolämpökeskuksella, vaan syntyvä vaje on tuotettava POK-lämpökeskuksella. On myös mahdollista korvata yli 4,6 MW:n tehontarpeen ylitykset esimerkiksi lämpöakun tai maalämmön avulla.

7.1 Lämpöakku

Lämpöakku on kuin vesivaraaja, johon ladataan lämpöenergiaa kaukolämpövedellä tai sähköllä. Akkuun voidaan ladata lämpöenergiaa kaukolämmön tehontarpeen ollessa alempi kuin tuotantokapasiteetti ja purkaa lämmitettyä vettä tehontarpeen ylittäessä laitoksen maksimitehon. Suurin osa Suomeen rakennetuista lämpöakuista toimii ilmanpaineessa. Yleensä niiden maksimilämpötila on 95 - 98 astetta. (27, s. 31.)

Normaalisti lämpöakku sijaitsee lämmöntuotantolaitoksen yhteydessä, mutta sen voi sijoittaa tilannekohtaisesti myös kaukolämpöverkon muihin osiin. On asiantuntijoiden arvioita, joiden mukaan tulevaisuudessa lähes jokaisessa kaukolämpöverkostossa on lämpöakku. (28, s. 13.)

Lämpöakun koko määritellään puuttuvan energiamäärän ja tarvittavan tehon avulla. Lämpöakun kokoon vaikuttavat olennaisesti kaukolämpöverkon lyhytaikaiset tehopiikit, joista syntyvää energiavajetta korvataan lämpöakulla. Kuvassa 39 on verkon tuntinen teho. Kaavion lähtöarvot ovat päivältä 31.12.2019. Kuvan tehopiikki on energiamäärältään tässä työssä käytetyn mittaustiedon suurin tehopiikki.



KUVA 39. Ennuste tuntisesta Itä- ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä ker-
toimella 1,60

Jos Itä-Rukan kasvu tapahtuu kuvan 26 skenaarion mukaisesti, niin kuvan 39 tehokäyrä voisi vastata päivän 31.12.2025 tehokäyrää. Tehokäyrän suurin tehoarvo on noin 5 MW. 4,6 MW:n ylittävältä osalta energiankulutus on 1 287 kWh. Kaavalla 8 voidaan laskea tarvittavan kokoinen varaaja kyseiselle energiamäärälle.

$$V = \frac{Q_{akku}}{c_p * \rho * \Delta T}$$

KAAVA 8

$V = \text{tilavuus (m}^3\text{)}$

$Q_{akku} = \text{lämpöakkuun varastoitava energiamäärä (kWh)}$

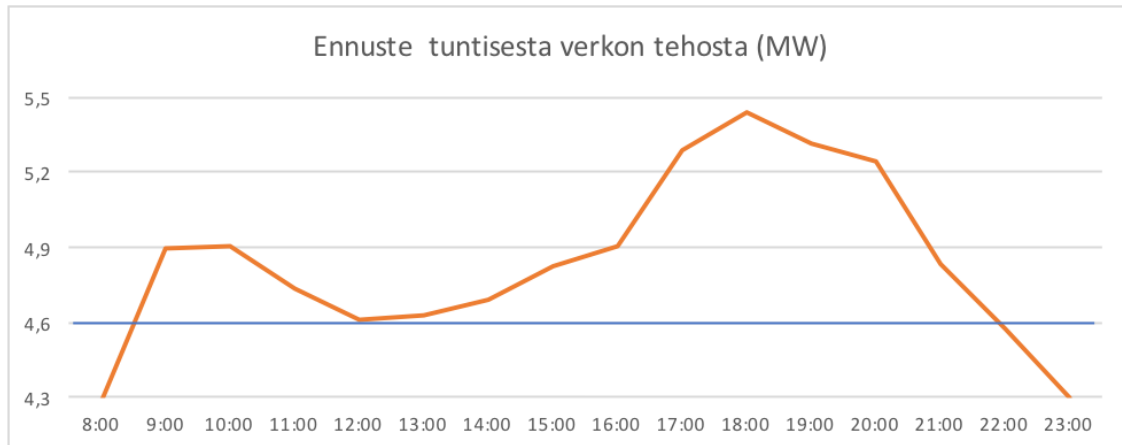
$c_p = \text{ominaislämpökapasiteetti (J/K * kg)}$

