

Käyttäjän opas FLIR Cx -sarja



Käyttäjän opas FLIR Cx -sarja

Sisällys

1	Yleisiä tietoja	1
1.1	Lakitiedote	1
1.2	Käyttötilastot	1
1.3	Rekisterimuutokset	1
1.4	Yhdysvaltain viranomaisrajoitukset	1
1.5	Tekijänoikeudet	1
1.6	Laatutakuu	1
1.7	Patentit	1
1.8	EULA Terms	1
1.9	EULA Terms	1
2	Turvallisuustietoja	2
3	Huomautus käyttäjälle	5
3.1	Käyttäjien keskustelupalstat	5
3.2	Kalibrointi	5
3.3	Tarkkuus	5
3.4	Elektroniikkajätteen hävittäminen	5
3.5	Koulutus	5
3.6	Käyttöoppaiden päivitykset	5
3.7	Tärkeä huomautus tästä oppaasta	5
3.8	Huomautus todistusvoimaisesta versiosta	5
4	Asiakastuki	6
4.1	Yleistä	6
4.2	Kysymyksen lähettäminen	6
4.3	Lataukset	7
5	Pika-aloitusopas	8
5.1	Menettelyohje	8
6	Kuvaus	9
6.1	Kuva edestä	9
6.2	Kuva takaa	9
6.3	Liitäntä	10
6.4	Näytön osat	10
6.5	Automaattinen kierto	10
6.6	Valikoissa liikkuminen	11
7	Käyttö	12
7.1	Akun lataaminen	12
7.2	Kameran käynnistäminen ja sammuttaminen	12
7.3	Kuvan tallentaminen	12
7.3.1	Yleistä	12
7.3.2	Tallennuskapasiteetti	12
7.3.3	Nimeämiskäytäntö	12
7.3.4	Menettelyohje	12
7.4	Kuvan avaaminen	12
7.4.1	Yleistä	12
7.4.2	Menettelyohje	12
7.5	Kuvan poistaminen	13
7.5.1	Yleistä	13
7.5.2	Menettelyohje	13
7.6	Kaikkien kuvien poistaminen	13
7.6.1	Yleistä	13
7.6.2	Menettelyohje	13
7.7	Lämpötilan mittaaminen pistemittauksen avulla	14
7.7.1	Yleistä	14
7.8	Mittaustyökalujen piilottaminen	14
7.8.1	Menettelyohje	14

7.9	Väripaletin vaihtaminen	14
7.9.1	Yleistä	14
7.9.2	Menettelyohje.....	14
7.10	Kuvatilan vaihtaminen	14
7.10.1	Yleistä	14
7.10.2	Menettelyohje.....	15
7.11	Lämpötila-asteikon tilan vaihtaminen	16
7.11.1	Yleistä	16
7.11.2	<i>Lukitse</i> -tilan käyttökohteet.....	16
7.11.3	Menettelyohje.....	16
7.12	Emissiivisyyden asettaminen.....	16
7.12.1	Yleistä	16
7.12.2	Menettelyohje.....	16
7.13	Heijastuvan näennäislämpötilan muuttaminen.....	17
7.13.1	Yleistä	17
7.13.2	Menettelyohje.....	17
7.14	Etäisyyden vaihtaminen.....	17
7.14.1	Yleistä	17
7.14.2	Menettelyohje.....	17
7.15	Kuvan tasapainotuksen suorittaminen	17
7.15.1	Mikä on kuvan tasapainotus?.....	17
7.15.2	Milloin kuvan tasapainotus kannattaa suorittaa?.....	17
7.15.3	Menettelyohje.....	18
7.16	Kameran lampun käyttäminen	18
7.16.1	Yleistä	18
7.16.2	Menettelyohje.....	18
7.17	Asetusten muuttaminen.....	18
7.17.1	Yleistä	18
7.17.2	Menettelyohje.....	19
7.18	Kameran päivittäminen	19
7.18.1	Yleistä	19
7.18.2	Menettelyohje.....	19
8	Tekniset tiedot	20
8.1	Kuva-alueen verkkolaskuri	20
8.2	Teknisiä tietoja koskeva huomautus	20
8.3	Huomautus todistusvoimaisesta versiosta	20
8.4	FLIR C2.....	21
9	Piirrokset.....	24
10	CE-vaatimustenmukaisuusvakuutus	25
11	Kameran puhdistaminen	26
11.1	Kameran runko, kaapelit ja oheislaitteet	26
11.1.1	Nesteet.....	26
11.1.2	Laitteisto	26
11.1.3	Menettelyohje.....	26
11.2	Infrapunalinssi.....	26
11.2.1	Nesteet.....	26
11.2.2	Laitteisto	26
11.2.3	Menettelyohje.....	26
12	Sovellusesimerkkejä.....	27
12.1	Kosteus ja vesivahingot.....	27
12.1.1	Yleistä	27
12.1.2	Kuva.....	27
12.2	Viallinen kontakti seinärasiasa.....	27
12.2.1	Yleistä	27

