

**Lämpökamerakuvaus: eri alueiden
vertailua Riihimäellä**

TP5

Katja Virtanen ja Vesa Vuorinen



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Taustaa.....	2
3	Lämpökamerakuvaus.....	5
3.1	Aluerajaus ja kuvauksen suunnittelu	5
3.2	Laitteisto	7
3.3	Lennätykset 30.08.2024 ja 03.09.2024	7
4	Kuvien tarkastelu	9
4.1	Ohjelmisto.....	9
4.2	Alueiden vertailu keskenään	11
4.2.1	Lämpökamerakuvat	11
4.2.2	Qgis-työskentely	14
4.3	Aluekohtaiset tarkastelut	24
4.3.1	Teollisuusalue	24
4.3.2	Pientaloalue.....	33
4.3.3	Kerrostalo	36
4.3.4	Kaupan alue	39
4.3.5	Varastolalue	45
4.3.6	Puistomainen alue	50
4.3.7	Puustovaltainen puistoalue	51
5	Tulosten yhteenveto.....	54
6	Johtopäätökset.....	56
	Lähteet	57

1 Johdanto

Ilmaston lämpeneminen on jo muuttanut ilmastoa merkittävästi ja pohjoisilla alueilla ilmaston lämpeneminen on nopeampaa kuin muualla maailmassa. Tämän seurauksena ilmastonmuutoksen vaikutukset, kuten leudommat talvet, ääriämpötilat, lisääntyneet hellejaksot ja rankkasateet, tuntuvat täällä erityisen voimakkaasti. Ne vaikuttavat laajasti ihmisiin, luontoon sekä maaseudun ja kaupunkien elinympäristöihin. Vaikka hiilidioksidipäästöjä vähennettäisiin merkittävästi ja nopeallakin aikataululla, nykyinen ilmakehän koostumus takaa, että Suomen lämpötila jatkaa nousuaan vielä vuosikymmeniä. Jotta voimme taata tulevaisuuden, jossa sekä ihmisten hyvinvointi- että ilmastotavoitteet toteutuvat, meidän on samanaikaisesti kehitettävä tapoja sopeutua jo muuttuneeseen ilmastoon sekä ryhdyttävä toimiin ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi.

ILMARA-hankkeessa tarkastellaan Kanta-Hämeen rakennetun ympäristön tilannetta monitieteellisesti ja tuotetaan ratkaisuja yritysten, kuntien, kaupunkien hyvinvointialueiden ja muiden kiinteistöjä omistavien ja hallinnoivien tahojen työhön ilmastonmuutokseen sopeutumisessa. Lämpökamerakuvauksella haluttiin selvittää, miten lämpökameran tuottamasta kuvamateriaalista voi havaita kaupunkiympäristön ilmastovaikutuksia.

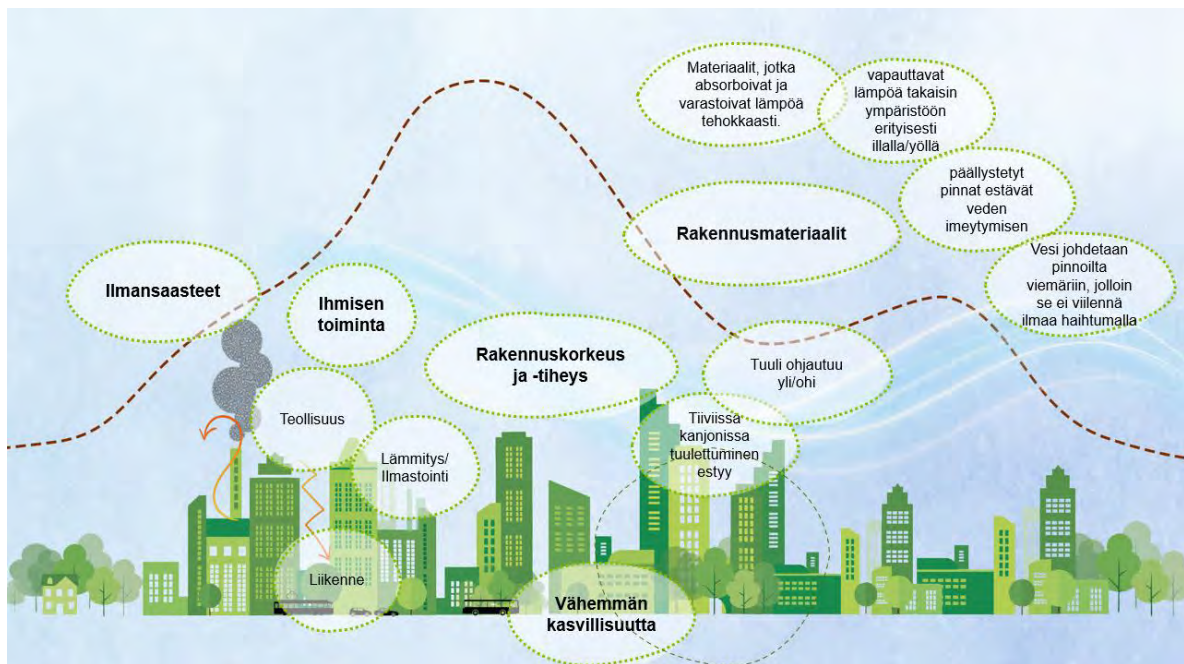
2 Taustaa

Yksi tunnetuimmista kaupunkiympäristön ilmastovaikutuksista on kaupunkien lämpösaarekeilmiö (Urban heat island, UHI-ilmiö). Tämä tarkoittaa sitä, että kaupunkialueiden lämpötila on korkeampi kuin ympäröivän maaseutualueen. Lämpötilaerojen suuruus vaihtelee ajan ja paikan mukaan eri tekijöiden vaikutuksesta. Ero kaupunkien ja maaseudun lämpötilojen välillä on yleensä selvempi yöllä, sillä rakennukset ja läpäisemättömät pinnoitteet vapauttavat niihin päivän mittaan varastoitunutta lämpöä. (de Costa Trindade Amorim et al, 2021)

Lämpösaarekeilmiötä kaupunkiympäristössä aiheuttaa (Santamouris, 2020):

- o Auringon säteilyn imeytyminen matalan albedon materiaaleihin rakennuksissa ja maan pinnoitteissa
- o Lämpösäteilyn vähentynyt poistuminen katukuiluista, mikä johtuu taivaan peittymisestä rakennusten, puiden ja muiden esteiden takia. Esteet sieppaavat lämpösäteilyn, imevät sen itseensä tai säteilevät sen takaisin kaupunkiympäristöön.
- o Ilmansaasteiden aiheuttama pitkäaaltoisen säteilyn imeytyminen ja uudelleensäteily kaupungin ilmakehässä.
- o Ihmistoiminnan tuottaman lämmön vapautuminen esimerkiksi liikenteestä, lämmityksestä/ilmastoinnista ja teollisuudesta.
- o Vähentynyt lämmönsiirto katujen sisällä, joka johtuu tuulen nopeuden pienenemisestä.
- o Rakennusmateriaalien lisääntynyt lämmön varastointi suuren lämpökapasiteetin vuoksi. Kaupungeilla näillä materiaaleilla on suurempi pinta-ala kuin maaseutualueilla, minkä vuoksi ne varastoivat enemmän lämpöä.
- o Haihtumisen väheneminen kaupunkialueilla läpäisemättömien pintojen vuoksi – kaupunkiympäristössä on läpäisemättömiä materiaaleja enemmän ja kasvillisuutta vähemmän verrattuna maaseutuun.

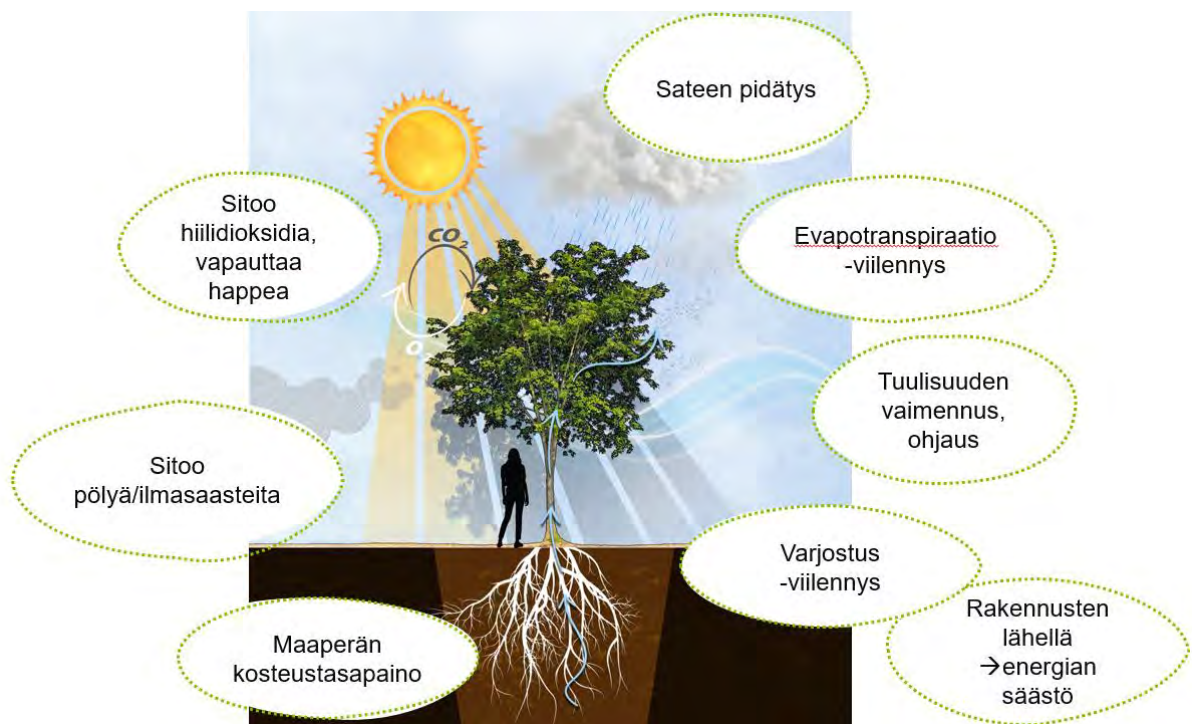
Lämpösaarekeilmiötä aiheuttavia tekijöitä in havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Lämpösaarekeilmiötä aiheuttavia tekijöitä kaupunkiympäristössä. Kaupunkialueella voi olla esimerkiksi laajempia viheralueita tai vesistöjä, jotka kumoavat osittain lämpösaarekeilmiötä paikallisesti. (Katja Virtanen, mukailen Royal Meteorological Society)

Mikroilmasto tarkoittaa pienen alueen paikallista ilmastoa, joka voi erota huomattavasti laajemman alueen yleisestä ilmastosta. Mikroilmastoon vaikuttavat monet tekijät, kuten maastonmuodot, kasvillisuus, vesistöt, rakennukset ja alueen tuuliolosuhteet. Kaupunkien viheralueet muodostavat viileitä saarekkeita (Park Cool Island, PCI) ja toimivat tavallaan vastakohtana kaupunkien lämpösaarekkeelle. Ilman lämpötila keskikokoisissa ja suurissa puistoissa voi olla huomattavasti alhaisempi kuin ympäröivillä rakennetulla alueilla. (Erell et al, 2010)

Kasvillisuudella on merkittävä rooli viihtyisän pienilmaston luomisessa (kuva 2). Huolellisesti valittu ja sijoitettu kasvillisuus suojaa liialta auringonpaisteelta, tuulelta ja sateelta, mutta toisaalta mahdollistaa riittävän päivänvalon tärkeille oleskelualueille, kuten leikkipaikoille ja terasseille. Kasvillisuus edistää myös ilman epäpuhtauksien poistumista vilkkaasti liikennöidyiltä alueilta ja estää niiden leviämistä lähiympäristöön. Mitä rehevämpi ja monikerroksisempi kasvillisuus on, sitä paremmin se tasapainottaa pienilmastoa ja kestää sään ääri-ilmiöitä. (Rakennustieto)



Kuva 2. Kasvillisuudella on monia myönteisiä vaikutuksia mikroilmastoon. (Katja Virtanen)

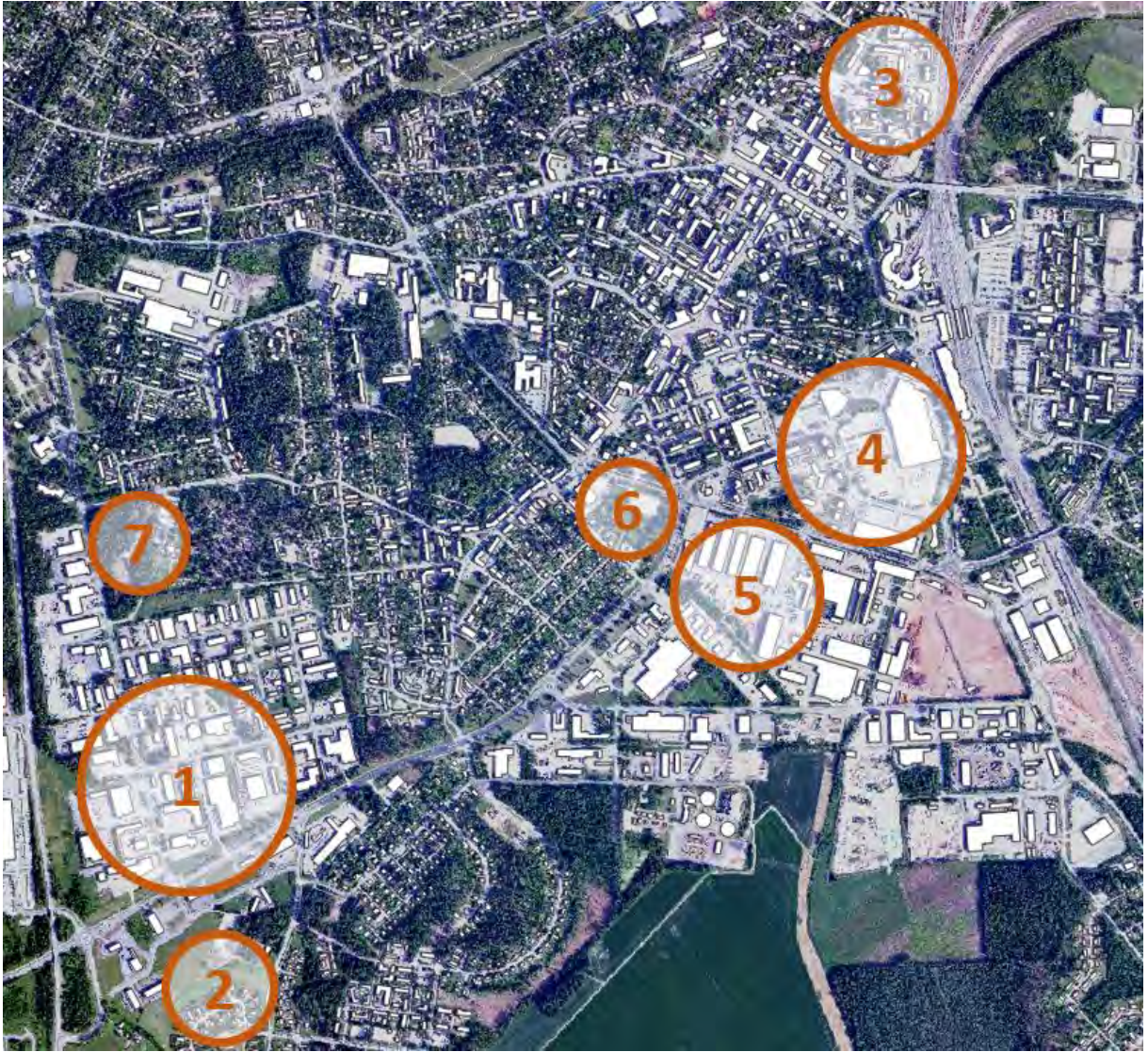
3 Lämpökamerakuvaus

Työpaketissa 5 (TP5) tavoitteena oli kuvantaa ja mallintaa rakennettua ympäristöä. Haluttiin selvittää, voidaanko dronekuvauksella todentaa lämpösaarekeilmiötä Riihimäen kokoisessa kaupungissa. Jo ennen lentoja todettiin, että lämpösaarekeilmiötä ei suoraan pystytä käytössä olevalla laitteella todentamaan, sillä ilmiön kokonaisvaltainen havainnointi edellyttäisi myös ympäröivän maaseudun mittauksia. Tehokkaampaa ja pitkäaikaisempaa seurantaan voisi saada kiinteillä lämpömittareilla, jotka mahdollistaisivat tiedonkeruun eri vuorokauden- ja vuodenaikoina. Dronet soveltuvat kuitenkin hyvin mikroilmaston tarkasteluun ja voivat täydentää muuta mittausdataa.

Lämpökuvien analysointi tarjoaa arvokasta tietoa alueiden lämpötiloista. Vertailemalla erityyppisiä alueita voidaan arvioida, miten kasvillisuus, läpäisevät pinnat ja läpäisemättömät pinnat vaikuttavat lämpötilaan. Lisäksi yksittäisellä alueella voidaan tunnistaa mikroilmastollisia eroja ja arvioida niiden taustalla olevia tekijöitä.

3.1 Aluerajaus ja kuvauksen suunnittelu

Riihimäen alueelta pyrittiin tunnistamaan erityyppisiä alueita, joita vertailemalla saataisiin tuotua esille mikroilmastoon vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi alueiden valintaan ja kuvaussuuntiin vaikutti droonin lennättämiseen liittyvät rajoitukset. Valikoidut alueet on esitetty kuvassa Kuva 3.



Kuva 3. Tarkasteluun valitut kuvauskohteet. 1. Teollisuusalue (Mattila). 2. Pientalokortteli (Myllykatu). 3. Kerrostalopiha (Oikokatu). 4. Kaupan alue (Prisma ja Power). 5. Varastoalue (Versowood Oy) 6. Puistoalue (Palomiehenpuisto). 7. Puustoinen alue (Riihimäen hautausmaa) (Maanmittauslaitos, ortokuva)

Ennakkoon pyrittiin alueilta lisäksi poimimaan asioita, mitkä oletettavasti vaikuttaisivat mikroilmastoon: kasvillisuuden läheisyys ja kasvillisuuden varjostavaa vaikutus, rakennusten muodon ja suunnan vaihtelu, värin ja materiaalin vaikutus rakenteissa ja pinnoitteissa, kasvillisuuden koko ja määrä sekä läpäisemättömän pinnan määrä.

3.2 Laitteisto

TP5 käyttöön saatiin HAMKin rakennustekniikan koulutuksen omistama DJI Mavic 3T-drooni. Mavic 3 on DJI:n Enterprise-sarjan drooni, joka on tarkoitettu ammattikäyttöön mm. pelastustoimen, maastonmittauksen ja tutkimuksen tarpeisiin. 3T on laitteen Thermal-versio, joka on varustettu lämpökameralla.

Mavic 3T painaa 920 grammaa, jolloin sen lennättäminen taajamassa on mahdollista miehittämättömän ilmailun avoimen kategorian A2, kun laite on C2-luokassa. Lennättäjän tulee olla suorittanut Traficomien verkkoteoriakoe A1/A3-kategoriaan sekä A2 valvottu lisäteoriakoe. (Droneinfo.fi 2.4.2025 <https://droneinfo.fi/fi/lennattaminen-avoimessa-kategoriassa?toggle=A2%20alakategoria>)

Mavic 3T:n lämpökamera on tarkkuudeltaan 640 x 512 pikseliä, se käyttää infrapunaa aallonpituutena 8-14 µm ja sen infrapunaan perustuva lämpötilan mittaamisen tarkkuus on +/- 2 celsiusta tai +/- 2 %. Lämpötilaa voidaan kameralla mitata joko pisteestä (Spot Meter) tai alueelta (Area Measurement). Kameran lämpötila-alue on välillä -20 °C – +150 °C.

3.3 Lennätykset 30.08.2024 ja 03.09.2024

Lennätykset suoritettiin kahtena eri päivänä kolmena vuorokaudenaikana: aamupäivällä, keskipäivällä ja iltapäivällä. Lennätyspäivistä ensimmäinen (30.8.2024) oli selkeä ja helteinen. Toinen lennätyspäivä (3.9.2024) oli pilvinen, aamulla utuinen. Taulukkoon 1 on koottu kuvauspäivien säätietoja Ilmatieteen laitoksen avoimesta aineistosta. Kumpanakaan päivänä ei ollut merkittävää tuulta. Aineisto on suuntaa antava, sillä Riihimäellä ei sijaitse omaa sääasemaa.

Taulukko 1. Hyvinkään mittausaseman tilastoja mittauspäivien ja niitä edeltävien päivien vuorokauden keskilämpötiloista ja säätiedoista. Hyvinkäällä on lähin Ilmatieteenlaitoksen mittausasema. Mittauspäivien tiedot on korostettu. *Riihimäellä sää oli pilvinen. (Ilmatieteen laitos)

Päivä	Ilman lämpötila keskiarvo [°C]	Pilvisyys	Vallitseva sää	Tuulen suunta	Keskituulen nopeus
27.8.2024	16,3	Selkeää (0/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
28.8.2024	16,5	Selkeää (0/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
29.8.2024	16,1	Selkeää (0/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
30.8.2024	18,9	Selkeää (0/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
31.8.2024	15,8	Melko selkeää (3/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
1.9.2024	12,8	Melko pilvistä (7/8)	Ei merkittäviä sääilmiöitä	-	-
2.9.2024	14,5	Melko pilvistä (7/8)	Heikkoja vesikuuroja	-	-
3.9.2024	16,3	Melko selkeää (2/8)*	Utua	-	-

Selkeän päivän lennätysten ajankohdat olivat aamupäivällä noin klo 8:30-9:30, keskipäivällä klo 12-13 ja iltapäivällä klo 16-17. Taulukossa 2 on esitetty selkeän päivän ilman lämpötilan keskiarvo kuvaushetkinä. Kyseessä on Ilmatieteen laitoksen Hyvinkään mittausaseman aineistoista lasketut keskiarvot ja tulos on esitetty asteen tarkkuudella.