$\rho = \text{tiheys (kg/m}^3\text{)}$

$\Delta T = \text{lämpötilaero (}^\circ\text{C)}$

Kun lämpöakkuun tulevan veden oletetaan olevan 55 °C ja se lämmitetään lämpötilaan 95 °C saadaan lämpötilaeroksi 40 °C. Kyseisellä lämpötilaerolla ja 1 287 kWh:n energiamäärällä tarvittava varaajan koko olisi noin 28 m³. Todellisuudessa varaajan täytyy olla suurempi, että voidaan varmistaa energiavajeen korvaaminen tilanteissa, jolloin lämpötila on alhaisempi ja käyttöveden kulutus suurempi. Kuvan 39 ja 40 ennusteiden tehopiikkien

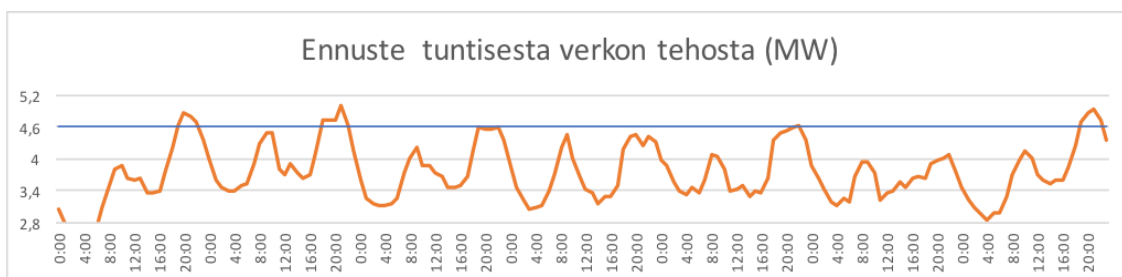
lähtöarvot ovat energiamäärältään tässä työssä käytetyn mittaustiedon suurimmasta tehopiikistä. Tässä työssä käytetyt Rukan kaukolämpöverkon mittaustiedot ovat ajalta 2.5.2017 - 24.4.2018 ja 1.4.2019 - 19.3.2020. Jos kuvan 39 ennusteessa kasvukertomeksi olisi asetettu 1,60:n sijasta 1,73, niin energiavajetta syntyisi 4 491 kWh. Edellä mainittu tehopiikki on piirrettynä kuvan 40 kaaviossa.



KUVA 40. Ennuste tuntisesta Itä- ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä kertoimella 1,73

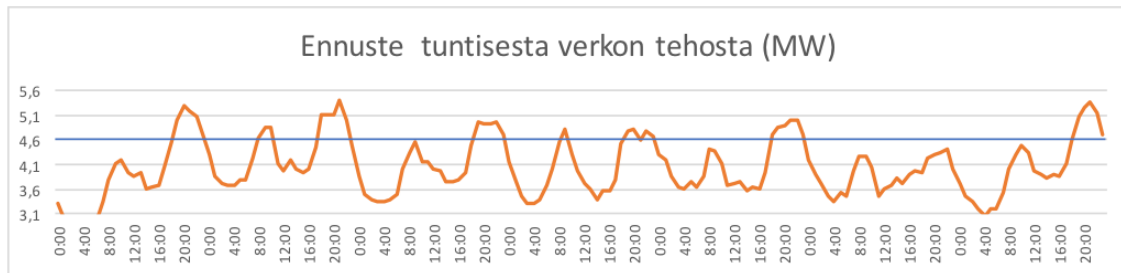
Kuvan 40 tehopiikin suurin tehoarvo on 5,45 MW. Kyseisen tehopiikin energiavajeen paikkaamiseen tarvittaisiin varaaja, joka olisi tilavuudeltaan 97 m³.