	12.2.2 Kuva.....	27
12.3	Hapettunut kontaktipinta.....	28
	12.3.1 Yleistä	28
	12.3.2 Kuva.....	28
12.4	Lämpöeristyksen puutteet.....	29
	12.4.1 Yleistä	29
	12.4.2 Kuva.....	29
12.5	Veto	30
	12.5.1 Yleistä	30
	12.5.2 Kuva.....	30
13	Tietoja: FLIR Systems	31
13.1	Enemmän kuin pelkkä lämpökamera.....	32
13.2	Lämpökuvauskoulutus	32
13.3	Asiakkaiden tukeminen	32
13.4	Kuvia tehtaaltamme.....	33
14	Sanasto.....	34
15	Lämpökuvauksen mittausmenetelmät.....	37
15.1	Johdanto	37
15.2	Emissiivisyys	37
	15.2.1 Näytteen emissiivisyyden määrittäminen	37
15.3	Heijastuva näennäislämpötila	40
15.4	Etäisyys.....	40
15.5	Suhteellinen ilmankosteus	40
15.6	Muut parametrit	40
16	Infrapunatekniikan historiaa	41
17	Lämpökuvauksen teoria	44
17.1	Johdanto	44
17.2	Sähkömagneettinen spektri.....	44
17.3	Mustan kappaleen lähettämä säteily	44
	17.3.1 Planckin laki.....	45
	17.3.2 Wienin siirtymälaki.....	46
	17.3.3 Stefan-Boltzmannin laki	47
	17.3.4 Mustista kappaleista poikkeavat säteilylähteet	48
17.4	Lämpösäteilyä puoliläpäisevät materiaalit.....	50
18	Mittauskaava.....	51
19	Emissiivisyystaulukot	55
19.1	Lähdeviitteet	55
19.2	Taulukot.....	55

Yleisiä tietoja

1.1 Lakitiedote

Kaikilla FLIR Systems -yhtiön tuotteilla on materiaali- ja valmistusviat kattava yhden (1) vuoden takuu alkuperäisestä ostopäivästä lukien edellyttäen, että kyseiset tuotteet on varastoitu ja niitä on käytetty normaalisti niiden ohjeiden mukaan, jotka FLIR Systems on antanut.

Jäähdyttämättömiä, kädessä pidettävillä FLIR Systems -yhtiön valmistamilla kameroilla on materiaali- ja valmistusviat kattava kahden (2) vuoden takuu alkuperäisestä ostopäivästä lukien edellyttäen, että kyseiset tuotteet on varastoitu ja niitä on käytetty normaalisti niiden ohjeiden mukaan, jotka FLIR Systems on antanut, ja että kamera on rekisteröity 60 päivän kuluessa alkuperäisestä ostopäivästä.

Jäähdyttämättömiä, kädessä pidettävien FLIR Systems -yhtiön valmistamien kameroiden ilmaisimilla on materiaali- ja valmistusviat kattava kymmenen (10) vuoden takuu alkuperäisestä ostopäivästä lukien edellyttäen, että kyseiset tuotteet on varastoitu ja niitä on käytetty normaalisti niiden ohjeiden mukaan, jotka FLIR Systems on antanut, ja että kamera on rekisteröity 60 päivän kuluessa alkuperäisestä ostopäivästä.