Taulukko 2. Selkeän päivän ilman keskilämpötilat mittauslentojen aikana. (Ilmatieteen laitos)

Mittausajankohta 30.08.2024	Ilman lämpötila keskiarvo [°C]
Aamupäivä	18
Keskipäivä	24
Iltapäivä	26

Pilvisen päivän lennätys aloitettiin hieman myöhemmin aamupäivän osalta, koska aamu oli sumuinen. Vastaavat ajankohdat lennätyksille olivat klo 9-10, klo 12-13 ja klo 16-17. Lämpötilojen keskiarvot on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Pilvisen päivän ilman keskilämpötilat mittauslentojen aikana. (Ilmatieteen laitos)

Mittausajankohta 03.09.2024	Ilman lämpötila keskiarvo [°C]
Aamupäivä	16
Keskipäivä	18
Iltapäivä	19

4 Kuvien tarkastelu

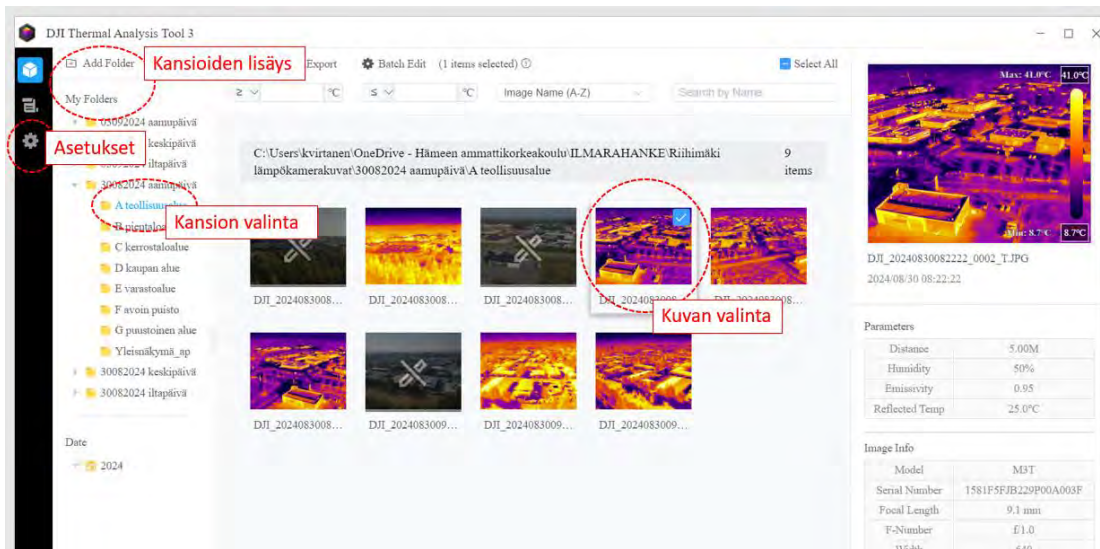
Kuvia on tarkasteltu aurinkoisena ja pilvisenä päivänä. Tilastollista tietoa ei ole mahdollista koota yhdestä ainoasta kuvauspäivästä, mutta näiden päivien kuvien tarkastelu tarjoaa yleiskuvan lämpötilavaihteluista erityyppisillä alueilla kyseisinä päivinä.

4.1 Ohjelmisto

Lämpökamerakuvien tarkasteluun käytettiin DJI Thermal Analysis Tool 3 -ohjelmistoa, joka on vapaasti ladattavissa valmistajan verkkosivuilta. Ohjelmistoa voidaan hyödyntää lämpökamerakuvien analysointiin ja käsittelyyn. Ohjelma toimii tällä hetkellä ainoastaan Windows-ympäristössä.

Ohjelmiston käyttöliittymä on yksinkertainen ja lämpötilaerojen tarkastelu kuvista on melko nopeaa. Kuvissa 4 ja Kuva 5 esitellään ohjelman käyttöliittymää ja kuvien analysointi-ikkunaa. Yksittäisestä kuvasta voidaan hakea lämpötiloja pistemäisesti sekä viiva-, suorakaide- tai ympyrävalinnalla, jolloin ohjelma laskee valitun alueen keskilämpötilan pienimmän ja suurimman lämpötilan perusteella.

Analysoidut kuvat voidaan tallentaa myös eri tiedostomuotoihin joko yksittäin tai useampi kuva kerrallaan. Tuetut tiedostomuodot ovat .pdf, .docx ja .jpg.



Kuva 4. Thermal Analysis Tool 3:n käyttöliittymä ja aloitusikkuna. Kirjastoon voi lisätä lämpökamerakuvia sisältäviä kansioita, jolloin ne on helposti selattavissa suoraan ohjelmasta. Asetuksissa voi valita kielen ja lämpötilayksikön (esim. englanti ja °C).



Kuva 5. Kuvan lämpötilaerojen analysointi-ikkuna. Kuvassa näkyvissä eri analyysityökaluilla määritettyjä lämpötiloja. Väripaletin valinta -painikkeesta voi valita halutun esitystavan kuvalle. Tässä kuvassa on käytetty "Iron Red"-väripalettia.

4.2 Alueiden vertailu keskenään

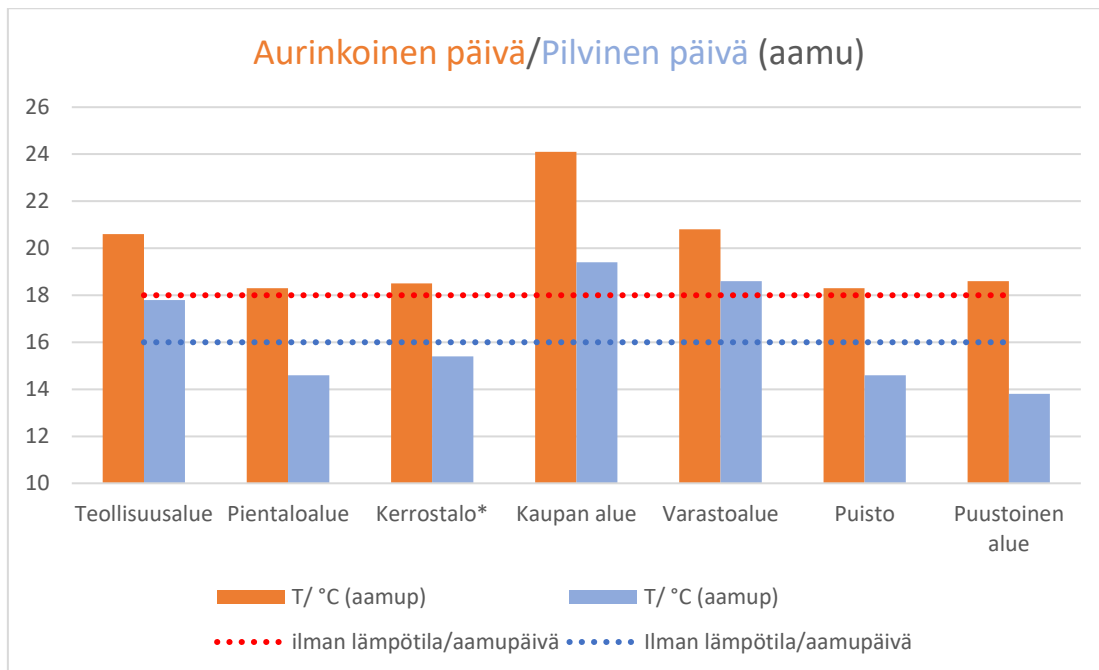
Alueita vertailtiin lämpötilan suhteen sekä ottamalla mukaan Qgis-tarkastelu, jolloin voitiin laskea mm. alueen läpäisemättömien ja läpäisevien pintojen pinta-aloja ja verrata näitä määritettyihin lämpötiloihin.

4.2.1 Lämpökamerakuvat

Thermal Analysis -työkalulla pyrittiin ottamaan jokaisesta osa-alueesta (Kuva 3) mahdollisimman hyvin aluetta edustava kuvakaappaus, jotta alueiden lämpötilakeskiarvo voitiin määrittää aamupäivän, keskipäivän ja iltapäivän tilanteissa. Ilman keskilämpötilana käytettiin Hyvinkään mittausaseman lämpötilatietoja. Kerrostalokohteen kuvat on otettu yhdestä pihasta, mikä saattaa osin vääristää tuloksia, koska muissa aluetyypeissä lämpötilakeskiarvo on määritetty laajemmalla alueella. Mikäli kuvakaappauksen sisälle osui selkeästi poikkeava lämpötila, keskiarvo otettiin useammasta kuvakaappauksesta. Yksittäinen eliminoitu lämpötila saattoi esimerkiksi johtua ajoneuvosta valinta-alueella, mikä vääristäisi tulosta.

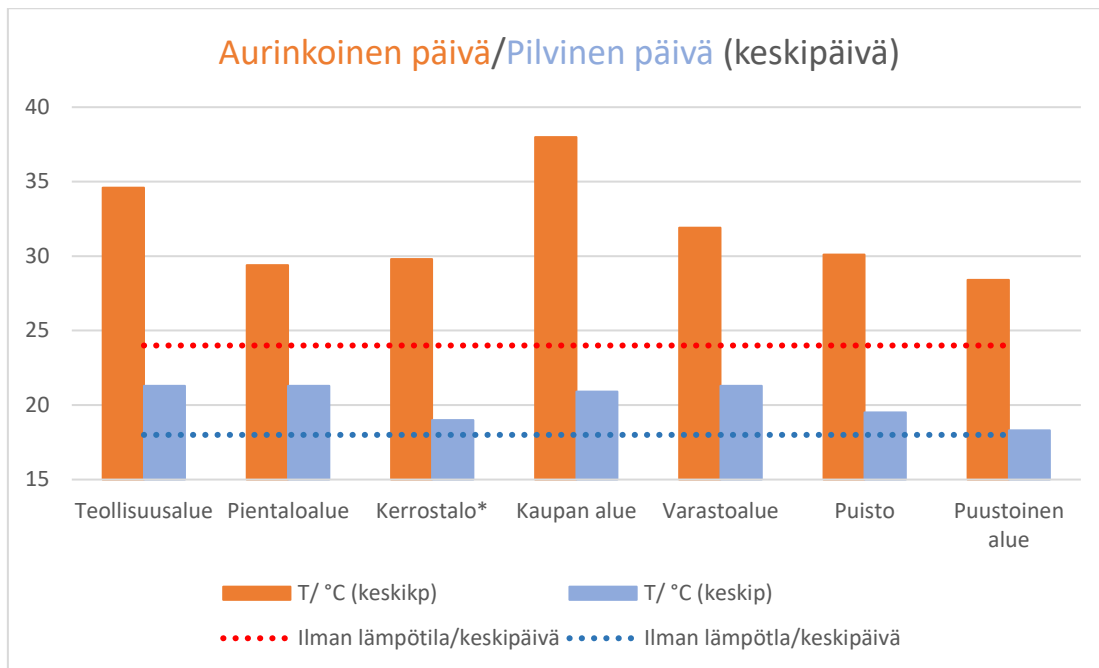
Olisi hyvä, jos Thermal Analysis Tool 3:ssa olisi myös polygon-valinta, jolla voisi helpommin rajata analysoitavia alueita.

Kuvassa Kuva 6 on esitetty osa-alueiden keskilämpötilat aamupäivän osalta. Tästä kuvaajasta on mahdollisesti parhaiten havaittavissa lämpösaarekeilmiö. Teollisuusalueella, kauppa-alueella ja varastoalueella on paljon kovia pintoja ja lämpöä varaavia materiaaleja, mikä nostaa näiden alueiden keskilämpötilaa huomattavasti aamun ilman keskilämpötilan yläpuolelle myös pilvisenä päivänä.

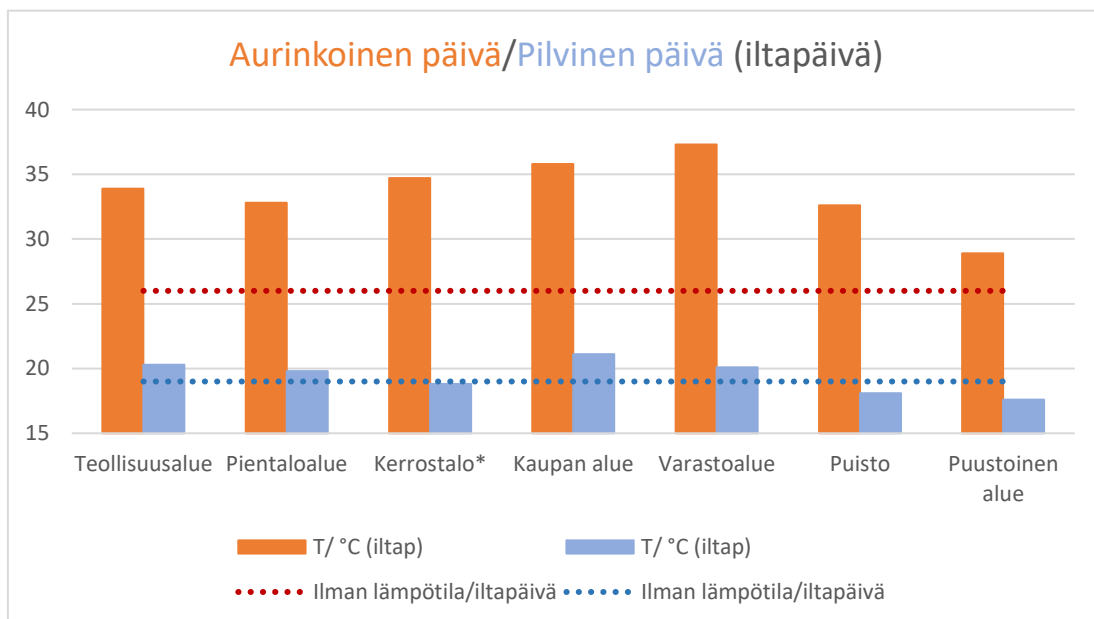


Kuva 6. Aurinkoisen ja pilvisen päivän aamun tilanne. Lämpösaarekeilmiö havaittavissa molempina kuvauspäivinä.

Kuvissa Kuva 7 ja Kuva 8 näkyy selkeästi suoran auringon paisteen vaikutus lämpötiloihin. Alueilla, joilla kovien pintojen osuus on suhteellisesti suurempi, on myös korkeampi keskilämpötila. Jälkimmäisessä kuvassa kerrostalopiha-alueen lämpötila on aurinkoisena päivänä korkea, mutta se johtunee länteen (ja iltapäivän aurinkoon) avautuvasta pihasta.



Kuva 7. Aurinkoisen ja pilvisen päivän keskipäivän tilanne. Auringon lämmittävä vaikutus nähtävissä kaikissa aluetyypeissä.

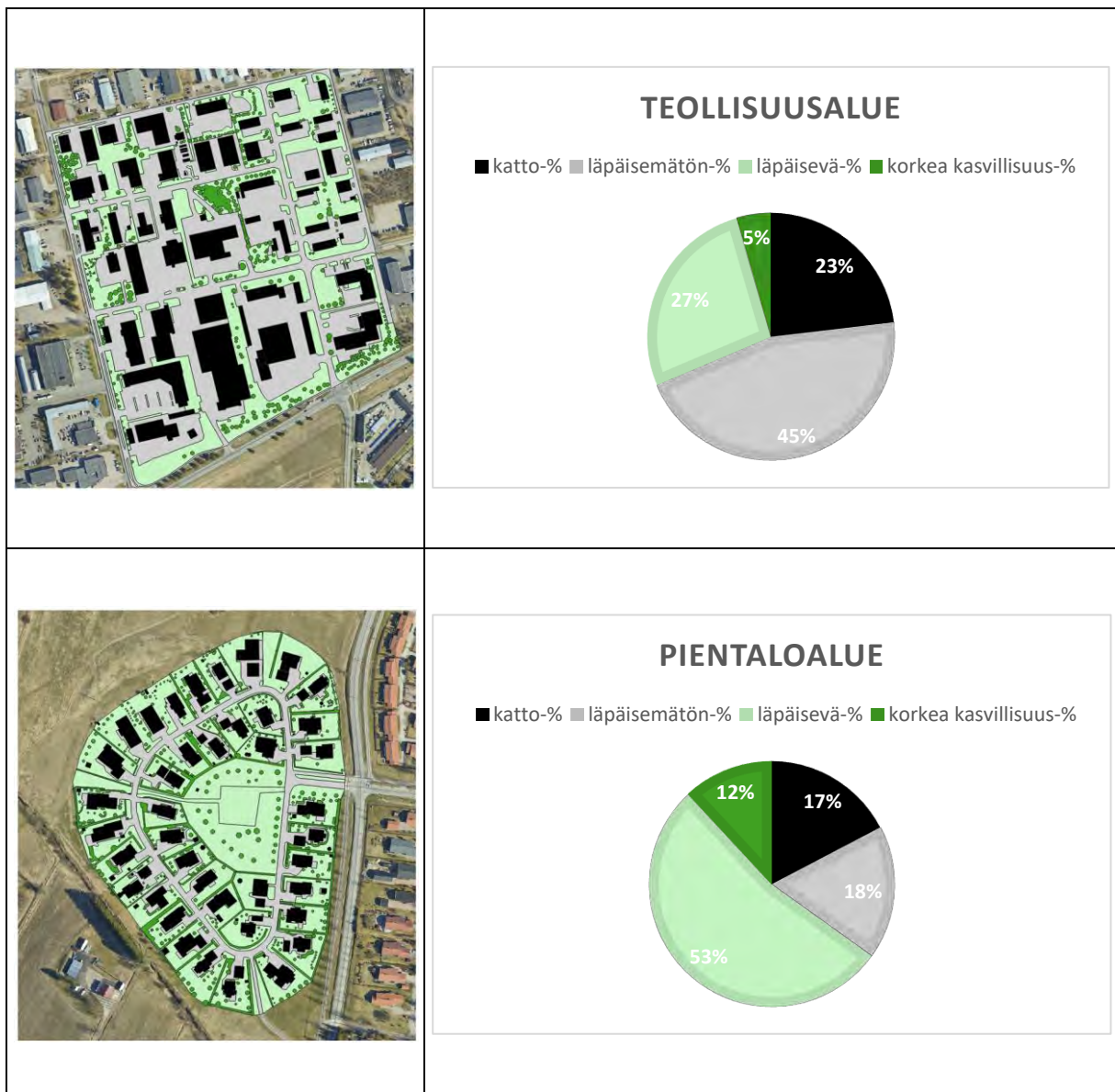


Kuva 8. Aurinkoisen ja pilvisen päivän iltapäiväntilanne. Auringon lämmittävä vaikutus nähtävissä kaikissa aluetyypeissä.

4.2.2 Qgis-työskentely

Alueista tarkasteltiin ilmakuvan perusteella neljää erilaista maanpeitettä: katto, läpäisemätön pinnoite (asfalttialueet ja kiveys), läpäisevä pinnoite (nurmialueet, sorapeitteiset alueet, matala kasvillisuus) ja korkea kasvillisuus (puut ja pensaat). Alueet piirrettiin eri väripinnoilla Qgis-ohjelmassa. Tämän jälkeen kustakin maanpeitteestä laskettiin pinta-alat aluekohtaisesti ja niitä verrattiin alueen yhteispinta-alaan. Pintojen suhteelliset jakaumat alueittain on esitetty taulukossa 4.

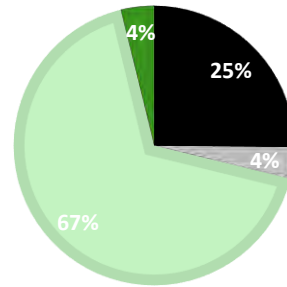
Taulukko 4. Eri alueiden maanpeitteiden suhteelliset pinta-alajakaumat.





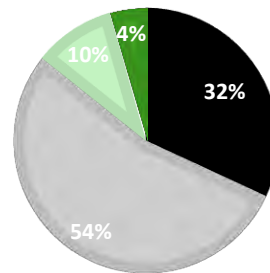
KERROSTALO

■ katto-% ■ läpäisemätön-% ■ läpäisevä-% ■ korkea kasvillisuus-%



KAUPAN ALUE

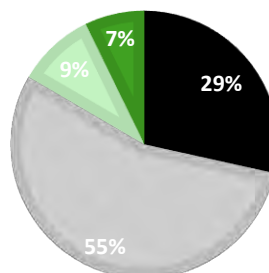
■ katto-% ■ läpäisemätön-% ■ läpäisevä-% ■ korkea kasvillisuus-%





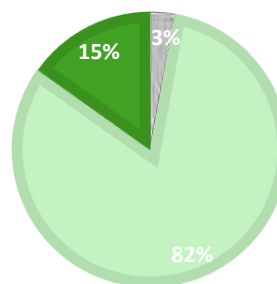
VARASTOINTIALUE

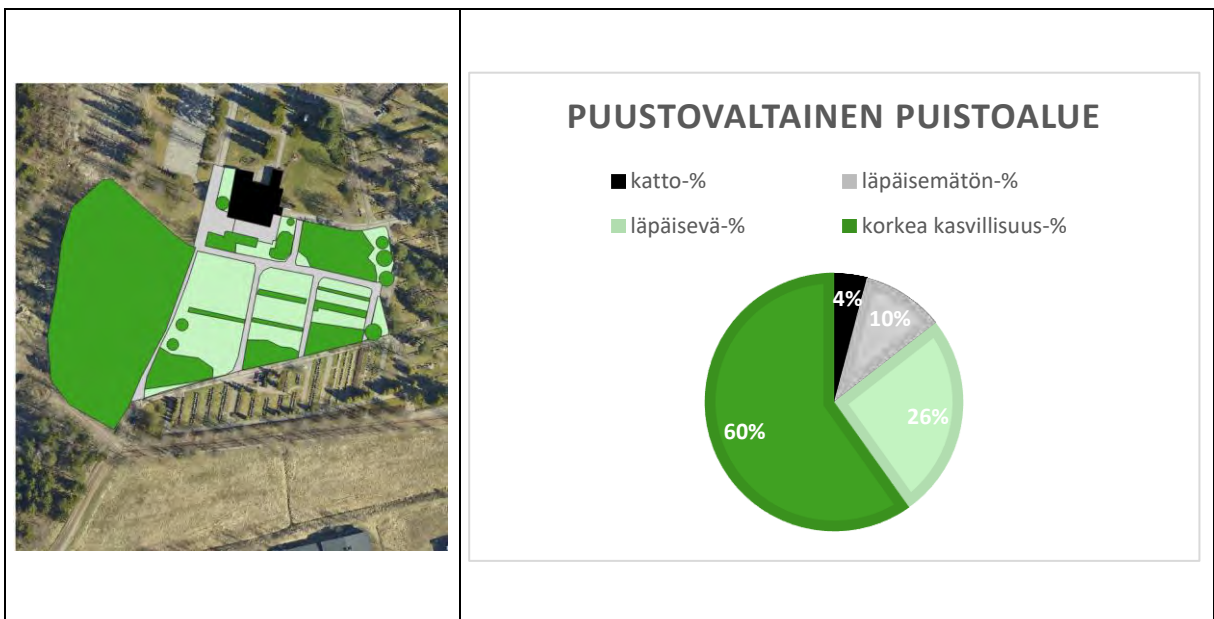
■ katto-% ■ läpäisemätön-% ■ läpäisevä-% ■ korkea kasvillisuus-%