Varaajan latausaika vaikuttaa tarvittavaan lataustehoon. Tarvittava latausteho on tehovaje kaukolämpölaitoksen maksimitehoon. Tarvittavaa latausaikaa voidaan arvioida kuvan 41 kaaviosta. Kaavion tehokäyrässä on tämän työn mittaustietojen pisin jakso selkeästi havaittavista ja perättäisistä tehopiikeistä.



KUVA 41. Ennuste tuntisesta Itä- ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä kertoimella 1,60. Kaavion lähtöarvot ovat ajalta 25.2.2020 - 2.3.2020.

Ulkolämpötila on kuvan 41 kaavion lähtöarvojen mittausaikana ollut -4 :n ja -23 :n asteen välillä. Keskilämpötila on ollut -13 astetta. Vaikka kuvan 41 ennusteessa tehopiikit eivät ylitä $4,6$ MW:n tehoarvoa useasti peräkkäin, on hyvä varautua hieman suuremman tehontarpeen tehopiikkien perättäiseen syntymiseen. Tarvittava varaajan latausaika arvioidaan kuvan 42 tehokäyrän avulla. Tehokäyrän lähtöarvot ovat samalta ajalta kuvan 41 kaavion kanssa.



KUVA 42. Ennuste tuntisesta Itä- ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä ker-toimella 1,73. Kaavion lähtöarvot ovat ajalta 25.2.2020 - 2.3.2020.

Tehokäyrästä voidaan huomata että $4,6$ MW:n ylittävältä osalta käyrä on jokaisessa tehopiikissä pinta-alaltaan pienempi, kuin se on sen jälkeisessä laskussa $4,6$ MW:n alittavalta osalta. Tämä tarkoittaa sitä, että käyrästä voi visuaalisesti havaita mahdollisuuden korvata syntyvä energiavaje lämpökudalla. Käyrästä voi myös nähdä että $4,6$ MW:n ylitykset tulevat muutaman tunnin välein. Lyhin aika tehopiikin laskusta seuraavan tehopiikin alkuun kuvan 42 tehokäyrässä on seitsemän tuntia. Varaajan latausaikana käytetään tässä työssä viittä tuntia. Varaajan latausteho voidaan laskea latausajan ja tarvittavan energiamäärän perusteella kaavalla 9.

$$\Phi_{lataus} = \frac{E_{\text{lämpöakku}}}{t_{lataus}}$$

KAAVA 9

$$\Phi_{lataus} = \text{latausteho (kW)}$$

$$E_{\text{lämpöakku}} = \text{lämpökudun energiamäärä (kWh)}$$

$$t_{lataus} = \text{latausaika (h)}$$

Kun latausaika on viisi tuntia ja tarvittava energiamäärä on kuvan 39 ennusteen tehopiikin 1 287 kWh, niin latausteho on 257 kW. Jos tarvittava energiamäärä olisi kuvan 40 ennusteessa tarvittava 4 491 kWh, viiden tunnin latausajalle latausteho olisi 898 kW. Jos keskimääräinen kaukolämpöteho latausteho ovat yhteensä yli 4,6 MW, niin latausaikaa voidaan pidentää lataustehon laskemiseksi seuraavan tehopiikin alkamiseen saakka. Esimerkiksi kahdeksan tunnin latausaikana 4 491 kWh:n lataaminen lämpöakkuun tarvitsisi 561 kW:n tehon.

Kuvan 42 ennusteen kaavion keskimääräinen teho on 4 MW. Kun Rukan biolämpökeskuksen ja edellä mainitun kaavion keskimääräisen tehon erotus on 0,6 MW, on kuvan 40 ennusteen tehopiikin 4 491 kWh:n energiamäärä ladattavissa noin 7,5 tunnin aikana.