Tuotteilla, joita FLIR Systems -yhtiö ei ole valmistanut, mutta jotka FLIR Systems on toimittanut alkuperäisostajalle järjestelmien mukana, on vain kyseisten tuotteiden valmistajien niille myöntämä takuu. FLIR Systems ei vastaa kyseisistä tuotteista.

Takuu koskee ainoastaan alkuperäisostajaa, eikä sitä voida siirtää. Takuu ei koske väärinkäytön, laiminlyönnin tai onnettomuuden kohteeksi joutuneita tai poikkeuksellisesti käyttöolosuhteille altistuneita tuotteita. Takuu ei koske kulutusosia.

Mikäli tuotteessa havaitaan tämän takuun kattava vika, tuotteen käyttö on lopetettava lisävaruoiden ehkäisemiseksi. Ostajan tulee tehdä FLIR Systems -yhtiölle ilmoitus havaituista vioista viipymättä. Muussa tapauksessa takuu raukeaa.

FLIR Systems voi harkintansa mukaan joko korjata tai korvata viallisen tuotteen maksutta, jos vika liittyy valmistusmateriaaleihin tai työhön ja edellyttäen, että viallinen tuote toimitetaan FLIR Systems -yhtiölle mainitun yhden vuoden kuluessa.

Edellä on mainittu kaikki FLIR Systems -yhtiötä koskevat vikoihin liittyvät velvoitteet.

Muita nimenomaisia tai oletettuja takuita ei ole. FLIR Systems erityisesti saanut irti kaikkia oletettuja takuita, jotka koskevat tuotteen soveltuvuutta myyntiin tai tiettyyn tarkoitukseen.

FLIR Systems ei vastaa mistään suorasta, välillisestä, satunnaisesta tai erityisestä vauriosta huolimatta siitä, johtuuko vahinko sopimuksen tai oikeuden loukkauksesta tai muusta oikeudellisesta syystä.

Tähän takuuseen sovelletaan Ruotsin lakia.

Kaikki tästä takuusta johtuvat tai siihen liittyvät erimielisyydet, riidat tai vaatimukset käsitellään lopullisesti Tukholman kaupakamarin väliesioikeussääntöjen mukaisessa väliesiomennettelyssä. Väliesiomennettelyn paikka on Tukholma. Väliesiomennettelyssä käytettävä kieli on englanti.

1.2 Käyttötilastot

FLIR Systems pitää oikeuden kerätä nimettömiä käyttötilastoja ohjelmistojen ja palvelujen laadun ylläpitämistä ja kehittämistä varten.

1.3 Rekisterimuutokset

Rekisteritieto HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Lsa\LmCompatibilityLevel muuttuu automaattisesti tasoksi 2, jos FLIR Camera Monitor -palvelu tunnistaa, että FLIR on kytketty tietokoneeseen USB-kaapeilla. Muutos tapahtuu vain, jos kameralaitteessa on verkkokirjautumista tukeva etäverkkopalvelu.

1.4 Yhdysvaltain viranomaisrajoitukset

Tätä tuotetta saattaa koskea Yhdysvaltain vientisäädökset. Lähetä mahdolliset kysymykset sähköpostitse osoitteeseen exportquestions@flir.com.

1.5 Tekijänoikeudet

© 2015, FLIR Systems, Inc.. Kaikki oikeudet pidätetään maailmanlaajuisesti. Mitään ohjelmiston osia, mukaan lukien lähdekoodi, ei saa edes osittain kopioida, siirtää, kääntää toiselle kielelle tai ohjelmointikielelle missään muodossa, esimerkiksi sähköisesti, magneettisesti, optisesti, manuaalisesti tai muulla tavoin, ilman FLIR Systems -yhtiön ennalta myöntämää kirjallista lupaa.

Käyttöoppaan valokopioiminen, monistaminen, kääntäminen tai siirtäminen sähköiseen tai koneellisesti luettavaan muotoon on kielletty ilman FLIR Systems -yhtiön ennalta myöntämää kirjallista suostumusta.