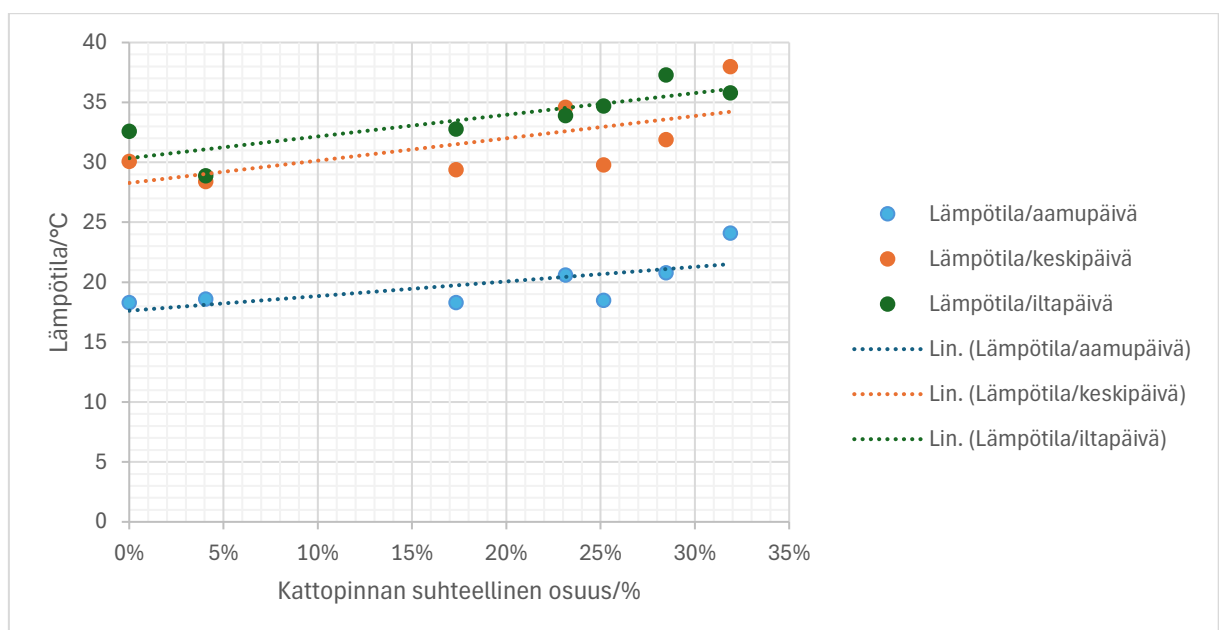
PUISTOMAINEN ALUE

■ läpäisemätön-% ■ läpäisevä-% ■ korkea kasvillisuus-%

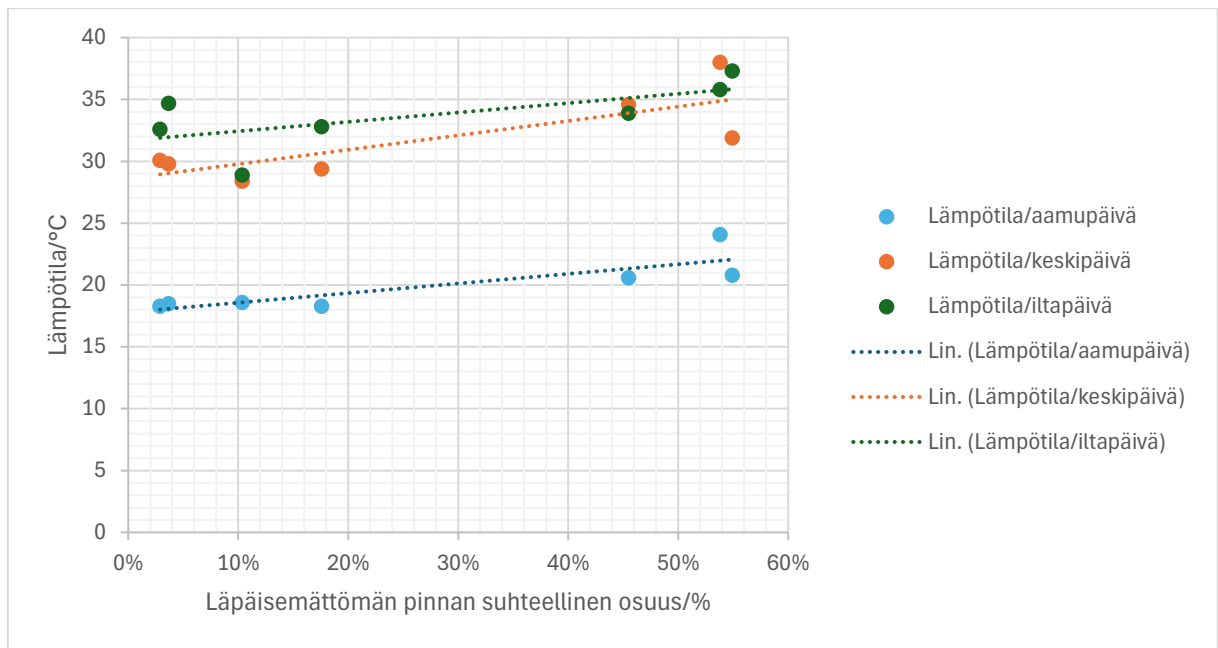




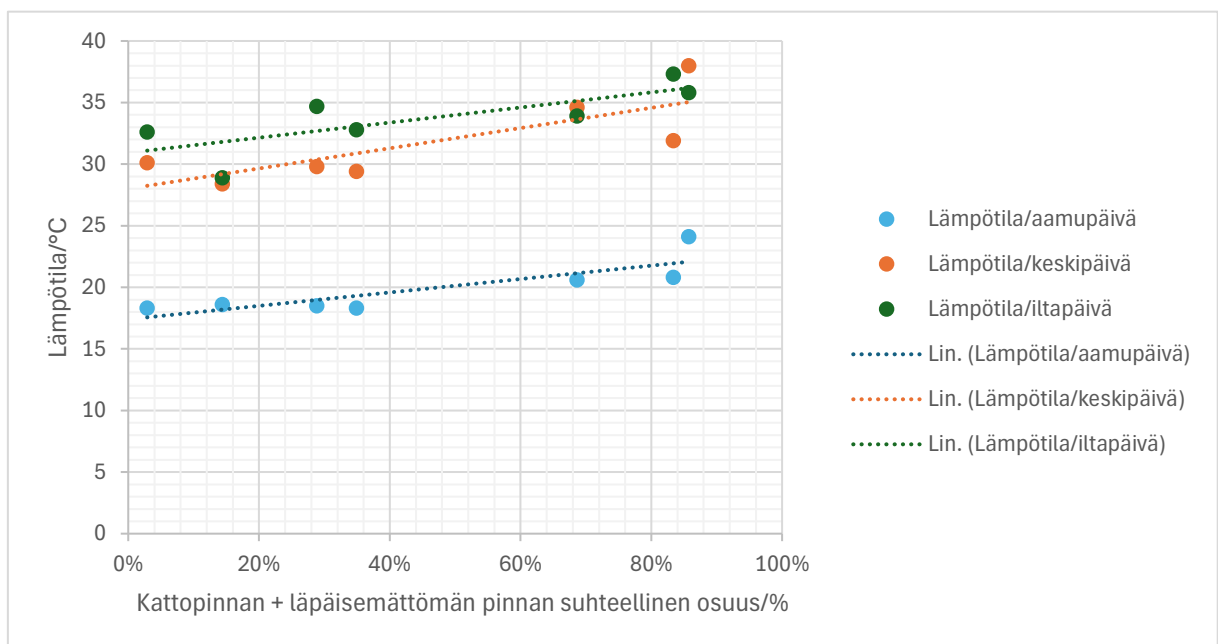
Suhteellisia pinta-aloja verrattiin lämpökameratarkastelussa saatuihin alueiden lämpötilakeskiarvoihin sekä aurinkoisena että pilvisenä päivänä. Aurinkoisen päivän kuvaajat on esitetty kuvissa 9-14 ja pilvisen päivän kuvaajat kuvissa 15-20.



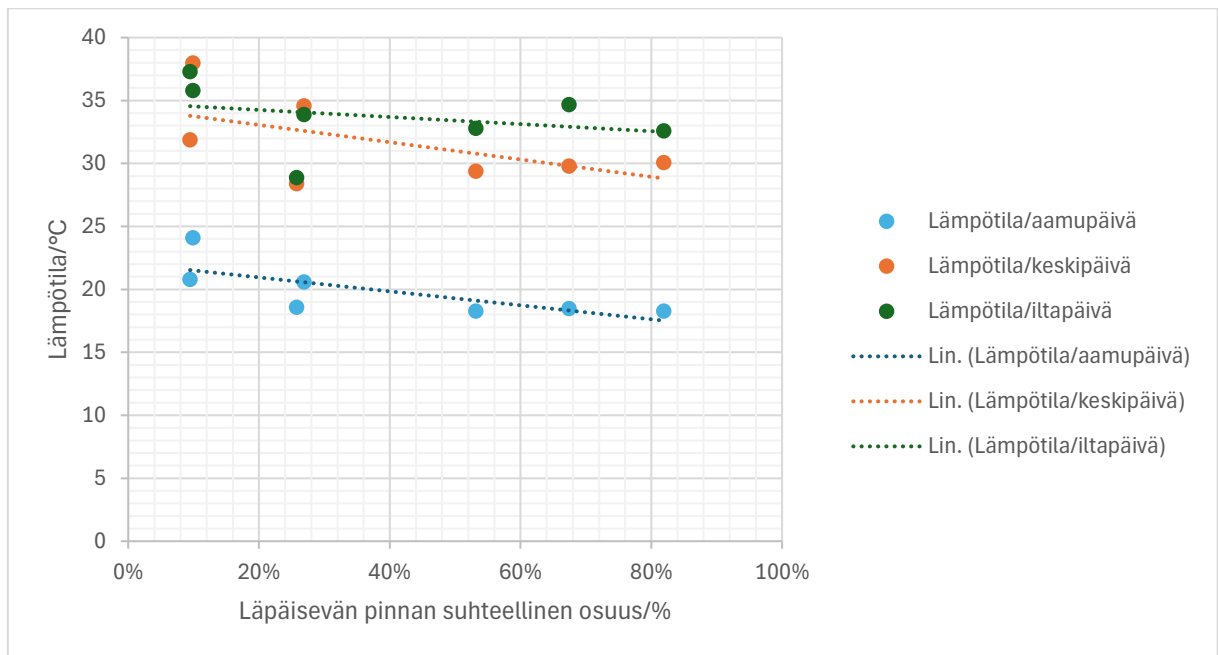
Kuva 9. Kattopinnan suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan aurinkoisena päivänä 30.8.2024.



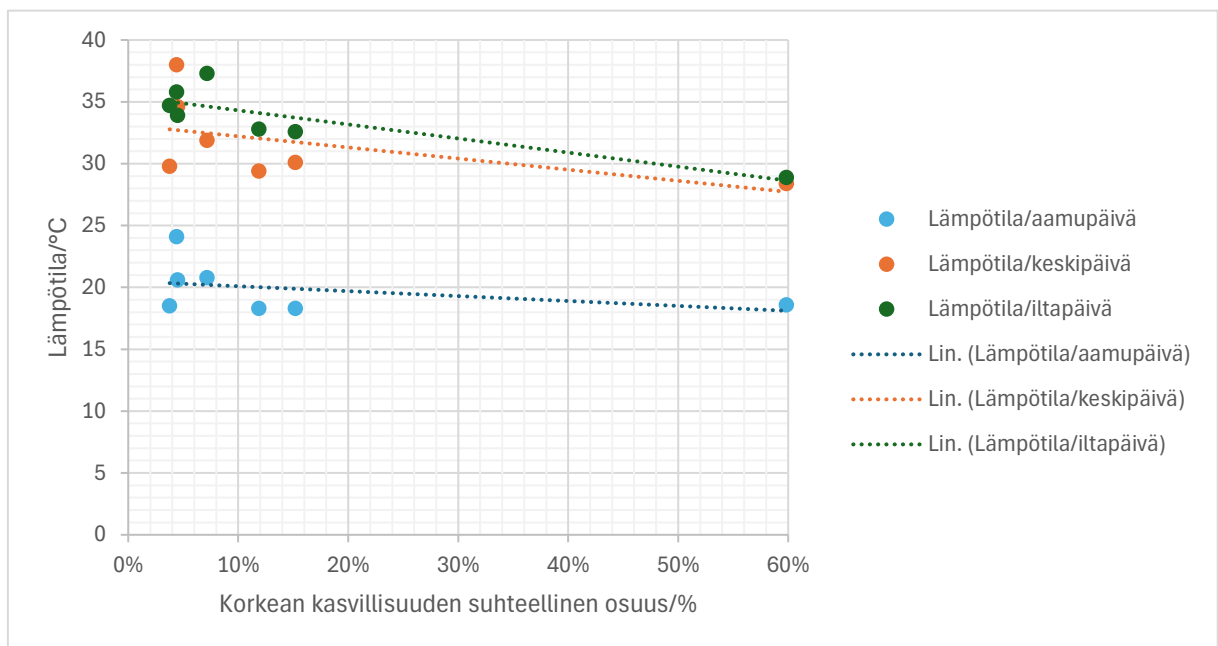
Kuva 10. Läpäisemättömän pinnan suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan aurinkoisena päivänä 30.8.2024.



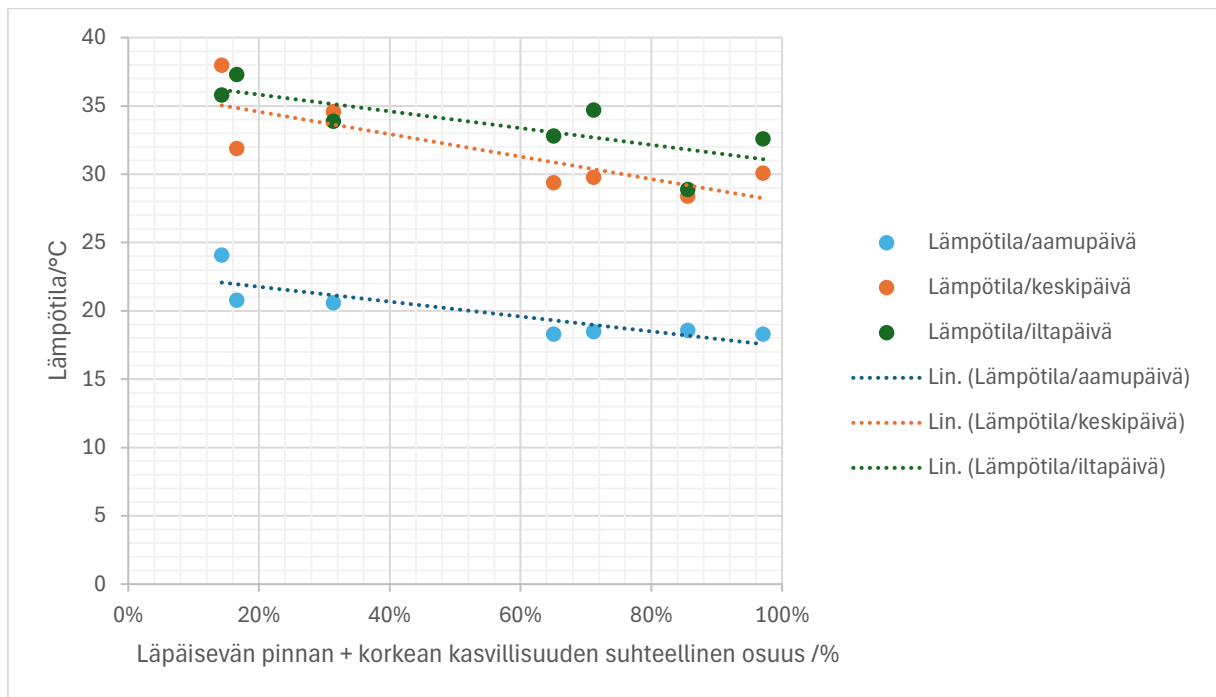
Kuva 11. Kattopinnan ja läpäisemättömän pinnan suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan aurinkoisena päivänä 30.8.2024.



Kuva 12. Läpäisevän pinnan suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan aurinkoisena päivänä 30.8.2024.



Kuva 13. Korkean kasvillisuusalueen suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan aurinkoisena päivänä 30.8.2024.

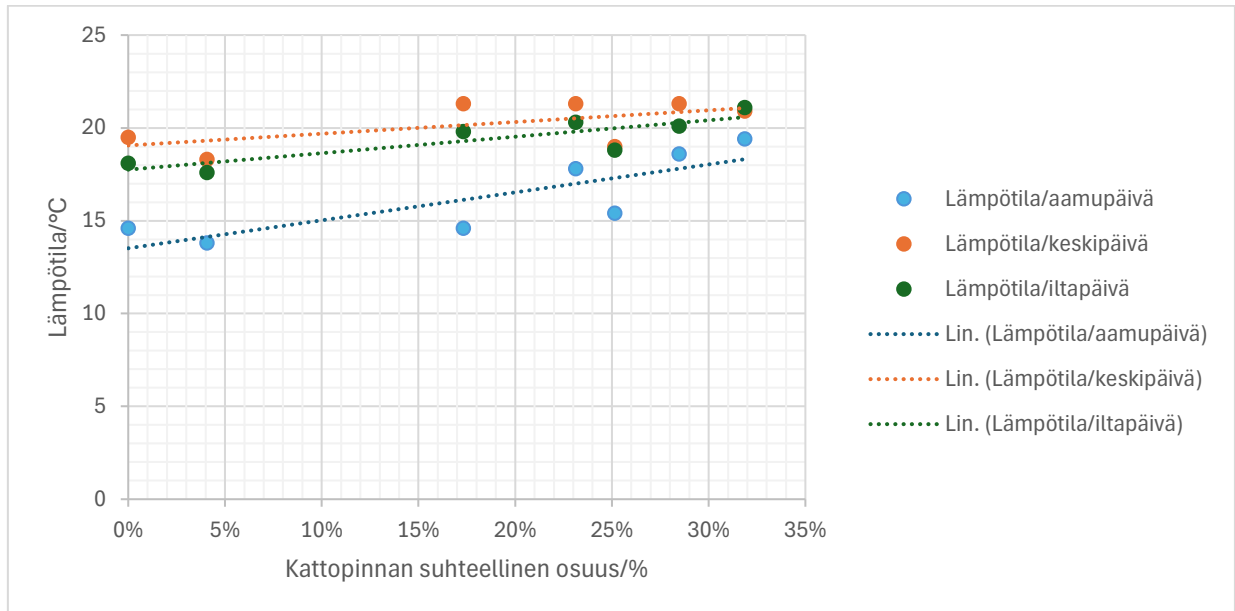


Kuva 14. Läpäisevän pinnan ja korkean kasvillisuusalueen suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan aurinkoisena päivänä 30.8.2024.

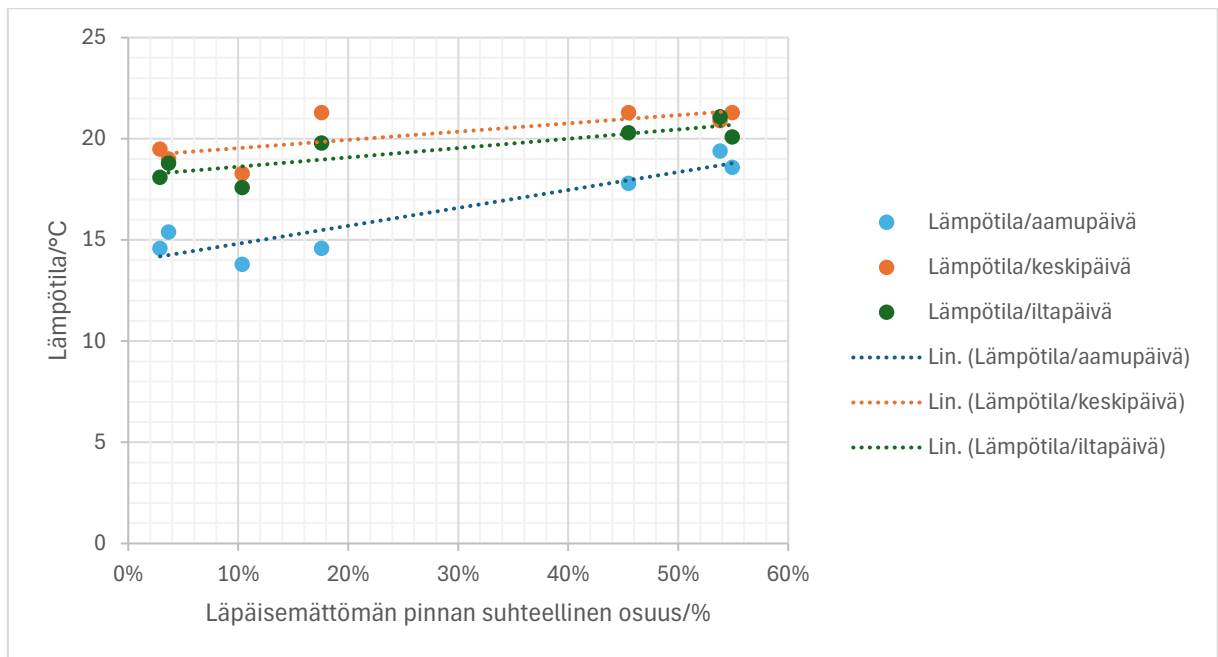
Aamupäivien lämpötilat ovat selkeästi alhaisempia kuin keskipäivän ja iltapäivän lämpötilat. Kuvat 9-11 osoittavat, että läpäisemättömän pinnan (katto tai läpäisemätön pinnoite) ja lämpötilan välillä on positiivinen korrelaatio eli mitä suurempi suhteellinen pinta-ala läpäisemättömää pintaa sitä lämpimämpää alueella myös on. Vastaavasti läpäisevillä pinnoilla ja kasvillisuusalueilla lämpötilakäyrät ovat laskevia, eli mitä suurempi osuus alueella on läpäisevää pintaa tai suurempaa kasvillisuutta sitä alhaisempi on mitattu lämpötila (kuvat 12-14).

Samat korrelaatiot on näkyvissä pilvisen päivän mittauksissa (kuvat 15-17 ja 18-20), mutta mielenkiintoinen ero on aamupäivän lämpötilojen kuvaajassa: kuvaaja on jyrkempi kuin keskipäivän ja iltapäivän kuvaajat. Tämä johtunee pinnoite- ja rakennusmateriaaleihin varastoituneesta lämmöstä, joka ei yön aikana ole ehtinyt tasaantua. Keskipäivän ja iltapäivän osalta lämpötilat ovat ehtineet tasaantua, jolloin käyrät ovat lähes yhdensuuntaiset. Lämpösaarekeilmiö on erityisesti havaittavissa yöllä, koska pintoihin päivän mittaan varautunut lämpö vapautuu.