Edellä mainittujen energiamäärien ja tehojen yhtäaikainen tuottaminen kaukolämmön peruskuorman kanssa on mahdollista Rukan biolämpökeskuksella. Jos olosuhteet ovat normaalia kylmemmät ja tehontarve poikkeuksellisen suuri, niin lämpöakku kattaa osan öljyllä korvattavasta energiamäärästä. Näin lämpöakusta hyödytään joka tapauksessa kaukolämmön tehontarpeen kasvaessa.

Lämpöakun lataustehon tarvitsema tilavuusvirtaus voidaan laskea, kun tiedetään latausteho, lämpöakkuun tulevan veden lämpötila ja tavoiteltu lämpöakun lämpötila. Tilavuusvirtaus lasketaan kaavalla 10.

$$q_v = \frac{\phi_{lataus}}{\rho * c_p * \Delta T} \quad \text{KAAVA 10}$$

$$q_v = \text{tilavuusvirtaus (m}^3/\text{s)}$$

$$\phi_{lataus} = \text{latausteho (kW)}$$

$$\rho = \text{tiheys (kg/m}^3\text{)}$$

$$c_p = \text{ominaislämpökapasiteetti (J/K * kg)}$$

$$\Delta T = \text{lämpötilaero (}^\circ\text{C)}$$

Kaavalla 10 laskettu tilavuusvirtaus 40 asteen lämpötilaerolla latausteholle 257 kW on 1,53 l/s. Samalla lämpötilaerolla laskettuna lataustehon 989 kW tarvitsema tilavuusvirtaus olisi 5,35 l/s. 561 kW:n lataustehon tilavuusvirtaus on 3,34 l/s

Kun lämpöakun lämpötila on suurempi kaukolämpöveden menolämpötilaa, kannattaa lämpöakkua purkaa kaukolämpöverkon menoputkeen. Jos taas lämpöakun lämpötila on pienempi kuin kaukolämpöveden menolämpötila, niin lämpöakkua kannattaa purkaa kaukolämpöverkon paluuputkeen.

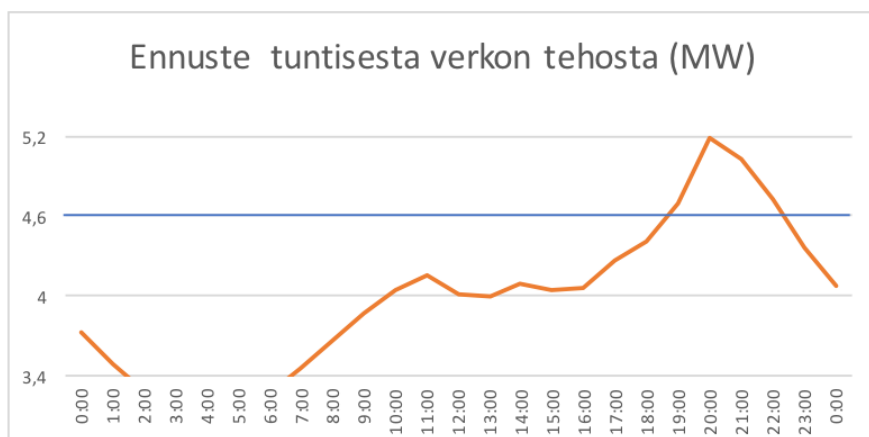
Lämpöakulla on korvattava vähintäänkin luvussa 6.4 lasketut 4,6 MW:n tehoarvon ylittävältä osalta olevat vuosittaiset energiamäärät. Korvattava energiamäärä on kasvukertoimen 1,60 mukaan 23 MWh ja kasvukertoimen 1,73 mukaan 100 MWh.