Tässä julkaisussa esiintyvien tuotteiden nimet ja merkit ovat joko FLIR Systems -yhtiön ja/tai sen tytäryhtiöiden rekisteröityjä tavaramerkkejä tai tavaramerkkejä. Kaikki muut tavaramerkit, kaupan nimet tai yritysten nimet, joihin tässä julkaisussa viitataan, on mainittu ainoastaan tunnistustarkoituksessa, ja ne ovat vastaavien haltijoidensa omaisuutta.

1.6 Laatutakuu

Laadunhallintajärjestelmä, jonka puitteissa nämä tuotteet on kehitetty ja valmistettu, on sertifioitu ISO 9001 -standardin mukaan.

FLIR Systems on sitoutunut jatkuvaan kehitykseen. Tästä syystä pidämme oikeuden tehdä tuotteisiin muutoksia ja parannuksia ilman ennakkoilmoitusta.

1.7 Patentit

Tuotteita tai ominaisuuksia voi koskea yksi tai useampi seuraavista patenteista tai suunnittelupatenteista. Tuotteita tai ominaisuuksia voivat koskea myös muut hyväksyntää odottavat patentit tai suunnittelupatentit.

000279476-0001; 000439161; 000499579-0001; 000653423; 000726344; 000859020; 001106306-0001; 001707738; 001707746; 001707787; 001776519; 001954074; 002021543; 002058190; 002249953; 002531178; 0600574-8; 1144633; 1182246; 1182620; 1285345; 1299699; 1325808; 1336775; 1391114; 1402918; 1404291; 1411581; 1415075; 1421497; 1458284; 1678485; 1732314; 2106017; 2107799; 2381417; 3006596; 3006597; 466540; 483782; 484155; 4889913; 5177595; 60122153.2; 602004011681.5-08; 6070044; 68657; 7034300; 7110035; 7154093; 7157705; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 7544944; 7667198; 7809258 B2; 7826736; 8,153,971; 8,823,803; 8,853,631; 8018649 B2; 8212210 B2; 8289372; 8354639 B2; 8384783; 8520970; 8565547; 8595689; 8599262; 8654239; 8680468; 8803093; D540838; D549758; D579475; D594755; D599392; D615,113; D664,580; D664,581; D665,004; D665,440; D677298; D710,424 S; D718801; D16702302-9; D16903617-9; D17002221-6; D17002891-5; D17002892-3; D17005799-0; DM/057692; DM/061609; EP 2115696 B1; EP2315433; SE 0700240-5; US 8340414 B2; ZL 201330267619.5; ZL01823221.3; ZL01823226.4; ZL02331553.9; ZL02331554.7; ZL200480034894.0; ZL200530120994.2; ZL200610089759.5; ZL200630130114.4; ZL200730151141.4; ZL200730339504.7; ZL200820105768.8; ZL200830128581.2; ZL200880105236.4; ZL200880105769.2; ZL200930190061.9; ZL201030176127.1; ZL201030176130.3; ZL201030176157.2; ZL201030595931.3; ZL201130442354.9; ZL201230471744.3; ZL201230620731.8.