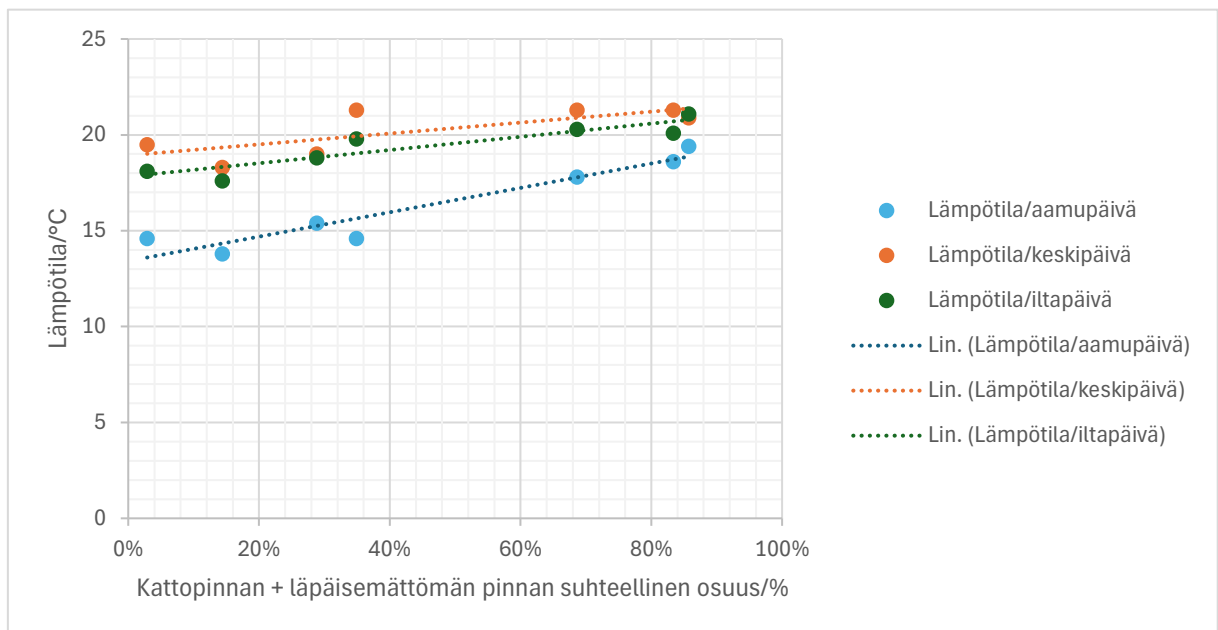
Aurinkoisina päivinä kuvatut lämpötilat ja niistä saadut käyrät ovat keskenään lähes yhdensuuntaisia aamu-, keski- ja iltapäivän osalta. Tämä selittyy sillä, että aurinko lämmittää voimakkaasti pintoja, jolloin varastoituneella lämmöllä ei ole vaikutusta.



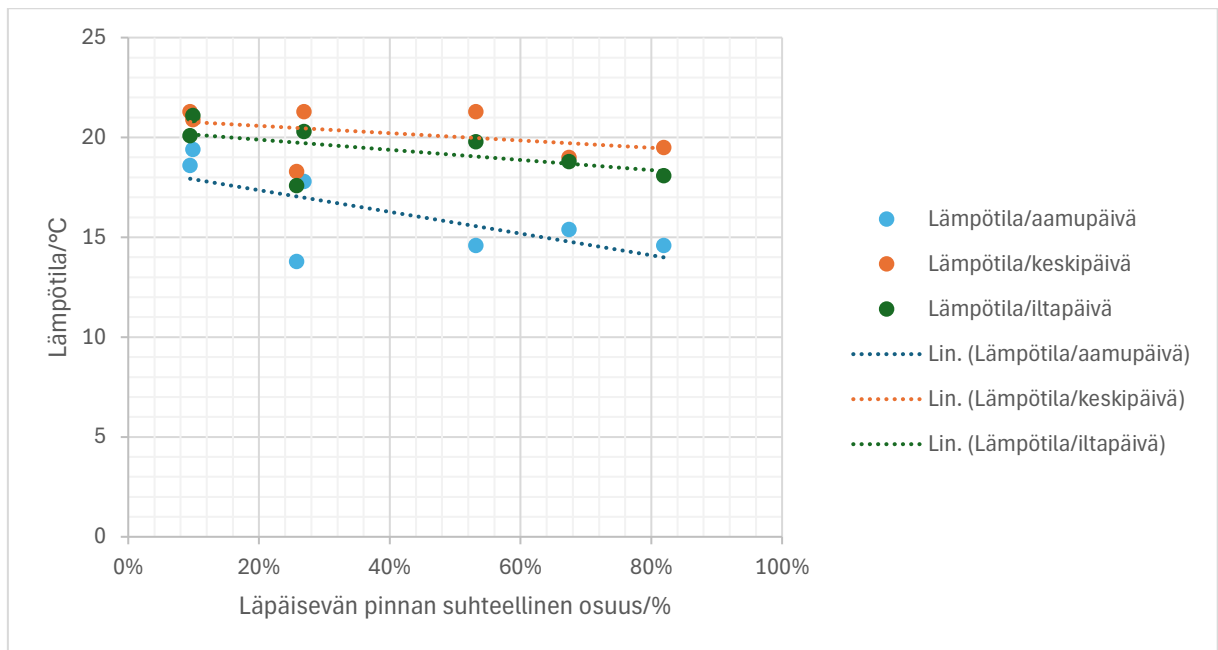
Kuva 15. Kattopinnan suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan pilvisenä päivänä 03.09.2024.



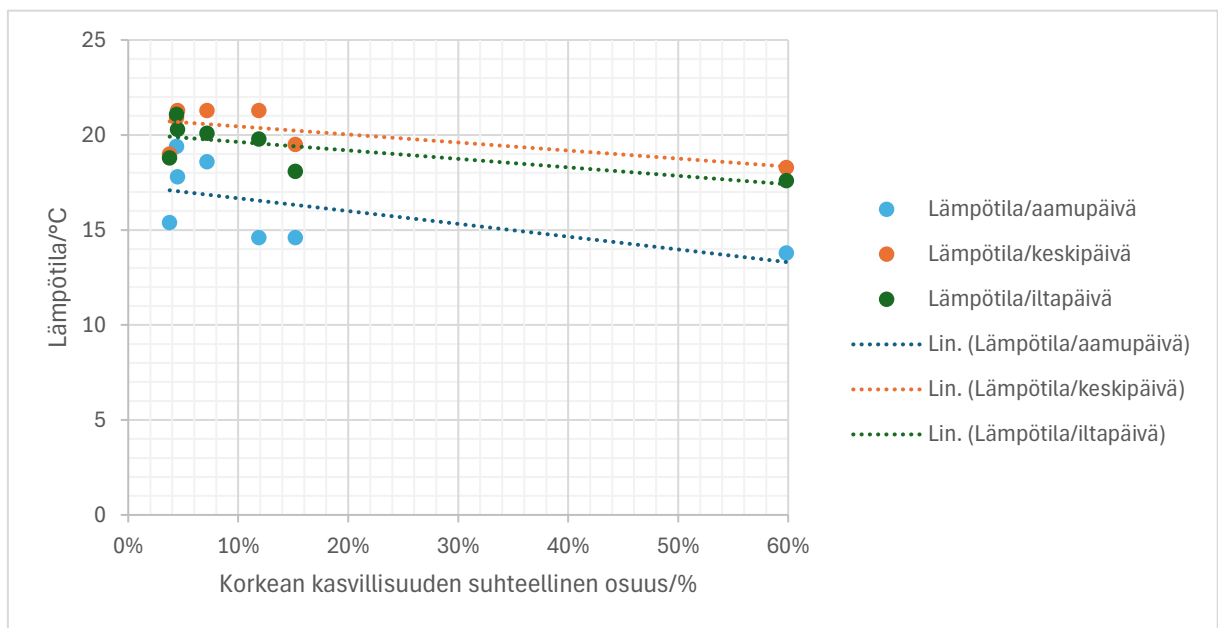
Kuva 16. Läpäisemättömän pinnan suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan pilvisenä päivänä 03.09.2024.



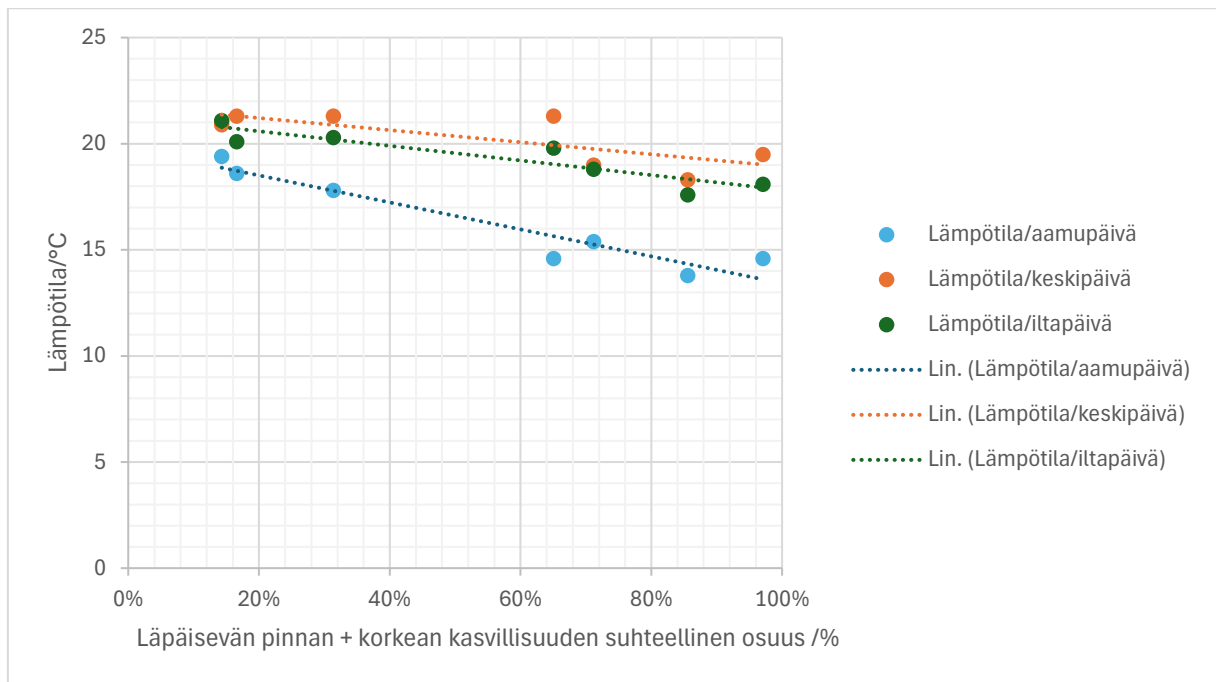
Kuva 17. Kattopinnan ja läpäisemättömän pinnan suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan pilvisenä päivänä 03.09.2024.



Kuva 18. Läpäisevän pinnan suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan pilvisenä päivänä 03.09.2024.



Kuva 19. Korkean kasvillisuusalueen suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan pilvisenä päivänä 03.09.2024.



Kuva 20. Läpäisevän pinnan ja korkean kasvillisuusalueen suhteellinen osuus alueen pinta-alasta ja sen vaikutus lämpötilaan pilvisenä päivänä 03.09.2024.

4.3 Aluekohtaiset tarkastelut

Aluekohtaiset tarkastelut on tehty aurinkoisena ja pilvisenä päivänä ennakkoon määritetyiltä alueilta (Kuva 3)

4.3.1 Teollisuusalue

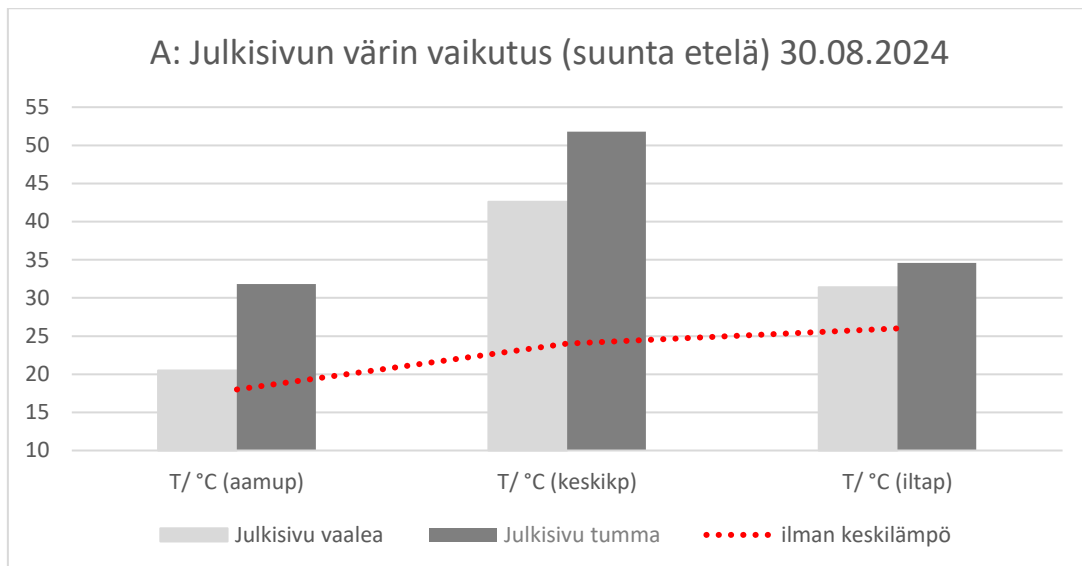
Teollisuusalueelta otettiin tarkasteluun alueita kolmesta eri suunnasta: etelästä pohjoiseen, pohjoisesta etelään ja lännestä itään. Lämpökamerakuvia analysoitaessa kuvista poimittiin eri kohtia tarkempaan lämpötilavertailuun.

Etelästä pohjoiseen

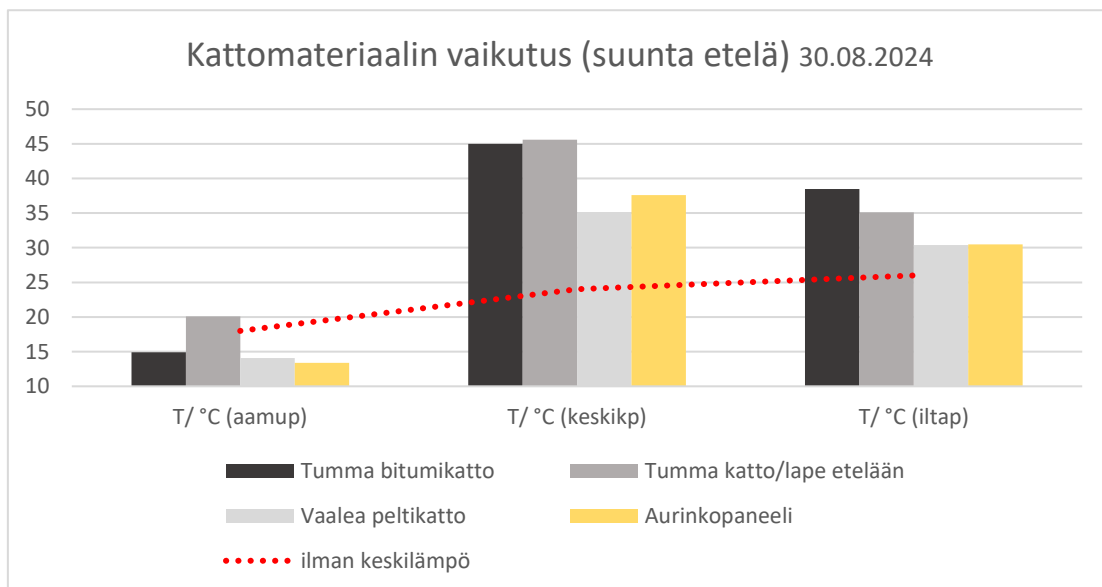
Kuvassa Kuva 21 on etelästä pohjoiseen otettu kuva ja siihen on merkitty, mitä lämpökamerakuvista on tarkasteltu. Tarkasteluiden tuloksia aurinkoisen päivän osalta kuvissa Kuva 22-Kuva 25 ja pilvisen päivän osalta kuvaajat on koottu kuvaan Kuva 26.



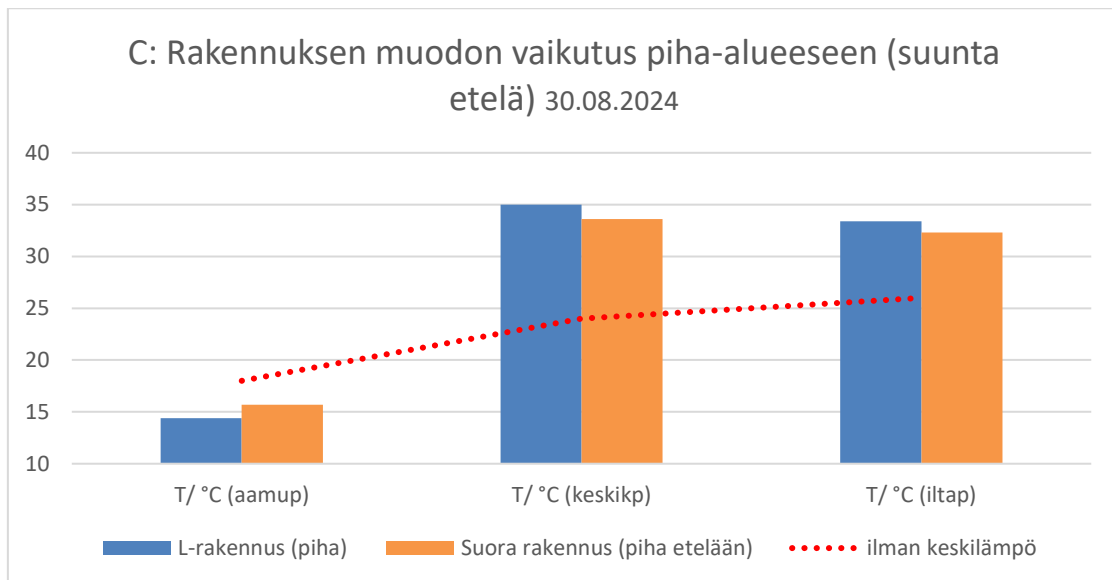
Kuva 21. Etelästä pohjoiseen otettu kuva. A: rakennuksen julkisivun värin vaikutus. B: Kattomateriaalin/värin vaikutus. C: Rakennuksen muodon vaikutus piha-alueeseen. D: Kasvipeitteisen pinnan vaikutus. (Vesa Vuorinen)



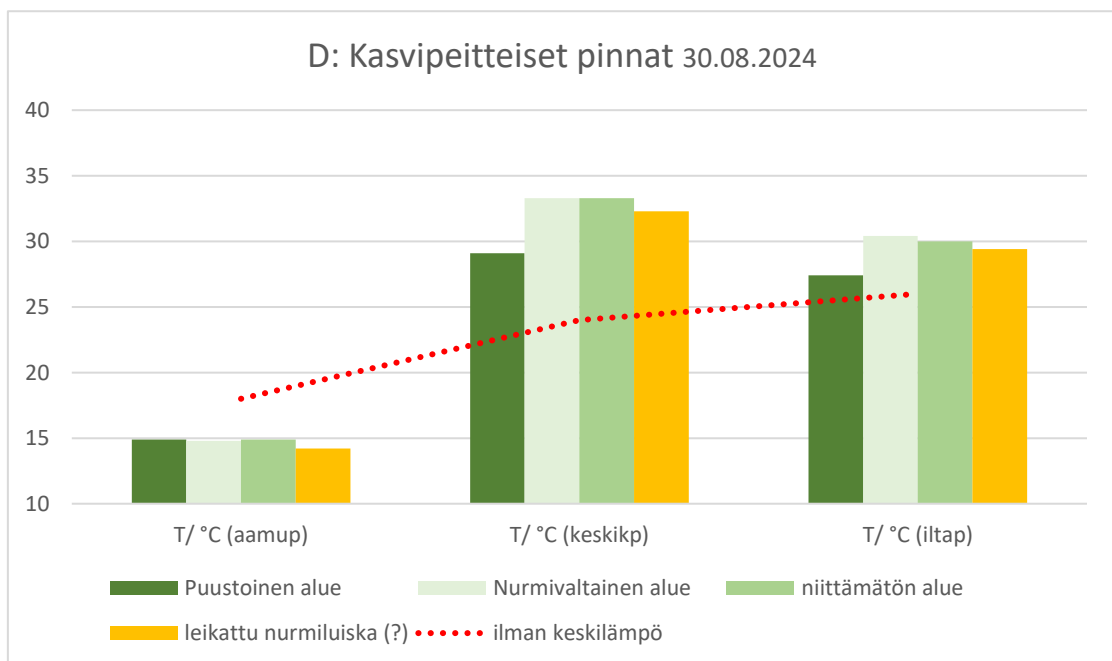
Kuva 22. Tummempi väri on jo aamupäivällä selkeästi lämpimämpi. Rakennuksen seinä on etelän puolella, joten keskipäivän aurinko nostaa lämpötilaa. Iltapäivällä aurinko ei enää paista seinälle, joten lämpötila alkaa laskea.



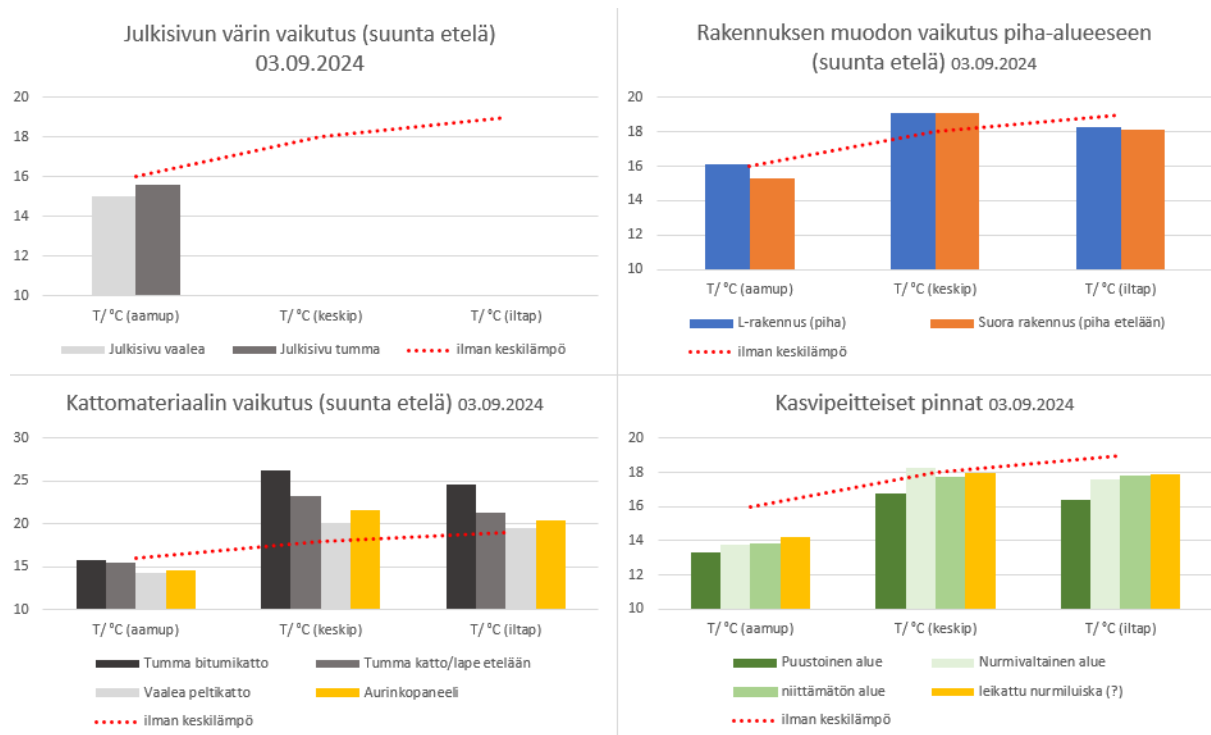
Kuva 23. Tumma kattomateriaali lämpenee enemmän. Tumma väristä huolimatta aurinkopaneeli on selkeästi viileämpi kattomateriaali kuin samalla katolla oleva tumma kattomateriaali (Mistä johtuu? lämpökapasiteetti? tuuletus? muu viilennys?)