7.2 Paluueden lämmitys maalämmöllä

Kaukolämpöverkkoon voidaan kytkeä tuotantokapasiteetin nostamiseksi maalämpöjärjestelmä. Maalämpöjärjestelmällä nostetaan kaukolämpöverkon paluueden lämpötilaa. Paluupuolen kaukolämpöveden ollessa korkeampi meno- ja paluueden lämpötilaero laskee. Tästä johtuen myös lämpökeskuksen tehontarve laskee.

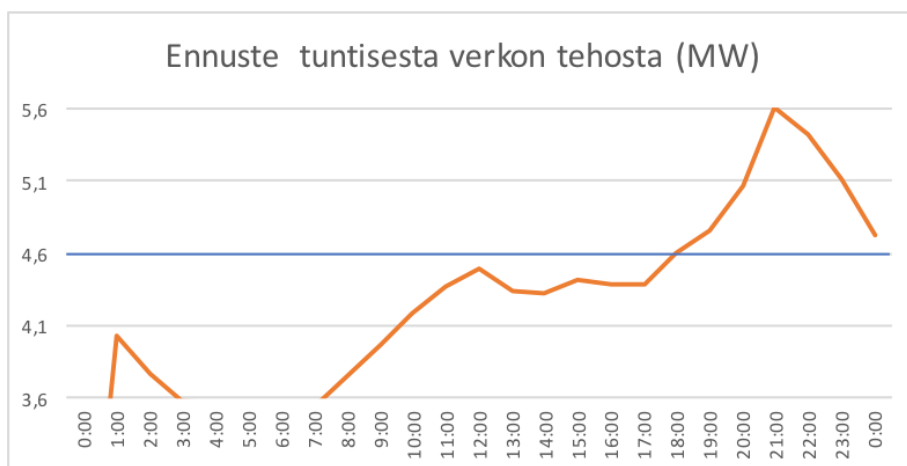
Maalämmön käyttäminen ainoastaan kaukolämmön huipputehojen korvaamiseen ei ole kannattavaa. Vaan maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika laskee, kun sitä käytetään myös kaukolämmön peruskuorman tuottamiseen. Suurin tarve maalämmön käyttämiseen kaukolämmön huippukapasiteettinä on talvikaudella. Maalämmön käyttämisen kustannuksia nostaa pakkasjaksoille ajoittuva korkea sähkön hinta. (28, s. 21.)

Rukan kaukolämpöverkkoon tarvittavan maalämpöpumppaamon teho voidaan arvioida kertomalla mittaustiedon suurin mitattu teho kasvukertoimella 1,60. Kuvan 43 kaaviossa on käytetty lähtöarvoina tässä työssä käytetyn mittaustiedon tehopiikkiä, jossa on korkein tehoarvo.



*KUVA 43. Ennuste tuntisesta Itä- ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä ker-
toimella 1,60. Kaavion lähtöarvot ovat ajalta 27.2.2018.*

Kuvan 43 kaavion lähtöarvojen suurin tehoarvo on 3,24 MW. Kun kaavion lähtöarvot ker-
rotaan kasvukertoimella 1,60, saadaan kaavion tehokäyrän suurimmaksi arvoksi 5,18
MW. Maalämpöjärjestelmän tarvittava teho on kuvan 43 ennusteen ja Rukan biolaitoksen
maksimitehon erotus, eli noin 0,6 MW. Kuvassa 44 havainnollistetaan mittaustietojen kor-
keimman tehopiikin lähtöarvot kerrottuna kasvukertoimella 1,73.



*KUVA 44. Ennuste tuntisesta Itä- ja Länsi-Rukan kaukolämpöverkon tehokäyrästä ker-
toimella 1,73. Kaavion lähtöarvot ovat ajalta 27.2.2018.*

Maksimiteho on noin 5,6 MW kuvan 44 tehokäyrässä. Tämä tarkoittaa sitä, että jos lu-
vussa 6.3 määritelty tehokerroin olisi 1,73, tarvittavan maalämpöjärjestelmän teho olisi
noin 1 MW.