1.8 EULA Terms

- You have acquired a device ("INFRARED CAMERA") that includes software licensed by FLIR Systems AB from Microsoft Licensing, GP or its affiliates ("MS"). Those installed software products of MS origin, as well as associated media, printed materials, and "online" or electronic documentation ("SOFTWARE") are protected by international intellectual property laws and treaties. The SOFTWARE is licensed, not sold. All rights reserved.
- IF YOU DO NOT AGREE TO THIS END USER LICENSE AGREEMENT ("EULA"), DO NOT USE THE DEVICE OR COPY THE SOFTWARE. INSTEAD, PROMPTLY CONTACT FLIR Systems AB FOR INSTRUCTIONS ON RETURN OF THE UNUSED DEVICE(S) FOR A REFUND. **ANY USE OF THE SOFTWARE, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO USE ON THE DEVICE, WILL CONSTITUTE YOUR AGREEMENT TO THIS EULA (OR RATIFICATION OF ANY PREVIOUS CONSENT).**
- GRANT OF SOFTWARE LICENSE.** This EULA grants you the following license:
 - You may use the SOFTWARE only on the DEVICE.
 - NOT FAULT TOLERANT.** THE SOFTWARE IS NOT FAULT TOLERANT. FLIR Systems AB HAS INDEPENDENTLY DETERMINED HOW TO USE THE SOFTWARE IN THE DEVICE, AND MS HAS RELIED UPON FLIR Systems AB TO CONDUCT SUFFICIENT TESTING TO DETERMINE THAT THE SOFTWARE IS SUITABLE FOR SUCH USE.
 - NO WARRANTIES FOR THE SOFTWARE.** THE SOFTWARE IS provided "AS IS" and with all faults. THE ENTIRE RISK AS TO SATISFACTORY QUALITY, PERFORMANCE, ACCURACY, AND EFFORT (INCLUDING LACK OF NEGLIGENCE) IS WITH YOU. ALSO, THERE IS NO WARRANTY AGAINST INTERFERENCE WITH YOUR ENJOYMENT OF THE SOFTWARE OR AGAINST INFRINGEMENT. **IF YOU HAVE RECEIVED ANY WARRANTIES REGARDING THE DEVICE OR THE SOFTWARE, THOSE WARRANTIES DO NOT ORIGINATE FROM, AND ARE NOT BINDING ON, MS.**
 - No Liability for Certain Damages. **EXCEPT AS PROHIBITED BY LAW, MS SHALL HAVE NO LIABILITY FOR ANY INDIRECT, SPECIAL, CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES ARISING FROM OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE SOFTWARE. THIS LIMITATION SHALL APPLY EVEN IF ANY REMEDY FAILS OF ITS ESSENTIAL PURPOSE. IN NO EVENT SHALL MS BE LIABLE FOR ANY AMOUNT IN EXCESS OF U.S. TWO HUNDRED FIFTY DOLLARS (U.S.\$250.00).**
 - Limitations on Reverse Engineering, Decompilation, and Disassembly.** You may not reverse engineer, decompile, or disassemble the SOFTWARE, except and only to the extent that such activity is expressly permitted by applicable law notwithstanding this limitation.
 - SOFTWARE TRANSFER ALLOWED BUT WITH RESTRICTIONS.** You may permanently transfer rights under this EULA only as part of a permanent sale or transfer of the Device, and only if the recipient agrees to this EULA. If the SOFTWARE is an upgrade, any transfer must also include all prior versions of the SOFTWARE.
 - EXPORT RESTRICTIONS.** You acknowledge that SOFTWARE is subject to U.S. export jurisdiction. You agree to comply with all applicable international and national laws that apply to the SOFTWARE, including the U.S. Export Administration Regulations, as well as end-user, end-use and destination restrictions issued by U.S. and other governments. For additional information see <http://www.microsoft.com/exporting/>.

1.9 EULA Terms

Qt4 Core and Qt4 GUI, Copyright ©2013 Nokia Corporation and FLIR Systems AB. This Qt library is a free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU Lesser General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2.1 of the License, or (at your option) any later version. This library is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU Lesser General Public License, <http://www.gnu.org/licenses/lgpl-2.1.html>. The source code for the libraries Qt4 Core and Qt4 GUI may be requested from FLIR Systems AB.

**VAROITUS**

Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja.

Älä avaa akkua tai tee siihen muutoksia. Akun turva- ja suojaomekanismit voivat vahingoittuessaan saada akun kuumentumaan, räjähtämään tai syttymään.

**VAROITUS**

Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja.

Jos akku vuotaa ja nestettä joutuu silmiin, älä hiero silmiä. Huuhtelee hyvin runsaalla vedellä ja ota heti yhteyttä lääkäriin. Muutoin akkuneste voi aiheuttaa silmävammoja.

**VAROITUS**

Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja.

Älä jatka akun lataamista, jos se ei lataudu ilmoitetussa ajassa. Jos akun lataamista jatketaan, se voi kuumentua, räjähtää tai syttyä, mistä voi aiheutua henkilövahinkoja.

**VAROITUS**

Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja.

Tyhjennä akku vain käyttämällä sitä oikeassa laitteessa. Jos akkua ei käytetä oikeassa laitteessa, akun tehokkuus tai käyttöikä voi lyhentyä. Jos akkua ei käytetä oikeassa laitteessa, akun kuormitus saattaa poiketa suunnitellusta. Tämä voi johtaa akun kuumentumiseen tai räjähtämiseen ja henkilövahinkoihin.