Kuva 24. L-muotoisella rakennuksella pieni korottava vaikutus piha-alueen asfaltin lämpötilaan keskipäivällä ja iltapäivällä (1,1-1,4°C). Aamupäivän pienempää lämpötilaa selittänee toisen L-siiven varjostava vaikutus.



Kuva 25. Puustovaltaisella alueella (puuryhmiä) lämpötila keskipäivällä ja iltapäivällä selvästi alempi kuin nurmipeitteisillä alueilla.



Kuva 26. Vastaavat kuvaajat pilvisenä päivänä. Julkisivukuvista ei saatu tarkasteluun informaatiota, koska kyseinen rakennus rajautui kuvista osittain pois. Oletus kuitenkin on, että värillä ei ole merkittävää merkitystä pilvisellä säällä. Lähes kaikki materiaalit pysyivät ilman keskilämpötilan tienoilla tai vähän sen alapuolella, poikkeuksena tummat kattomateriaalit.

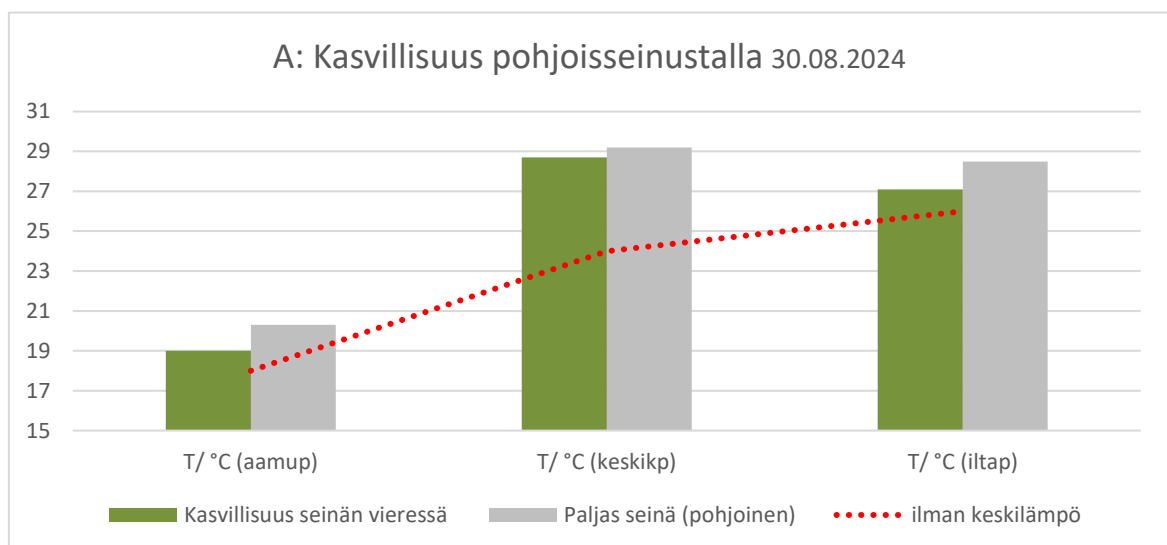
Yllätyksenä tuli aurinkopaneelien selkeästi viileämpi lämpötila (8,5°C) verrattuna kattomateriaaliin. Tämä tuli vastaan myös kaupan alueella ja varastoalueella, joissa molemmissa oli aurinkopaneeleja katolla ja vertailu oli mahdollista. Olisi hyvä myös selvittää, millainen vaikutus viherkatto+aurinkopaneeli -yhdistelmällä olisi lämpötiloihin.

Pohjoisesta etelään

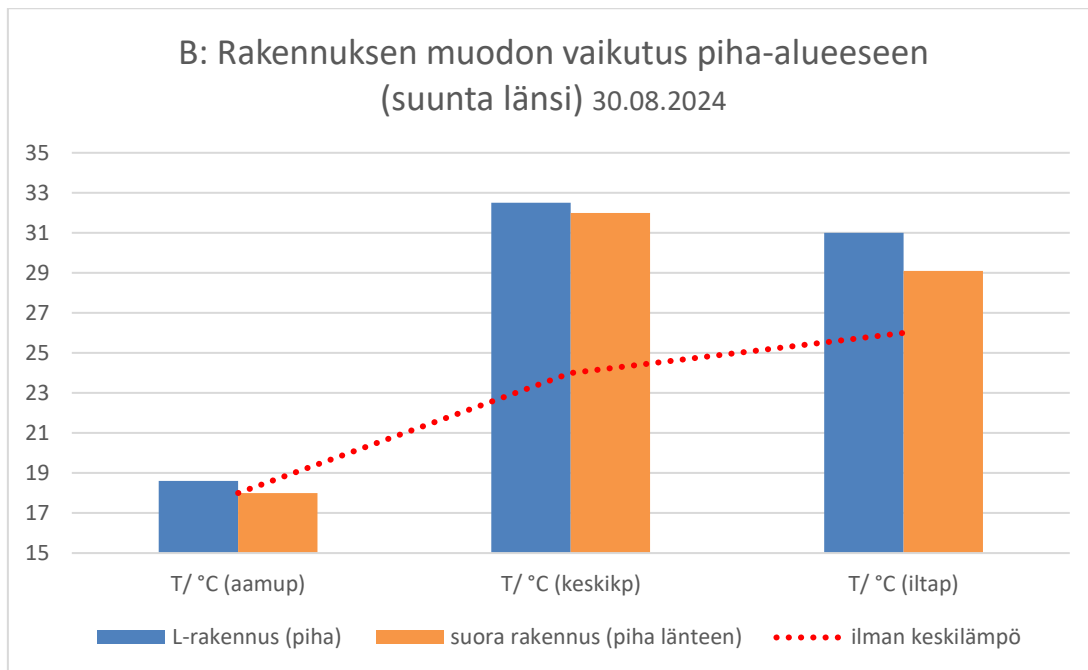
Kuvassa Kuva 27 on pohjoisesta etelään otettu kuva ja siihen on merkitty, mitä lämpökamerakuvista on tarkasteltu. Tarkasteluiden tuloksia aurinkoisen päivän osalta kuvissa Kuva 28-Kuva 30 ja pilvisen päivän osalta kootusti kuvassa Kuva 31.



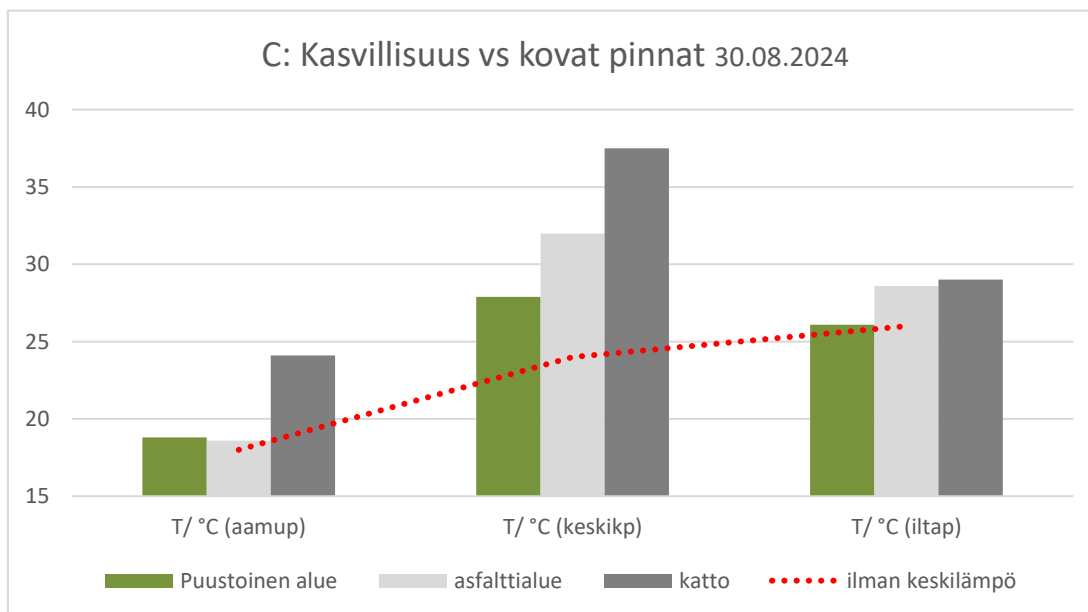
Kuva 27. Pohjoisesta etelään otettu kuva. A: Kasvillisuuden vaikutus pohjoisseinällä. B: Rakennuksen muodon vaikutus piha-alueeseen C: Kasvillisuuden vertailu koviin pintoihin (asfaltti ja katto) (Vesa Vuorinen)



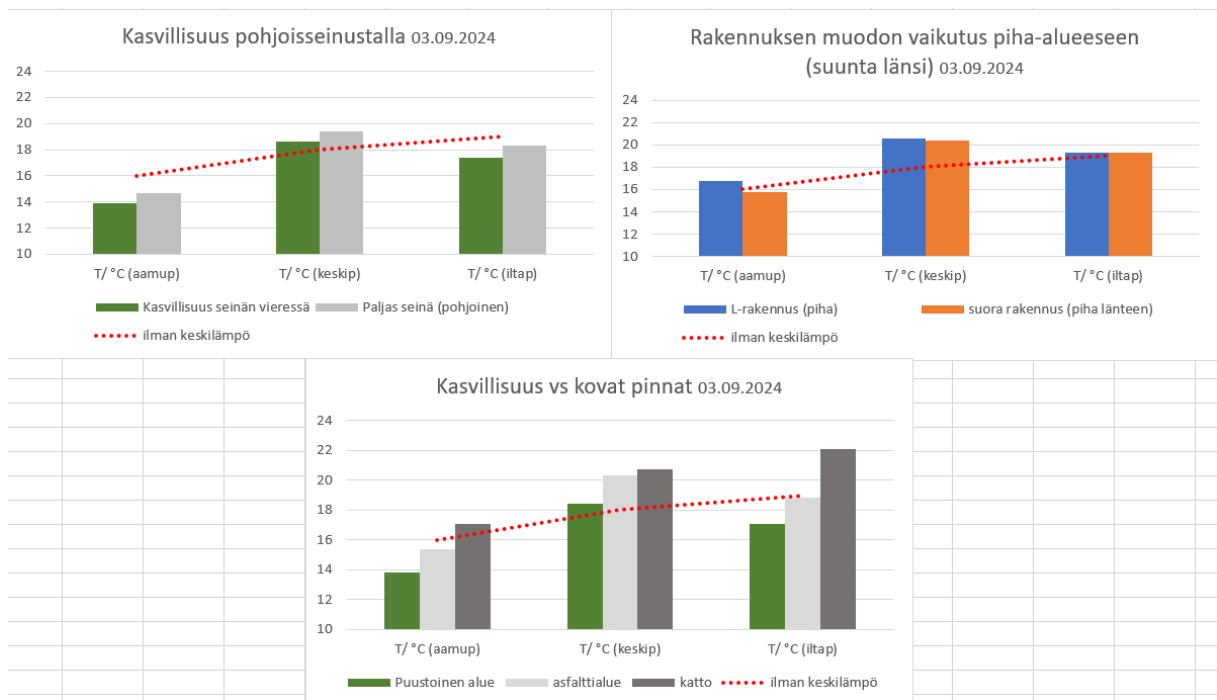
Kuva 28. Kasvillisuusmassa seinustalla on hieman viileämpi kuin vastaava seinusta ilman kasvillisuutta.



Kuva 29. L-muotoinen rakennus aiheuttaa piha-alueelle 0,5-1,9°C korkeamman lämpötilan. Lämpötilaero korkeimmillaan iltapäivällä.



Kuva 30. Puustoinen kasvillisuusalue on viileämpi kuin asfalttialue tai kattomateriaali.



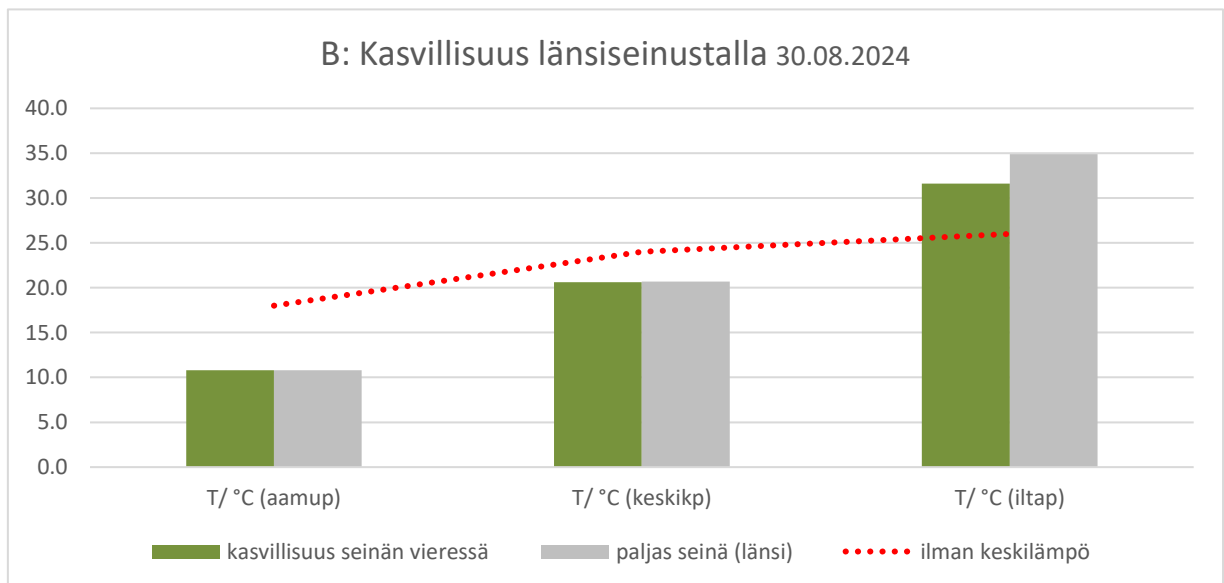
Kuva 31. Vastaavat kuvaajat pilvisenä päivänä. Rakennuksen muodolla ei näytä olevan suurta merkitystä pilvisenä päivänä. Kasvillisuudella on viilentävä vaikutus.

Lännestä itään

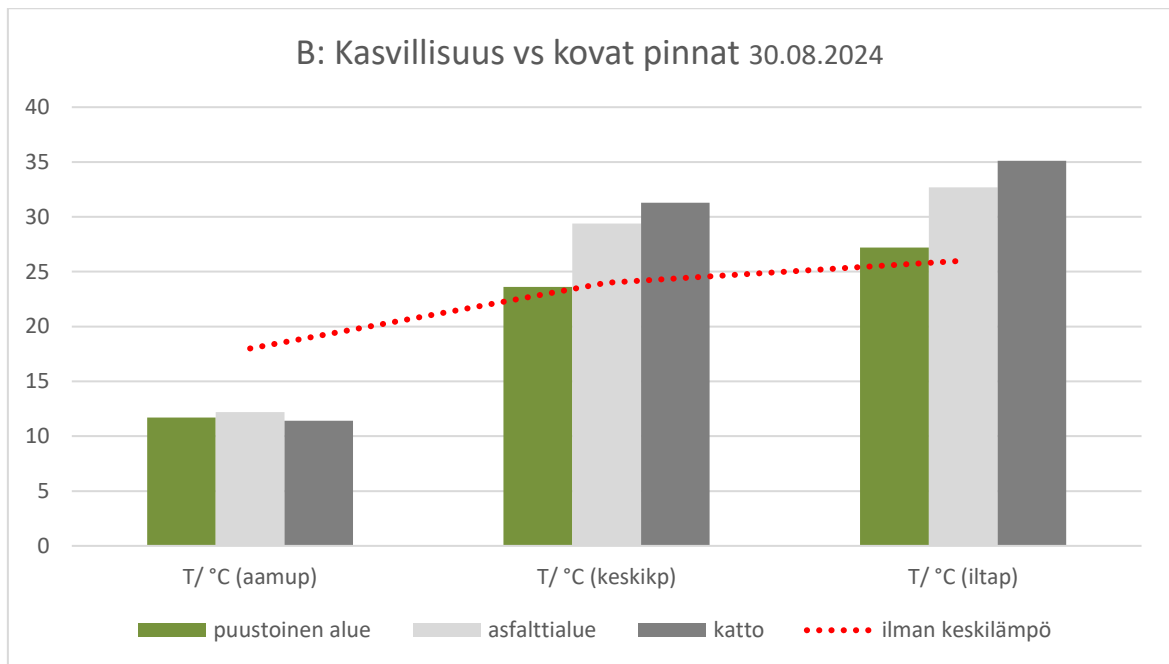
Kuvassa Kuva 32 on lännestä itään otettu kuva ja siihen on merkitty, mitä lämpökamerakuvista on tarkasteltu. Tarkasteluiden tuloksia aurinkoisen päivän osalta kuvissa Kuva 33-Kuva 34 ja pilvisen päivän osalta kootusti kuvassa Kuva 35.



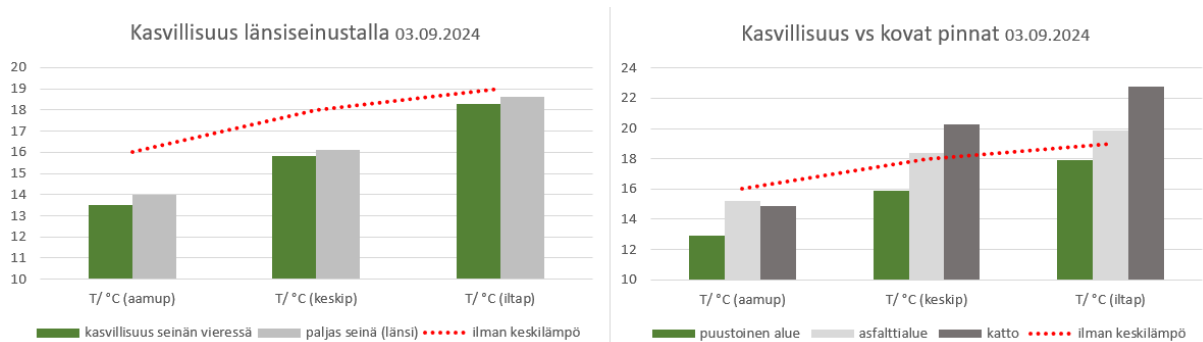
Kuva 32. Pohjoisesta etelään otettu kuva. A: Kasvillisuuden vaikutus länsiseinällä. B: Kasvillisuuden vertailu koviin pintoihin (asfaltti ja katto) (Vesa Vuorinen)



Kuva 33. Kasvillisuuden viilentävä vaikutus näkyvissä iltapäivällä, kun aurinko alkaa paistaa seinään.



Kuva 34. Kasvillisuuden viilentävä vaikutus näkyvissä.



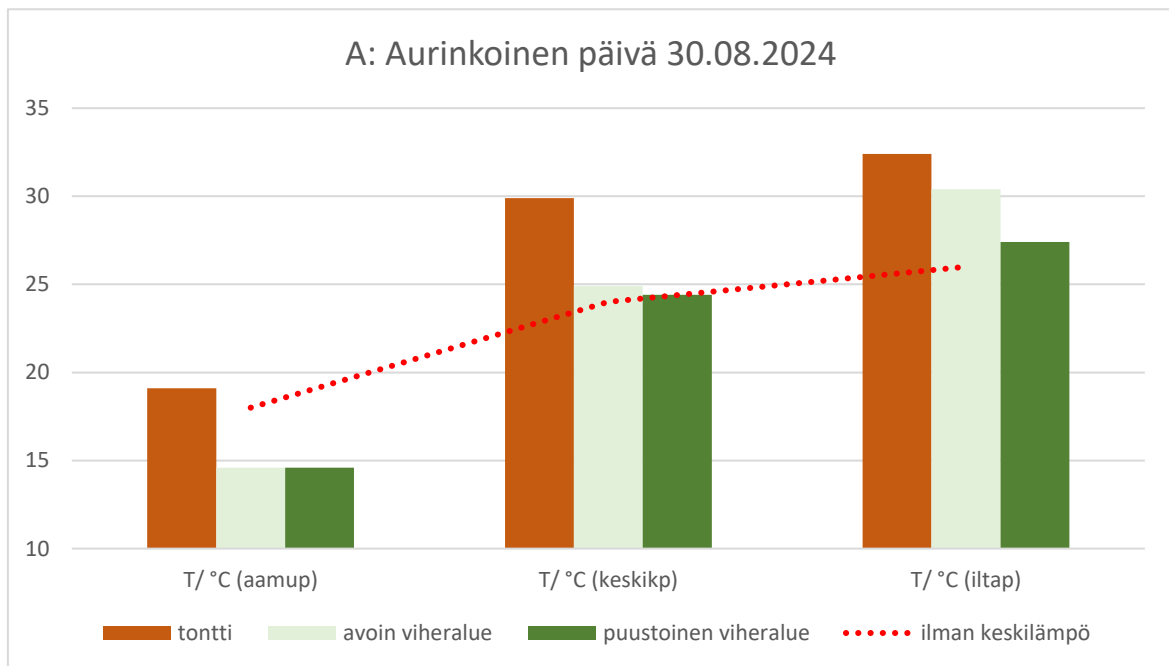
Kuva 35. Vastaavat kuvaajat pilvisenä päivänä.

4.3.2 Pientaloalue

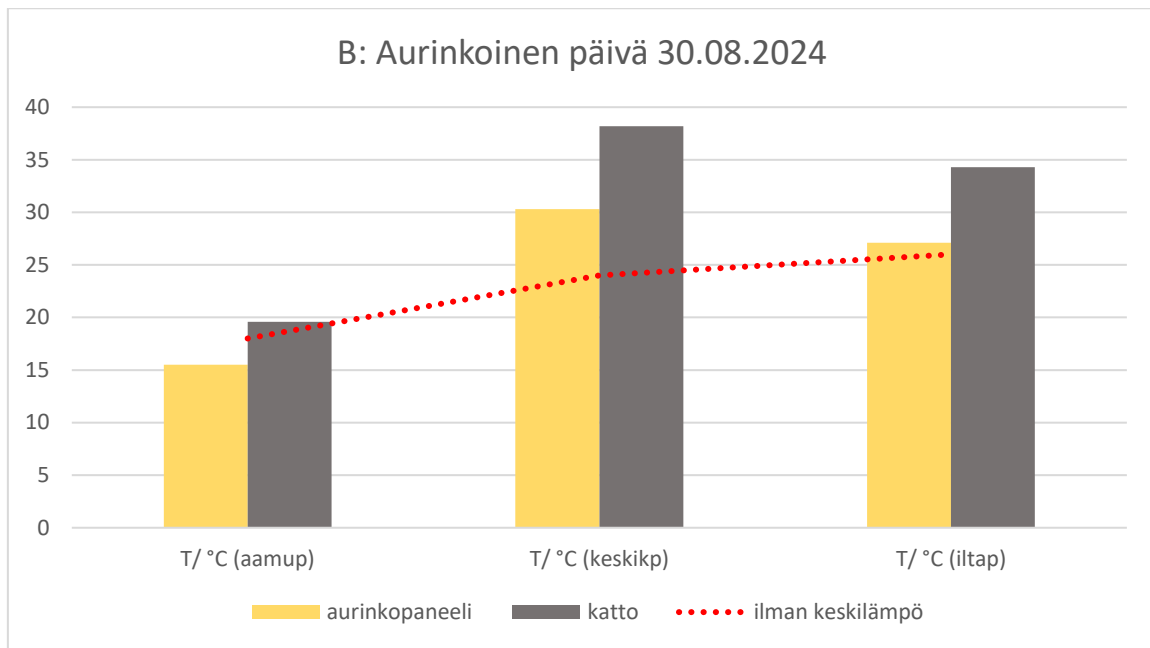
Pientaloaluetta on tarkasteltu yhdestä suunnasta. Kuvassa Kuva 36 on etelästä pohjoiseen otettu kuva ja siihen on merkitty, mitä lämpökamerakuvista on tarkasteltu. Tarkasteluiden tuloksia aurinkoisen päivän osalta kuvissa Kuva 37 ja Kuva 38 sekä pilvisen päivän osalta kuvassa Kuva 39.