Arvio maalämpöjärjestelmän yhden vuoden aikana tuottamasta energiamäärästä on luvussa 6.4 laskettu 4,6 MW:n tehoarvon ylittävältä osalta oleva energiamäärä. Tuotettava energiamäärä on kertoimen 1.60 mukaan 23 MWh. Kertoimen 1,73 mukaan energiamäärä on 100 MWh.

Maalämpöjärjestelmän investointia Rukan kaukolämmityksen osalta puoltaa se, että edellä mainittujen energiamäärien tuottamisen lisäksi maalämpöjärjestelmää kannattaa käyttää kesäajan peruskuorman tuottamiseen mahdollisimman paljon takaisinmaksuajan laskemiseksi. Pienen tehon tuottaminen kiinteää polttoainetta polttavalla Rukan biolämpökeskuksella laskee lämpökeskuksen hyötysuhdetta. Maalämmöllä voitaisiin tuottaa suuri osa kesäajan kaukolämpötehon tarpeesta. Kuvan 13 pysyvyyskäyrästä voi tarkastella Rukan kaukolämpöverkon kesäajan tehoarvojen tuntimääriä.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää Itä-Rukalle suunnitellun lomakylän rakennuskanan kaukolämpötehon tarve. Työssä laskettiin myös Rukan ja Itä-Rukan välille valmistu- neen kaukolämpöverkon runkoputken tehokapasiteetti ja arvio Itä-Rukan lomakylän kau- kolämmön tuntisesta tehontarpeesta tulevaisuudessa. Syntyvän kaukolämmön lisätehon- tarpeen korvaamista laskettiin lämpöakun ja maalämpöjärjestelmän osalta.

Itä-Rukan lomakylän kaukolämmön tuntinen tehontarve on alueelle suunniteltujen uusien rakennuksien osalta noin 1,9 MW. Alueelle jo aiemmin rakennettujen rakennuksien liitty- essä uuteen kaukolämpöverkoston osaan, lomakylän kaukolämmön tuntinen kokonaiste- hontarve olisi noin 2,4 MW. Laskettu Rukan ja Itä-Rukan välisen kaukolämpöverkon run- koputken maksimitehokapasiteetti noin 7 MW riittää siirtämään Itä-Rukan lomakylän kau- kolämmön tulevaisuuden tehontarvetta.

Rukan biolämpökeskuksen 4,6 MW:n maksimiteho riittää Rukan ja toistaiseksi Itä-Rukan ainoan kaukolämpöverkkoon liittyneen asiakkaan kaukolämpötehon tuottamiseen. Itä- Rukan lomakylän valmistuessa Rukan biolämpökeskuksen huipputeho ei riitä tuottamaan tarvittavaa tehoa. Syntyvä tehovaje on mahdollista korvata työssä lasketun lämpöakun tai maalämpöjärjestelmän avulla. Työssä arvioitiin Itä-Rukan alueen kaukolämmön tehon- tarpeen lisääntymistä usean eri skenaarion mukaisesti. Skenaarioissa käytettiin kahta eri työssä laskettua kasvukerrointa, joiden avulla tehojen nousua ja kaukolämpöverkon te- hopiikkien energiamääriä laskettiin.

Kun käytetään lähtöarvoina Rukan kaukolämpöverkon vuoden 2017 jälkeistä energia- määrältään suurinta tehopiikkiä ja Itä-Rukan lomakylän kaukolämpötehon tarpeen ollessa tässä työssä arvioitu maksimitehontarve, saadaan ennuste jonka tehopiikin energia- määrä olisi 4 491 KWh. Kyseisen tehopiikin energiamäärän korvaamiseen riittäisi noin 97 m³:n lämpöakku. Kyseisen lämpöakun lataaminen kestäisi 7,5 tuntia Rukan biolämpö- keskuksen tuottaessa maksimitehoa. Jos kaukolämpökuorma on poikkeuksellisen suuri kylmästä kelistä tai häiriötilanteesta johtuen ja Rukan biolämpökeskuksen kapasiteetti ei riitä, niin lämpöakku korvaa osan Rukan varalämpökeskusten öljyllä tuottamasta energia- määrästä.