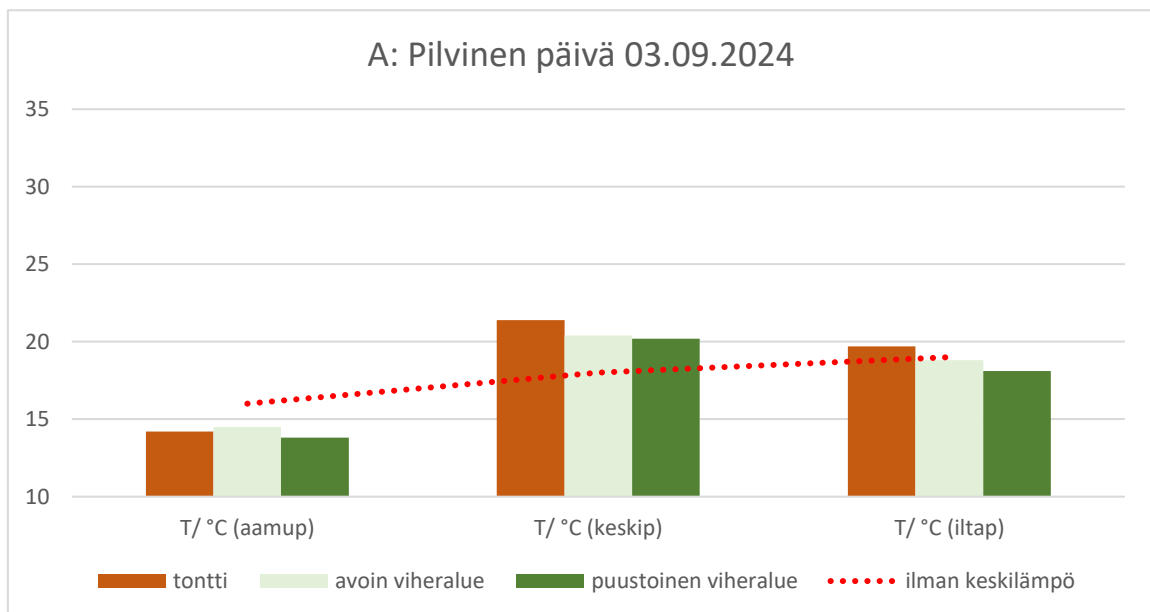
Kuva 36. Etelästä pohjoiseen otettu kuva. A: Tonttialueen vertailu avoimeen ja puustoiseen viheralueeseen. B: Kattomateriaalin ja aurinkopaneelin vaikutus. (Vesa Vuorinen)



Kuva 37. Puustoinen viheralue on selkeästi viileämpi kuin vertailualueen muut kohteet.



Kuva 38. Aurinkopaneelitarkastelu otettiin myös tällä alueella huomioon ja antoi samansuuntaisia tuloksia kuin teollisuusalueella. Tämä tarkastelu tehtiin ainoastaan aurinkoisena päivänä.



Kuva 39. Puustoinen viheralue on viileämpi, mutta vaikutus ei ole niin suuri kuin aurinkoisena päivänä.

4.3.3 Kerrostalo

Kerrostalo kohteena on Oikokadulla sijaitseva asunto-osakeyhtiö. Tässä kohteessa tarkasteltiin puun varjostuksen vaikutusta ulkoseinän lämpötilaan sekä eri piha-alueen pinnoitteiden lämpötilaeroja. Seinälämpötila otettiin aamupäivällä rakennuksen Pohjoisen Rautatiekadun puolelta (itä, kuva Kuva 40) ja keskipäivän ja iltapäivän osalta rakennuksen piha-alueen puolelta (etelään ja länteen avautuva piha, kuva Kuva 41).

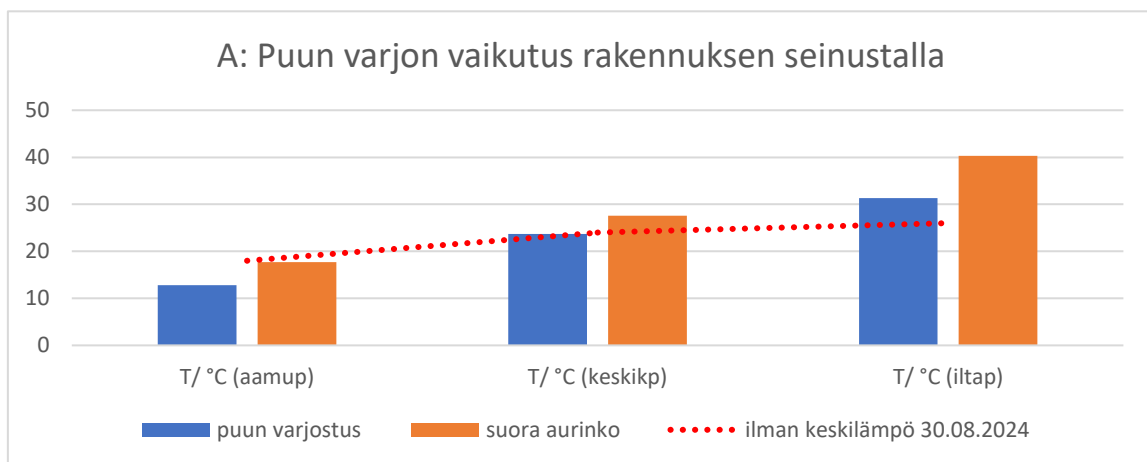
Seinän lämpötilatarkastelut on esitetty kuvissa Kuva 42 ja Kuva 43 ja piha-alueen materiaalien ja kasvipeitteisten alueiden lämpötiloja on esitetty kuvissa Kuva 44 ja Kuva 45.



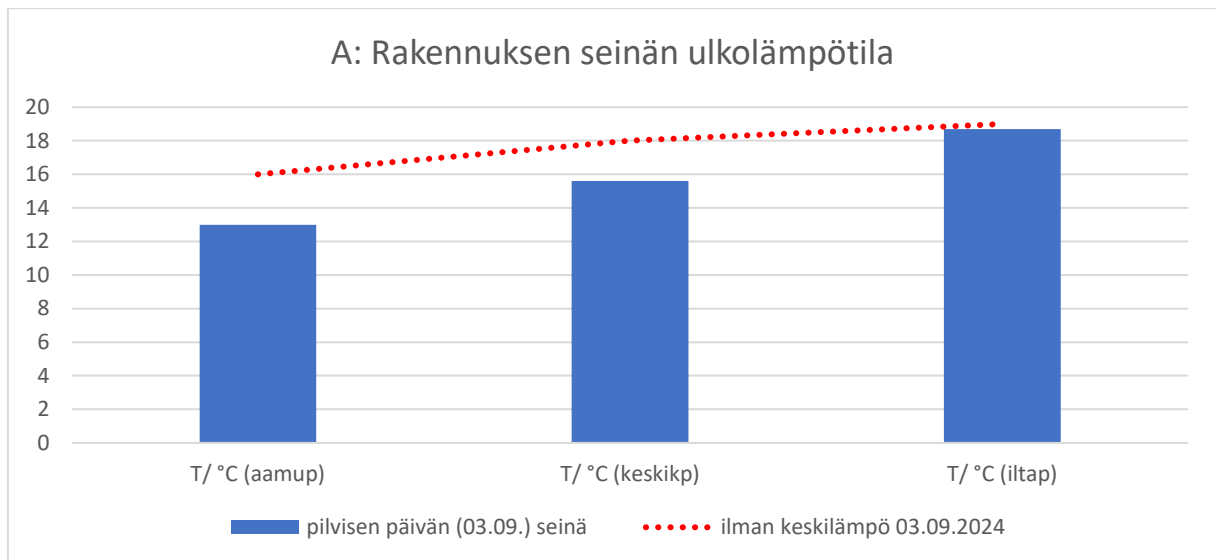
Kuva 40. Puun varjostus aamupäivällä Pohjoisen Rautatiekadun puolella (A). (Vesa Vuorinen)



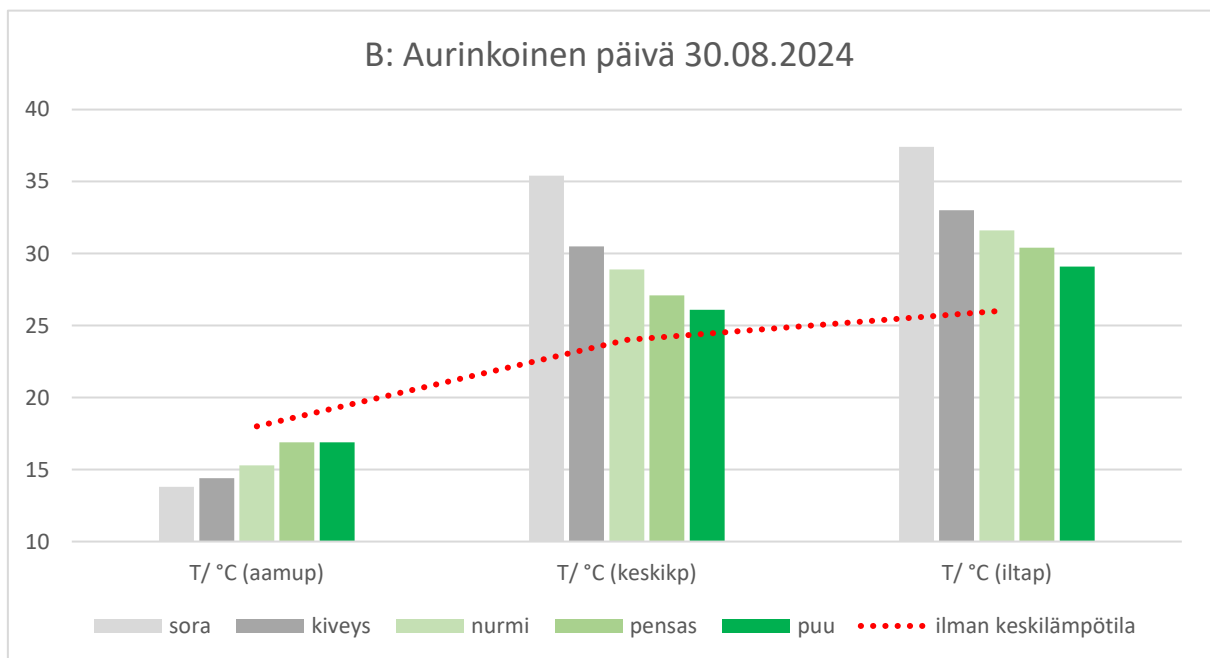
Kuva 41. Piha-alue kuvattuna lännestä, tässä kuvattuna keskipäivän tilanne. A: Puun varjostukset etelään ja länteen avautuvilla seinillä keskipäivällä ja iltapäivällä. B: Eri pinnoitemateriaalien ja kasvillisuuden vaikutus. (Vesa Vuorinen)



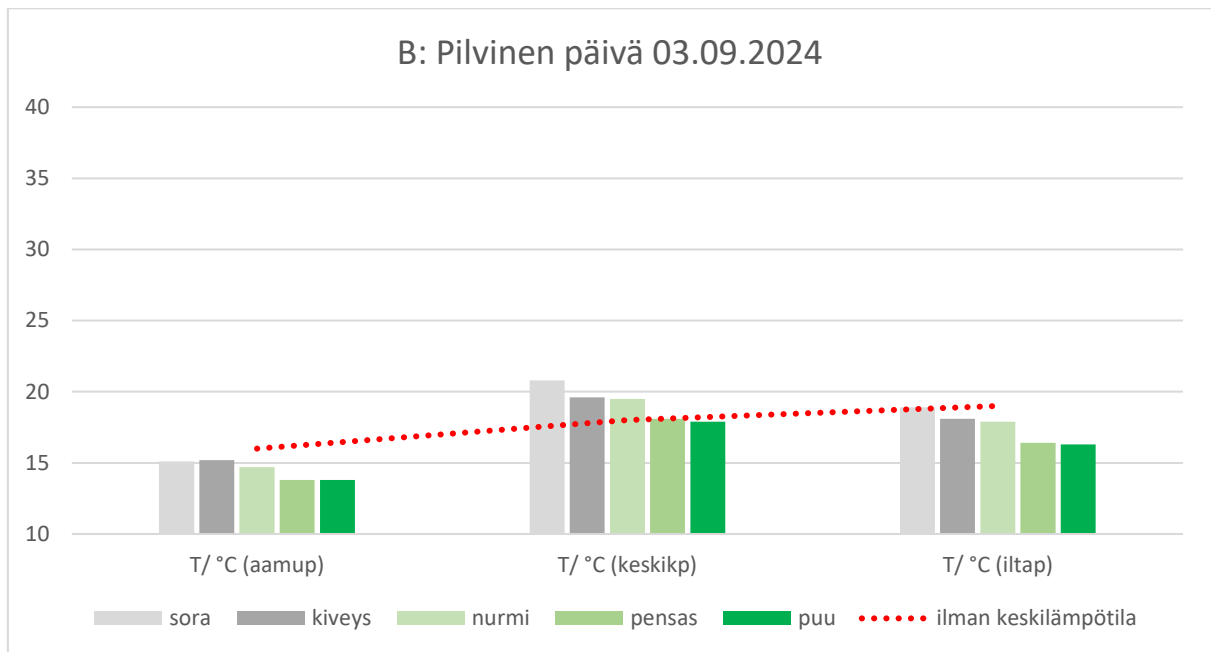
Kuva 42. Puun varjo vaikuttaa viilentävästi rakennuksen ulkoseinän lämpötilaan. Tämä on havainnoitu ainoastaan aurinkoisena päivänä.



Kuva 43. Pilvisenä päivänä on tarkasteltu rakennuksen ulkoseinän lämpötilaa, joka noudatteli pääpiirteittäin ilman keskilämpötilaa.



Kuva 44. Piha-alueen pinnoitteiden ja kasvillisuuden lämpötilat aurinkoisena päivänä. Aurinko alkaa paistamaan länteen aukeavalle piha-alueelle vasta keskipäivällä.



Kuva 45. Piha-alueen pinnoitteiden ja kasvillisuuden lämpötilat pilvisenä päivänä.

4.3.4 Kaupan alue

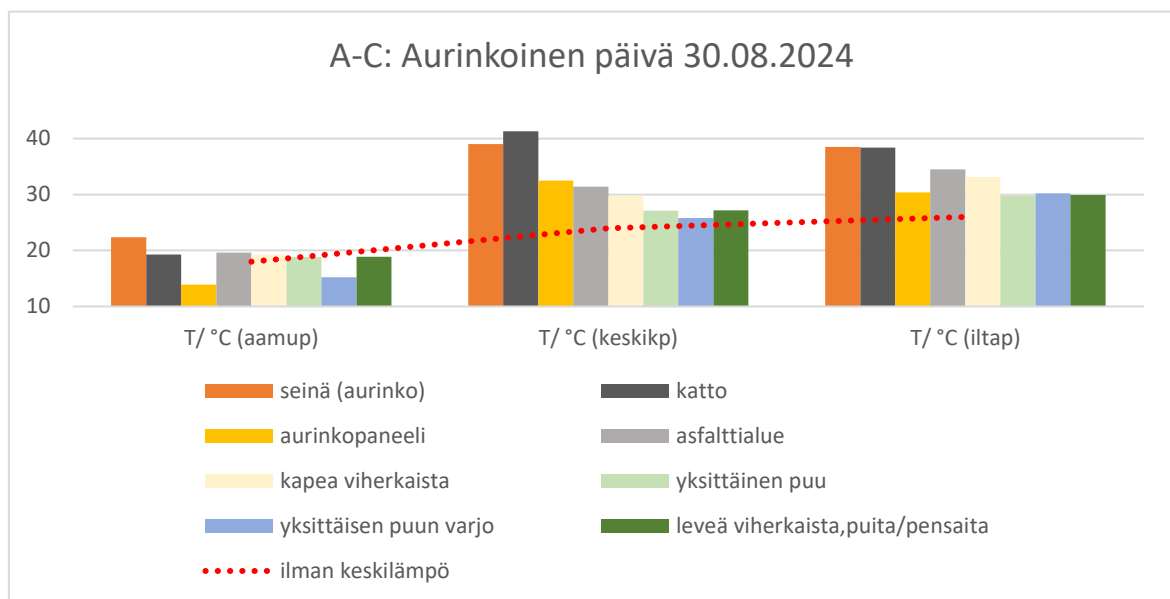
Kaupan alueelta on kuvattu kahden kaupan piha-alueita. Prisman asiakaspaikoitukset ovat rakennuksen etelä ja länsipuolella, ja Powerin asiakaspaikoitukset ovat rakennuksen pohjoiskoillis -suunnassa.

Prisma

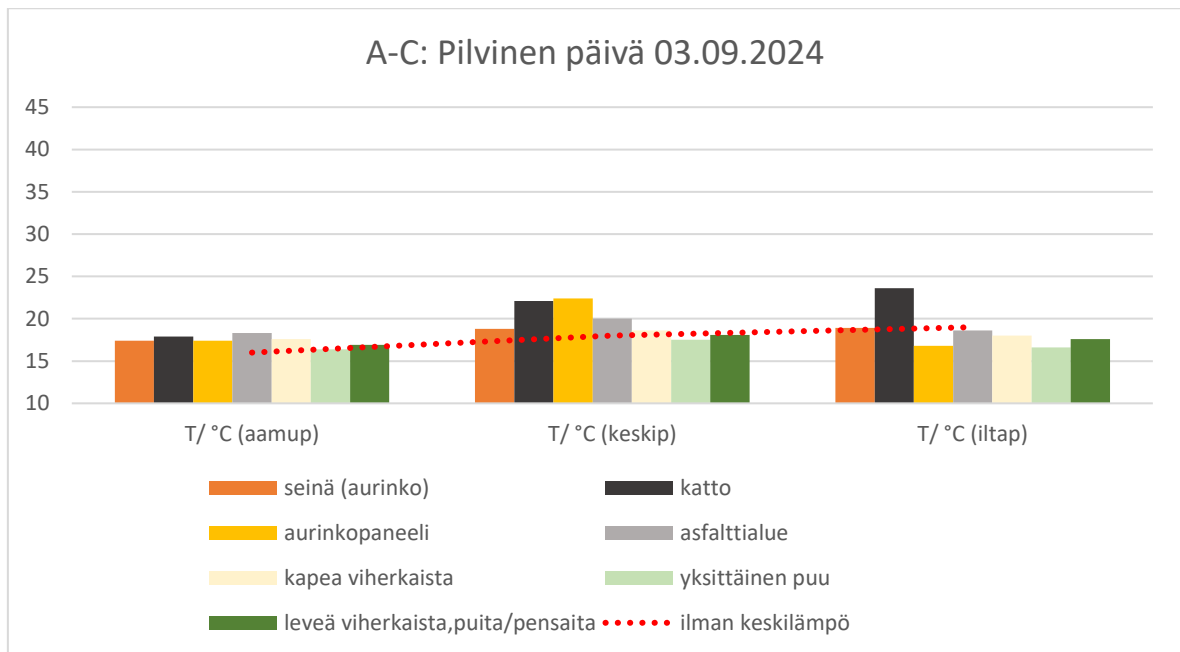
Kuvassa Kuva 46 on etelästä otettu kuva ja siihen on merkitty, mitä lämpökamerakuvista on tarkasteltu. Tarkasteluiden tuloksia on esitetty kuvissa Kuva 47-Kuva 50.