Työssä laskettu maalämpöjärjestelmää mitoitettiin ennusteen mukaan, jossa lähtöarvoina käytettiin Rukan kaukolämpöverkon vuoden 2017 jälkeistä suurimman tehoarvon omaavaa tehopiikkiä. Jos Itä-Rukan kaikki rakennukset ovat liittyneet kaukolämpöverkoston, ennusteen tehopiikin suurin arvo olisi noin 5,6 MW. Tämä tarkoittaa sitä, että tarvittava maalämpöjärjestelmän teho olisi noin 1 MW, kun Rukan biolämpökeskuksen maksimiteho on 4,6 MW. Jos maalämpöjärjestelmä mitoitetaan käyttämällä kuvan 20 kaavion noin 3,7 MW:n tehoa ja oletetaan Itä-Rukan tehontarpeen olevan noin 2,4 MW, maalämpöjärjestelmän maksimi lämmitysteho olisi noin 1,5 MW. Maalämpöjärjestelmän investointi olisi varsinkin kesäajan pienen kaukolämpötehon tuottamisen kannalta järkevä ratkaisu.

Lämpöakun ja maalämpöjärjestelmän korvattava energiamäärä olisi työssä käytetyn pienemmän kasvukertoimen mukaan noin 23 MWh. Jos käytetään suurempaa työssä laskettua kasvukerrointa, korvattava energiamäärä olisi noin 100 MWh. Eli energiamäärä ei ole merkittävä, sillä se vastaa noin 1 - 5 kaukolämmitetyn omakotitalon vuosikulutusta. Maalämpöjärjestelmällä tuotettavaa energiamäärää olisi järkevää nostaa tuottamalla sen avulla kesäajan pienempi tehontarve.

LÄHTEET

1. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (Eu) 2018/2001. 2018. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32018L2001>. Hakupäivä 20.5.2020.
2. Kuusamon energia ja vesiosuuskunta. Saatavissa: <https://kuusamonevo.fi/>. Hakupäivä 27.2.2020.
3. Alakangas, Eeva – Hurskainen, Markus – Korhonen, Jaana – Laatikainen – Luntama, Jaana 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Tampere: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>. Hakupäivä 4.3.2020.
4. Mäkelä, Veli-Matti – Tuunanen, Jarmo 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Hakupäivä 9.3.2020.
5. Puhtaan veden tekijät. 2014. Vesilaitosyhdistys. Saatavissa: https://www.vvy.fi/site/assets/files/1086/vvy_puhtaan_veden_tekijat_netti.pdf. Hakupäivä 4.3.2020.
6. Ruka. Saatavissa: <https://www.ruka.fi/>. Hakupäivä 12.3.2020
7. Laatumaa. Saatavissa: <https://www.laatumaa.fi/>. Hakupäivä 15.3.2020.
8. Rukan asemakaavayhdistelmä, päivitetty 30.1.2020. 2020. Kuusamon kaupunki. Saatavissa: http://www.kuusamo.fi/sites/default/files/ruka_ky_30012020_pakattu_0.pdf. Hakupäivä 11.3.2020
9. Hochedlinger, Lucas – Reinis, Ludins – Virtanen, Kimmo 2019. Feasibility Study, Proposed Ruka Valley Ski Resort, Finland. Christie & Co.
10. One with the nature. 2018. Naturpolis. Saatavissa https://www.naturpolis.fi/files/6315/2448/8480/2018-03-27-One-with-the-Nature-Ruka_Valley.pdf. Hakupäivä 10.3.2020.