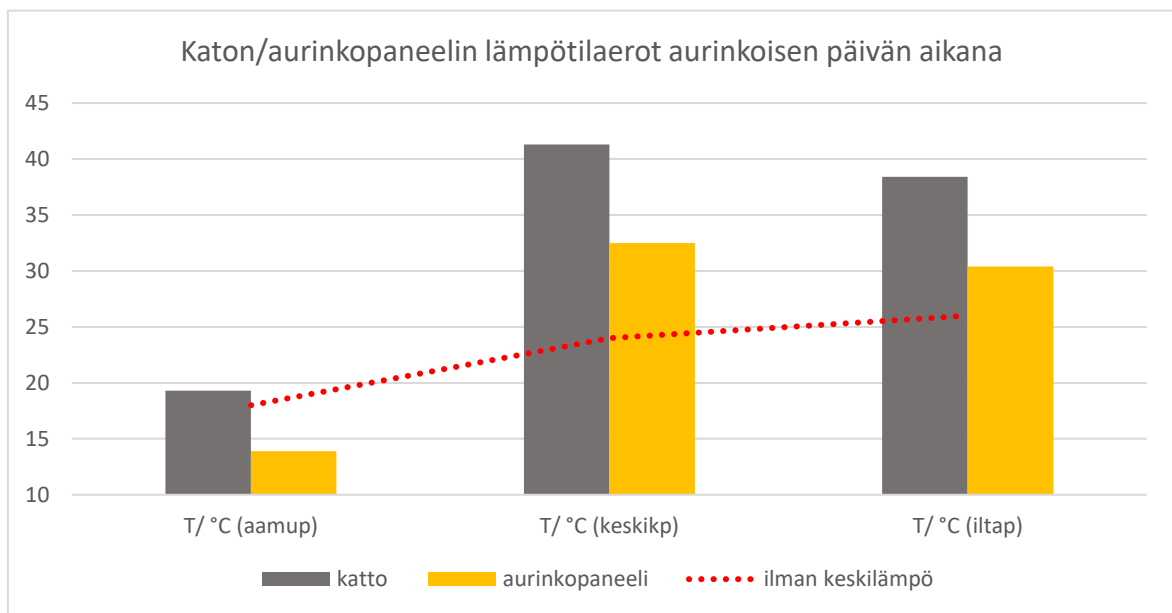
Kuva 46. Etelästä pohjoiseen otettu kuva. A: rakennuksen seinä ja katto aurinkopaneeleineen. B: asfaltti ja erityyppiset ja -kokoiset viherkaistat. C: Yksittäinen puu ja yksittäisen puun varjostus. (Vesa Vuorinen)



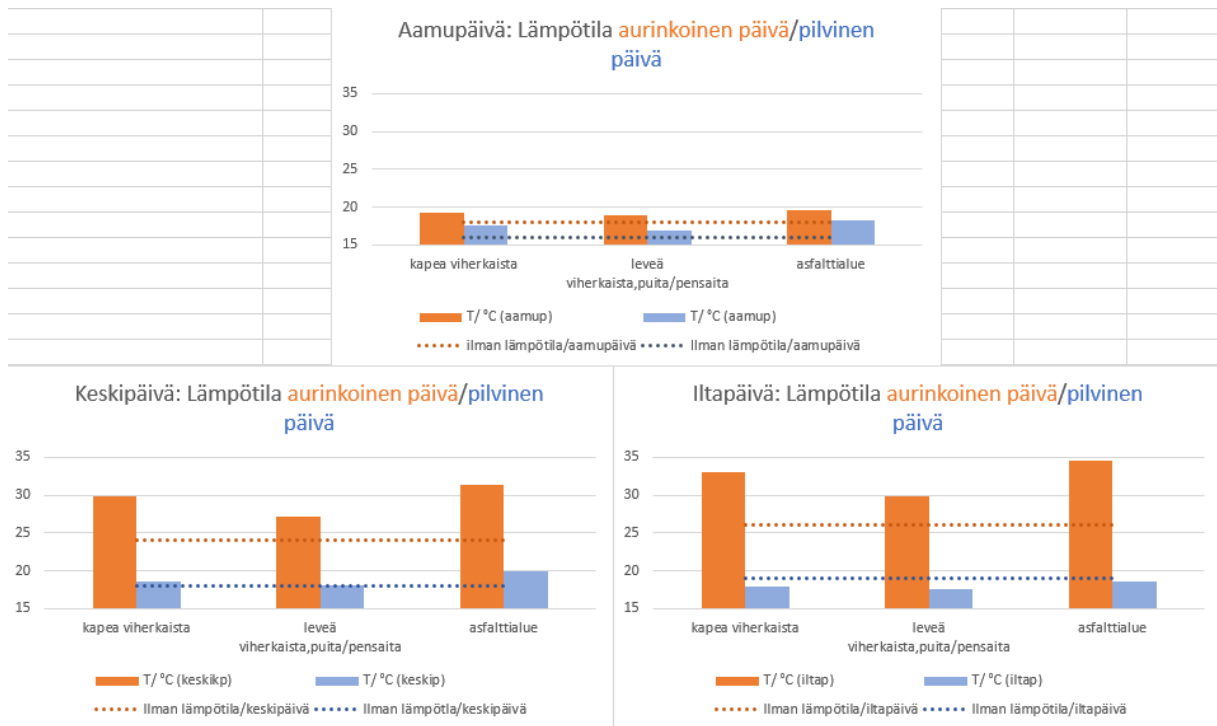
Kuva 47. Lämpötilojen muutos mitatuissa pisteissä aurinkoisen päivän aikana. Viherpeitteiset alueet viileämpiä koviin pintoihin verrattuna. Aurinkopaneeli on viileämpi kuin kattomateriaali.



Kuva 48. Lämpötilojen muutos mitatuissa pisteissä pilvisen päivän aikana. Mittauspisteet noudattelee päivän keskilämpötilaa.



Kuva 49. Aurinkopaneelin ja kattomateriaalin lämpötilan vertailu. Aurinkopaneeli on 5,5-8,8°C viileämpi. Saman suuntaisia tuloksia on saatu teollisuusalueelta ja pientaloalueelta.



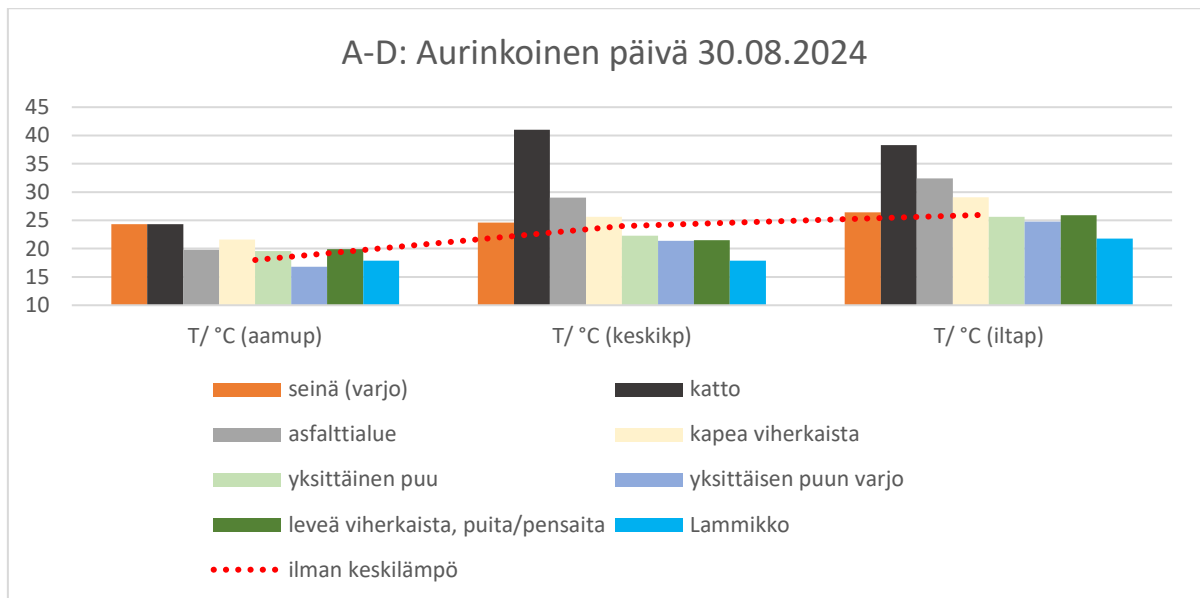
Kuva 50. Erikokoisten ja -tyyppisten viherkaistojen ja asfalttialueen lämpötilojen vertailu päivän aikana. Iltapäivällä puustoinen leveä viherkaista on lähes 5°C viileämpi kuin auringossa oleva asfalttialue.

Power

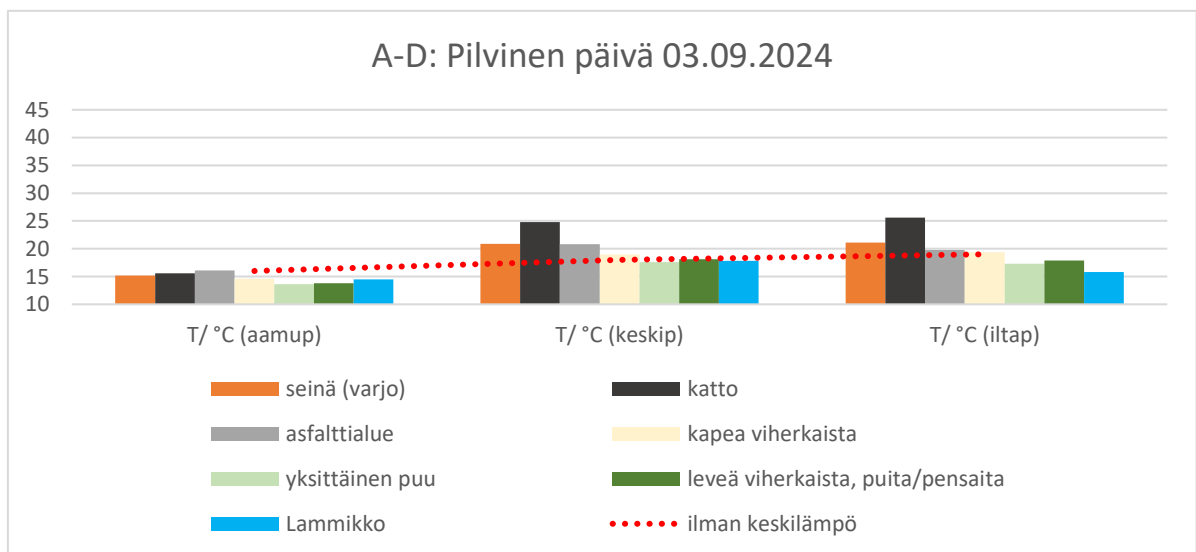
Kuvassa Kuva 51 on idästä länteen otettu kuva ja siihen on merkitty, mitä lämpökamerakuvista on tarkasteltu. Tarkasteluiden tuloksia on esitetty kuvissa Kuva 52-Kuva 54.



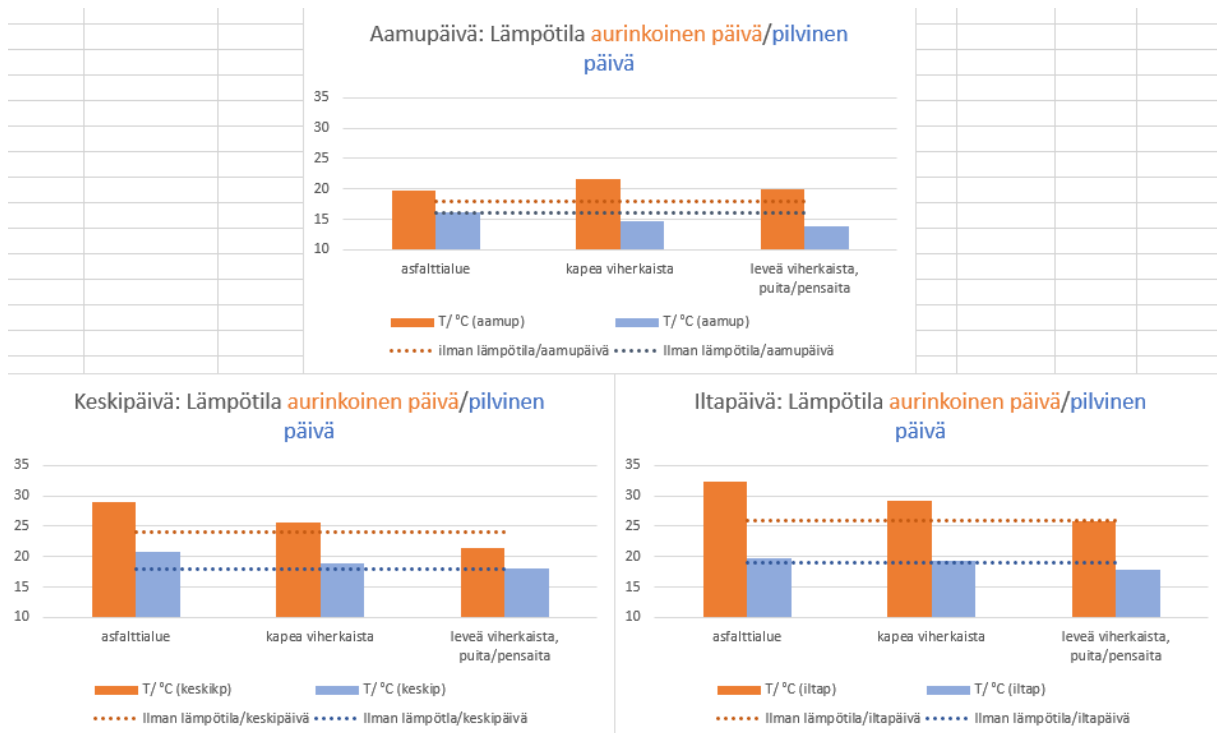
Kuva 51. Idästä länteen otettu kuva. A: rakennuksen seinä ja katto. B: asfaltti ja erityyppiset ja -kokoiset viherkaistat. C: Yksittäinen puu ja yksittäisen puun varjostus. D: Lammikko. (Vesa Vuorinen)



Kuva 52. Lämpötilojen muutos mitatuissa pisteissä aurinkoisen päivän aikana. Viherpeitteiset alueet viileämpiä koviin pintoihin verrattuna. Seinämateriaali paikoituksen puolella koko päivän varjossa. Viereisen puiston lammikko selkeästi viilein.



Kuva 53. Lämpötilojen muutos mitatuissa pisteissä pilvisen päivän aikana. Viherpeitteiset alueet viileämpiä koviin pintoihin verrattuna. Viereisen puiston lammikko selkeästi viilein



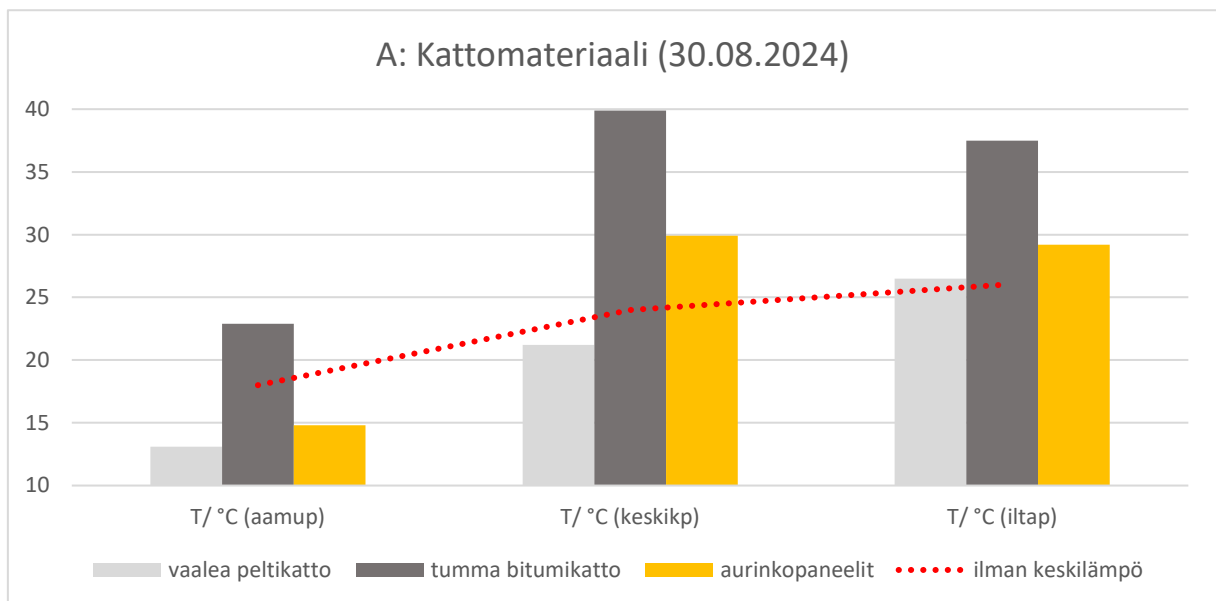
Kuva 54. Erikokoisten ja -tyyppisten viherkaistojen ja asfalttialueen lämpötilojen vertailu päivän aikana. Iltapäivällä puustoinen leveä viherkaista on 6,5°C viileämpi kuin auringossa oleva asfalttialue.

4.3.5 Varastolalue

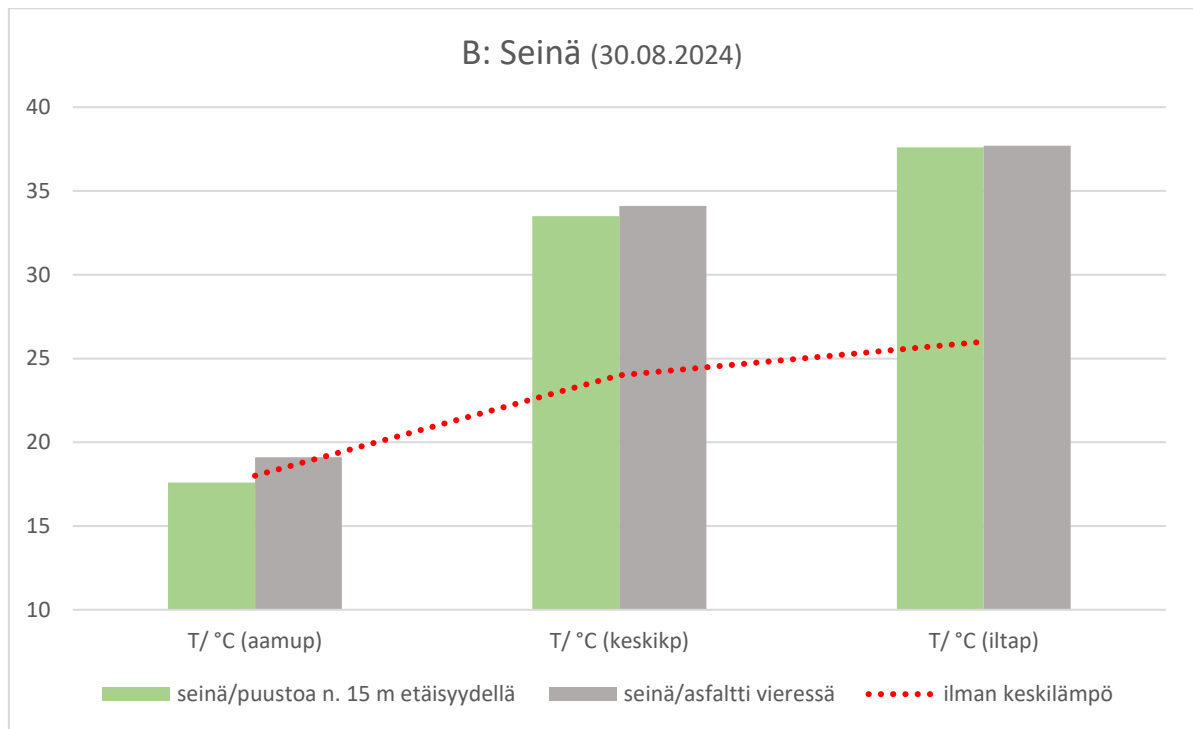
Varastointialueeksi valikoitui Versowoodin varasto- ja hallirakennusten piha-alue lähellä kaupan aluetta, kuvaan osuu myös Lidl, jonka aurinkopaneelit otettiin mukaan tarkasteluun. Kuvassa Kuva 55 on lännestä itään otettu kuva ja siihen on merkitty, mitä lämpökamerakuvista on tarkasteltu. Tarkasteluiden tuloksia on esitetty aurinkoisen päivän osalta kuvissa Kuva 56-Kuva 58 ja pilvisen päivän osalta kuvissa Kuva 59-Kuva 61.



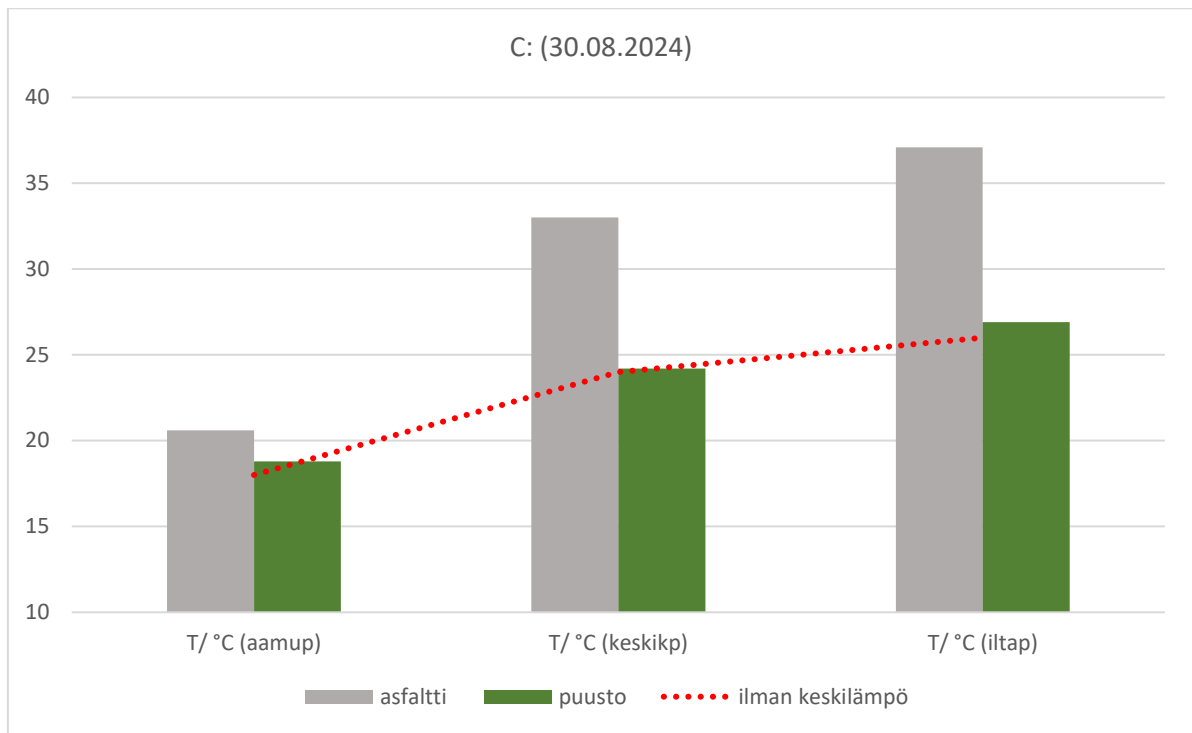
Kuva 55. Versowood Oy:n varasto- ja hallirakennuksia. Edustalla Lidl:n rakennus, jossa aurinkopaneelit katolla. A: Erilaiset kattomateriaalit. B: Kasvillisuuden vaikutus seinän läheisyydessä. C: Kasvillisuuden vaikutus. (Vesa Vuorinen)



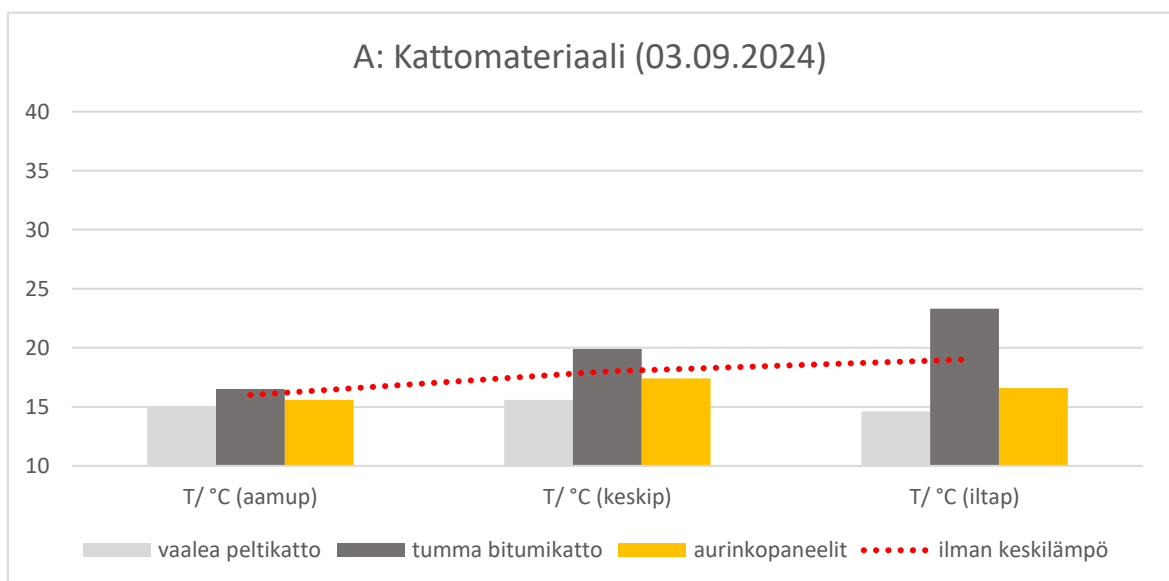
Kuva 56. Aurinkopaneelin ja kattomateriaalin lämpötilan vertailu aurinkoisena päivänä. Aurinkopaneeli on 8-10 °C viileämpi kuin samalla katolla oleva bitumikatto. Saman suuntaisia tuloksia on saatu teollisuusalueelta, pientaloalueelta ja kaupan alueelta.



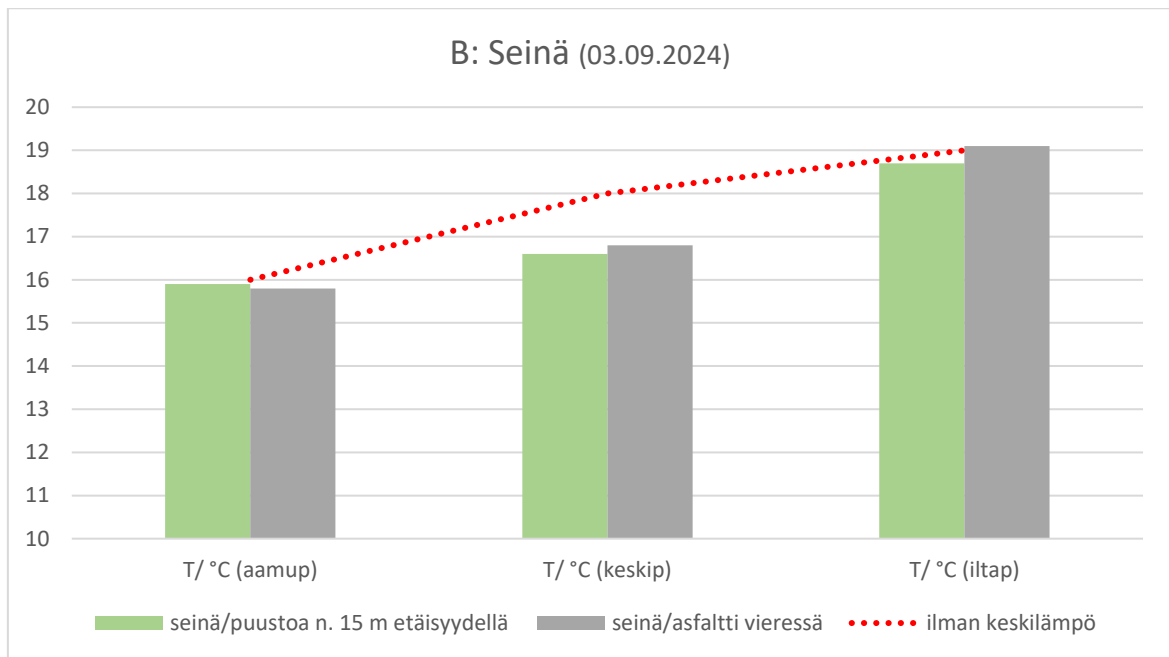
Kuva 57. Aurinkoisen päivän tilanne. Kasvillisuusalueen viilentävä vaikutus on aamulla nähtävissä, mutta päivän mittaan eroa ei juuri ole. 15 m etäisyys on aika iso, jolloin varjostavaa vaikutusta ei keskipäivän ja iltapäivän auringossa tule.



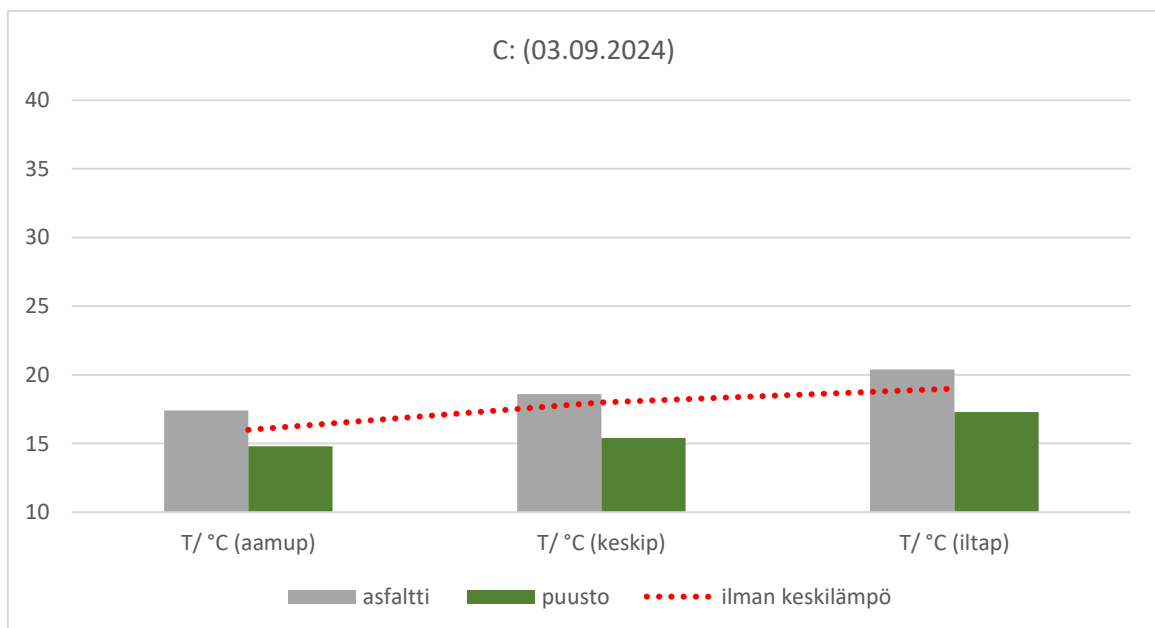
Kuva 58. Aurinkoisen päivän tilanne. Puustoinen alue on selkeästi viileämpi kuin asfalttipinta.



Kuva 59. Aurinkopaneelin ja kattomateriaalin lämpötilan vertailu pilvisenä päivänä. Aurinkopaneeli pysyy viileämpänä kuin ilman lämpötila myös pilvisenä päivänä.



Kuva 60. Pilvisen päivän tilanne. Kasvillisuudella ei juuri merkitystä seinän lämpötilaan.



Kuva 61. Pilvisen päivän tilanne. Puustoinen alue on viileämpi kuin asfalttialue.

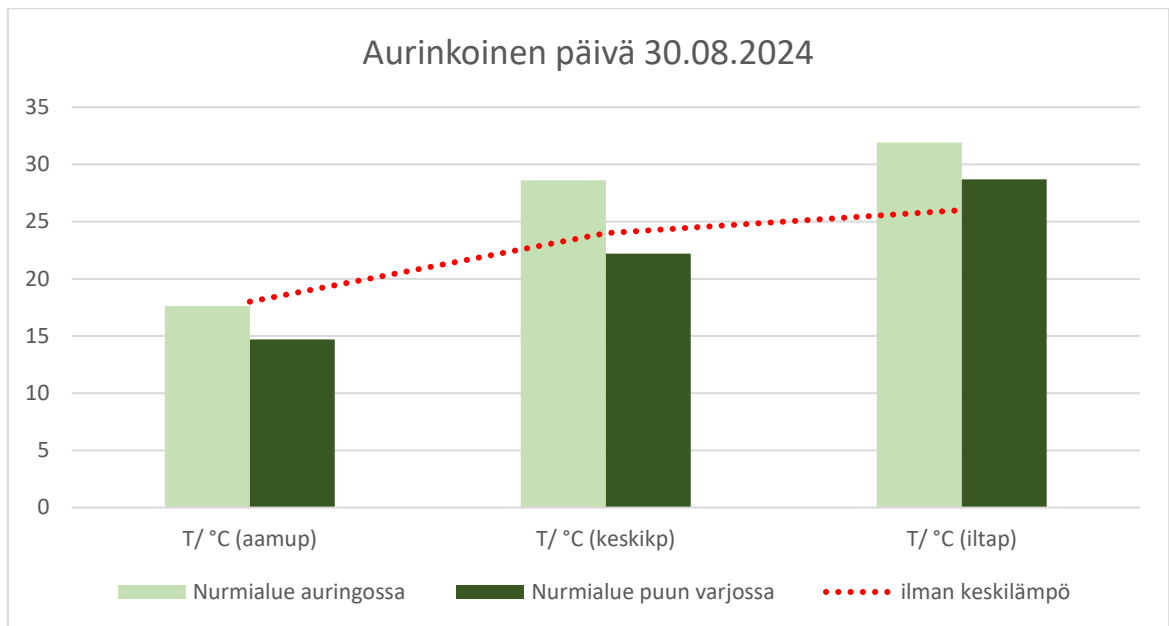
4.3.6 Puistomainen alue

Puistoalueeksi keskustassa valikoitui Palomiehenpuisto, joka kuvattiin etelästä pohjoiseen.

Kuvassa Kuva 62 on esitetty tarkasteltavat kohdat nurmialueelta ja kuvassa Kuva 63 on esitetty puun varjostuksen vaikutus aurinkoisena päivänä.



Kuva 62. Nurmipinnan lämpötila auringossa ja puun varjossa. (Vesa Vuorinen)



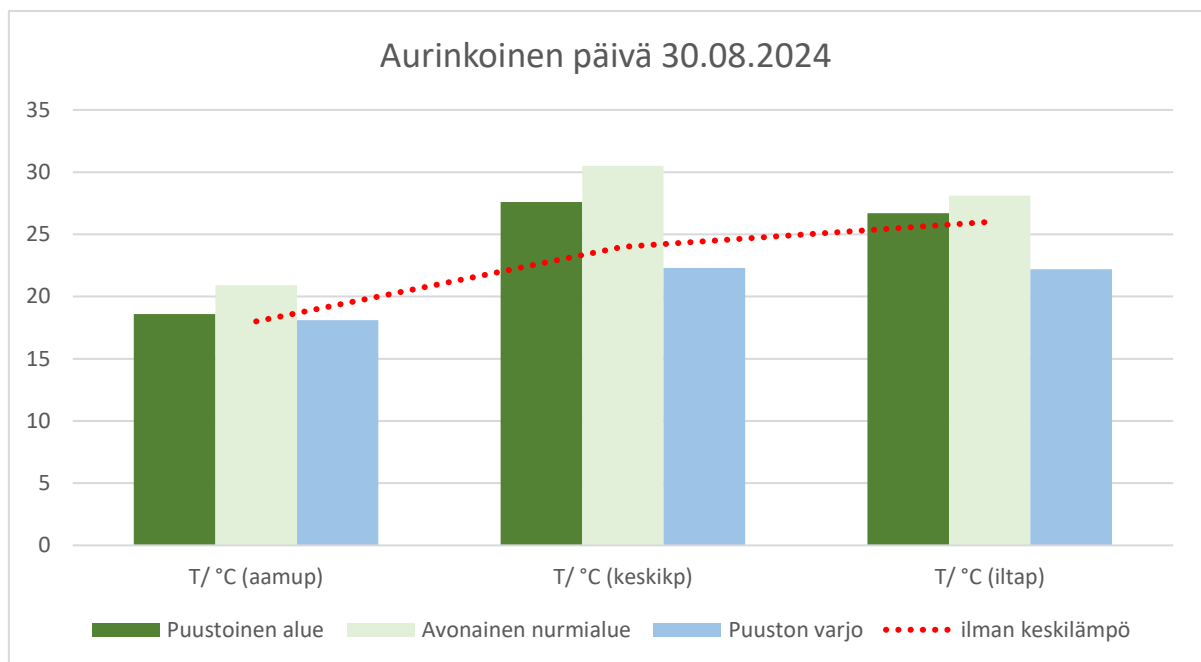
Kuva 63. A: Puun varjostuksella on viilentävä vaikutus.

4.3.7 Puustovaltainen puistoalue

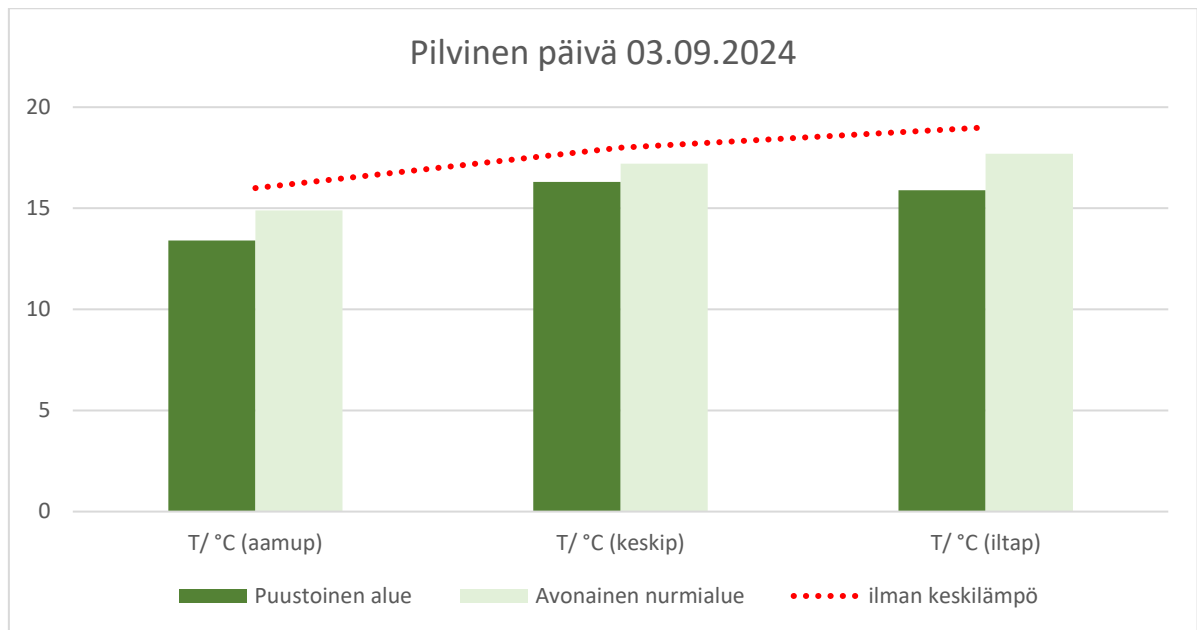
Riihimäen hautausmaan alue on osittain puustoinen, mutta tarkasteluun otettiin myös kuvassa (Kuva 64) näkyvä avoin nurmialue. Kuvasta analysoitiin avoimen nurmialueen ja puuston lämpötiloja sekä aurinkoisena päivänä puiden varjostuksen viilentävää vaikutusta (Kuvat Kuva 65 ja Kuva 66).



Kuva 64. Riihimäen hautausmaa. Kuvaan merkitty tarkasteltavat kohdat. (Vesa Vuorinen)



Kuva 65. Puustoinen alue on viileämpi kuin avoin nurmialue. Puiden varjon viilentävä vaikutus on selkeä.



Kuva 66. Puustoinen alue on viileämpi myös pilvisellä säällä.

5 Tulosten yhteenveto

Aluetyyppien 1-7 keskinäisessä vertailussa lämpökameratarkastelussa saatiin seuraavia tuloksia:

- o Lämpäsemättömillä pinnoitteilla (asfaltti, kiveys, katto) on aluetta lämmittävä vaikutus
- o Kasvillisuudella on aluetta viilentävä vaikutus
- o Lämpäisevillä pinnoitteilla (nurmialueet, sora) on aluetta viilentävä vaikutus

Ensin lämpökamerakuvista tarkasteltiin alueen lämpötilajakaumaa ja pyrittiin määrittämään lämpötilakeskiarvo. Mikäli kuvakaappaukseen osui selkeästi poikkeava lämpötila, keskiarvo laskettiin useammasta otoksesta, jotta poikkeama voitiin sulkea mittausten ulkopuolelle. Lämpötilakeskiarvot määritettiin kullekin alueelle kolme kertaa päivässä sekä aurinkoisena että pilvisenä päivänä. Saatuja arvoja verrattiin Ilmatieteen laitoksen mittaushetken ilman keskilämpötilaan, ja havaittiin, että lämpäsemättömien pintojen hallitsemat alueet (teollisuusalue, kaupan alue, varastoalue) olivat selvästi lämpimämpiä kuin muut alueet. Tämä ilmiö korostui erityisesti aamupäivän mittauksissa, sillä kyseiset alueet olivat jo varhain päivän aikana ympäröivää ilmaa lämpimämpiä. (Kappale 4.2.1.)

Lisäksi eri aluetyypeiltä määritettiin numeerista pinta-alatietoa, jota verrattiin saatuihin lämpötilamittauksiin. Kustakin alueesta laskettiin pinta-alat erikseen lämpäsemättömille pinnoille (asfaltti, betonikiveys), katoille, lämpäiseville pinnoille (nurmialueet, matala kasvillisuus) sekä korkealle kasvillisuudelle (puut, pensaat). Näin saatiin määritettyä aluekohtaiset suhteelliset pinta-alajakaumat eri maanpeitteistä, joita vertailtiin alueiden keskilämpötiloihin aamupäivällä, keskipäivällä ja iltapäivällä. (Kappale 4.2.2.)

Vaikka alun perin todettiin, että droonikuvauksella ei todennäköisesti voida suoraan määrittää lämpösaarekeilmiötä, erityisesti aamupäivän mittaukset osoittivat, että lämpö varastoituu materiaaleihin, kuten lämpäsemättömiin pintoihin ja rakennuksiin. Alueilla, joilla lämpäsemättömän pinnan osuus on suuri, lämpötilat ovat jo aamupäivällä selvästi ilman keskilämpötilaa korkeampia.

Aluetyyppejä 1-7 tarkasteltiin myös erikseen (Kappale 4.3). Näistä tarkasteluista saatiin seuraavia tuloksia:

- o Varjostava kasvillisuus rakennuksen lähellä viilentää
- o Puut ja pensaat viilentävät tehokkaammin kuin nurmipintaiset kasvillisuusalueet
- o Nurmialueet/kasvipeitteiset alueet viileämpiä kuin asfaltti-/kiveyspinnat
- o Isompi/leveämpi viherkaista viilentää paremmin kuin vastaava kapea viherkaista

- o Rakennuksen suuntaus ja muoto vaikuttaa lämpötilaan
- o Materiaali
 - vaaleat pinnat viileämpiä
 - aurinkopaneeli (tummaan) kattomateriaaliin verrattuna huomattavasti viileämpi

Kaikilla tutkituilla alueilla havaittiin, että puusto ja pensaskasvillisuus ovat viileämpiä kuin nurmialueet, sora-alueet tai läpäisemättömät pinnat. Puut ja korkea kasvillisuus viilentävät ensisijaisesti varjostamalla ja toissijaisesti haihduttamalla. Nurmialueet puolestaan ovat viileämpiä kuin asfaltti, betonikiveys ja kivituhka. Mitä laajempi ja yhtenäisempi kasvillisuusalue on, sitä tehokkaammin se viilentää ympäristöään. Esimerkiksi kaupan alueella leveämmät viherkaistat olivat lämpötilaltaan matalampia kuin kapeammat viherkaistat, vaikka kasvillisuus oli samankaltaista. Nurmen ja matalan kasvillisuuden viilentävä vaikutus perustuu haihdutukseen, joka puolestaan riippuu kasvualustan vesipitoisuudesta.

Rakennuksen suuntauksella ja muodolla havaittiin pieni ero lämpötilaan. L-muotoinen rakennuksen edusta, jonka piha avautui etelään ja länteen oli hieman lämpimämpi kuin vastaava suora rakennus. Tarkempia arvoja kannattaisi mitata lähempänä rakennusta, jolloin saataisiin yksityiskohtaisempaa tietoa.

Materiaaleista on mainittu jo kasvipeitteisen pinnan ja läpäisemättömän pinnan ero. Myös värillä oli merkittävä vaikutus: tummat pinnat ovat selvästi lämpimämpiä kuin vaaleat. Tämä näkyi sekä rakennusten katoilla ja seinissä että pinnoitteissa – esimerkiksi tumma kivituhkapinta oli lämpimämpi kuin vaalea betonikiveys.

Yllättävä havainto oli, että tummat aurinkopaneelit olivat huomattavasti viileämpiä kuin tummat kattomateriaalit. Tämä ilmiö ei selity pelkästään teollisuusalueiden tummilla bitumikatoilla, sillä

samanlainen tulos havaittiin myös pientaloalueella. Ilmakuvien perusteella pientaloalueen katot olivat pääasiassa pelti- tai tiilikattoja.

6 Johtopäätökset

Ulkotilojen suunnittelussa pienilmaston kannalta keskeiset tavoitteet ovat valo, lämpö ja tuulensuoja. Ilmastonmuutoksen myötä on kuitenkin kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, ettei rakennettu ympäristö kuumene liikaa. Piha-alueiden oleskelu- ja leikkipaikoilla varjostuksen riittävyyden varmistaminen on tärkeää (Rakennustieto).

Kasvillisuus on tehokas keino luoda miellyttävä pienilmasto ulkotiloihin. Esimerkiksi rakennusten etelä- ja länsipuolelle istutettu kasvillisuus voi varjostaa myös kerrostalon ylimpiä kerroksia. Puut eivät ainoastaan varjosta rakennuksia, vaan myös viilentävät ilmaa kokonaishaihdunnan kautta, erityisesti kasvillisuuden välittömässä läheisyydessä. Lisäksi kasvillisuus sitoo vettä kasvualustaan, jolloin se tasaa lämpötilaeroja pidemmällä aikavälillä.

Oleskelualueiden ja leikkipaikkojen läheisyydessä puusto voi olla matalampaa. Kerroksellinen kasvillisuus, jossa yhdistyy erikorkuisia puita, pensaita ja maanpeitekasveja, tehostaa pienilmastovaikutuksia. Myös kiinteitä varjostavia rakenteita, kuten pergoloita ja katoksia, voidaan yhdistää kasvillisuuteen istuttamalla niihin esimerkiksi kiipeäviä köynnöksiä. Viherkatot puolestaan tarjoavat lisää mahdollisuuksia parantaa rakennusten ja ulkotilojen pienilmastoa.

Piha-alueiden pinnoitteiden valinnalla on merkittävä rooli pienilmaston hallinnassa. Vettä-läpäisevien pinnoitteiden käyttäminen säilyttää luonnollisen veden kierron ja mahdollistaa sadevesien hyödyntämisen kasvillisuuden käyttöön.

Lähteet

de Costa Trindade Amorim, M. C, Dubreuil, V. & Trindade Amorim, A. (2021) *Urban Climate Volume 38, July 2021*. Day and night surface and atmospheric heat islands in a continental and temperate tropical environment.

Droneinfo.fi 2.4.2025 <https://droneinfo.fi/fi/lennattaminen-avoimessa-kategoriassa?toggle=A2%20alakategoria>

Erell, E. Pearlmutter, D. & Williamson, T. (2010) *Taylor & Francis Group*. Urban Microclimate: Designing the Spaces Between Buildings.

Rakennustieto (2020). Ilmastotietoinen suunnittelu/Rakennussuunnittelu, RT 103217.

Santamouris, M. (2020). *Energy and Buildings, Volume 207*. Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change.