11. Ecosign Mountain Resort Planners Ltd. Saatavissa: <http://www.ecosign.com/home>. Hakupäivä 17.3.2020.
12. Rakennusteho. Saatavissa: <https://rakennusteho.fi/kohde/rukavalley-kuusamo/>. Hakupäivä 19.3.2020.
13. Uudelleen rakennettu rinneravintola Ski Bistro avautuu Rukan joulusesonkiin tänään. 2014. Tunturimax Oy. Saatavissa <https://www.noho.fi/uudelleen-rakennettu-rinneravintola-ski-bistro-avautuu-rukan-joulusesonkiin-tanaan/>. Hakupäivä. 29.3.2020.
14. Kaukolämpöverkkoja yli 15000 km. Energiateollisuus Ry. Saatavissa: <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/kaukolampoverkot>. Hakupäivä 26.3.2020.
15. Sutinen, Markku. Kaukolämpö. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/documents/486338/0f505619-ab5a-4506-b8d9-f4af6a358c1b>. Hakupäivä 11.3.2020.
16. Liitekuvio 5. Kaukolämmön tuotanto polttoaineittain 2000-2018. 2019. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/salatuo/2018/salatuo_2018_2019-11-01_kuv_005_fi.html. Hakupäivä 26.3.2020.
17. Energiavuosi 2019. 2020. Energiateollisuus ry. Saatavissa: https://energia.fi/files/4402/Energiavuosi2019_Kaukolampo_MEDIAKUVAT_20200120.pdf. Hakupäivä 19.3.2020.
18. Kilpijärvi, Lauri. Voimalaitospäällikkö, Kuusamon energia ja vesiosuuskunta. Keskustelut tammikuun - toukokuun 2020 aikana.
19. Åman, Kasper 2018. Rukan kaukolämpöverkoston laskentaraportti. Planora.
20. Tilausteho ja –vesivirta. Määritys ja tarkistaminen. 1998. Suositus K15/1998. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <https://docplayer.fi/3804437-Tilausteho-ja-vesivirta-maaritys-ja-tarkistaminen.html>. Hakupäivä 6.4.2020.
21. D1. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: [file:///Users/jaakkovanttila/Downloads/D1_2007%20\(4\).pdf](file:///Users/jaakkovanttila/Downloads/D1_2007%20(4).pdf). Hakupäivä 12.4.2020.

22. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. 2014. Julkaisu K1/2013. Energia-
teollisuus ry. Saatavissa: https://energia.fi/files/502/JulkaistuK1_2013_20140509.pdf.
Hakupäivä 15.4.2020.
23. Laurila, Harri. Isännöitsijä, Kiinteistötahkola Oy, Kuusamon toimipiste. Keskustelut
huhtikuun 2020 aikana.
24. Hänninen, Mikko 2020. Re: Ski Bistron tiedot. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Jaakko
Vänttilä. 15.5.2020.
25. Kuusamo, matka- ja majoitustilastot. Visitory. Saatavissa: <https://visitory.io/fi/kuusamo/>. Hakupäivä 14.4.2020.
26. Leavuokko, Alavuotunki. Kaavoitusarkkitehti. Kuusamon kaupunki. Keskustelut maa-
liskuun 2020 aikana.
27. Alanen, Raili – Hukari, Sirpa – Koljonen, Tiina – Saari, Pekka 2003. Energian varas-
toinnin nykytila. Espoo: VTT. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2003/T2199.pdf>. Hakupäivä 19.5.2020.
28. Bröckl, Marika – Pesola, Aki – Vanhanen, Juha 2011. Älykäs kaukolämpöjärjestelmä
ja sen mahdollisuudet. Saatavissa: [https://docplayer.fi/2848107-Alykas-kaukolampo-
jarjestelma-ja-sen-mahdollisuudet.html](https://docplayer.fi/2848107-Alykas-kaukolampo-jarjestelma-ja-sen-mahdollisuudet.html). Hakupäivä 19.5.2020.