**VAROITUS**

Ennen nesteiden käyttöä lue huolellisesti kaikki aineen pakkauksen varoitukset ja käyttöturvallisuustiedotteet. Nesteet voivat olla vaarallisia ja aiheuttaa henkilövahinkoja.

**HUOMIO**

Älä suuntaa lämpökameraa voimakkaisiin energianlähteisiin, kuten lasersäteilyä lähettäviin laitteisiin tai aurinkoon, vaikka suojaus olisi paikallaan. Muutoin kameran tarkkuus voi huonontua. Kameran sisäinen ilmaisin voi myös vahingoittua.

**HUOMIO**

Älä käytä kameraa yli +50 °C:n lämpötilassa, ellei käyttöoppaassa tai teknisissä tiedoissa ole annettu muita ohjeita. Korkea lämpötila voi vahingoittaa kameraa.

**HUOMIO**

Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja.

Älä kytke akkuja suoraan auton savukkeensytyttimeen, ellei FLIR Systems ole toimittanut erityistä sovintia akkujen liittämiseksi savukkeensytyttimeen. Muutoin akut voivat vioittua.

**HUOMIO**

Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja.

Älä kytke akun positiivista ja negatiivista napaa toisiinsa metalliesineellä (kuten johtimella). Muutoin akku voi vioittua.

**HUOMIO**

Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja.

Suojaa akku kastumiselta. Muutoin akku voi vioittua.

	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Älä tee akkuun reikiä. Akku voi vioittua.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Älä lyö akkua vasaralla. Akku voi vioittua.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Älä astu akun päälle, lyö sitä tai aiheuta akulle iskuja. Muutoin akku voi vioittua.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Älä heitä akkuja tuleen, aseta niitä tulen lähistölle tai suoraan auringonvaloon. Jos akku kuumenee, sen sisäänrakennettu turvajärjestelmä käynnistyy ja voi pysäyttää akun lataamisen. Jos akku kuumenee, turvajärjestelmä voi vioittua, mikä voi johtaa akun kuumenemiseen edelleen ja akun vioittumiseen tai syttymiseen.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Älä heitä akkua tuleen tai nosta akun lämpötilaa lämmön avulla. Muutoin akku voi vioittua ja aiheuttaa henkilövahinkoja.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Älä heitä akkua tuleen tai aseta akkua avotulen, liedен tai muiden kuumien kohteiden läheisyyteen. Muutoin akku voi vioittua ja aiheuttaa henkilövahinkoja.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Älä tee akkuun suoria juotoksia. Akku voi vioittua.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Älä käytä akkua, jos siitä käytön, lataamisen tai varastoinnin aikana lähtee epätavallinen haju, se tuntuu kuumalta, sen väri tai muoto muuttuu tai se on epätavallisessa tilassa. Jos havaitset akussa jonkin mainituista ongelmista, ota yhteys tuotteen myyjään. Muutoin akku voi vioittua ja aiheuttaa henkilövahinkoja.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Käytä akun lataamiseen ainoastaan juuri siihen tarkoitettua laturia. Muutoin akku voi vioittua.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Akun lataukseen sallittu ympäristön lämpötila on $\pm 0 \dots +45$ °C, ellei käyttöoppaissa tai teknisissä tiedoissa ole muuta mainittu. Akun lataaminen muussa kuin sallitussa lämpötilassa saattaa aiheuttaa akun kuumenemisen tai rikkoutumisen. Akun kapasiteetti tai käyttöikä voi myös kärsiä.	

	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Akun varauksen purkamiseen sallittu ympäristön lämpötila on –15...+50 °C, ellei käyttöoppaissa tai teknisissä tiedoissa ole muuta mainittu. Akun käyttäminen tämän lämpötila-alueen ulkopuolella voi heikentää akun kapasiteettia tai lyhentää sen käyttöikää.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Jos akku on kulunut, eristä akun navat teipillä tai vastaavalla materiaalilla ennen akun hävittämistä. Muutoin akku voi vioittua ja aiheuttaa henkilövahinkoja.	
	HUOMIO
Koskee seuraavia tuotteita: kamerat, joissa on akku tai akkuja. Kuivaa kaikki kosteus akusta ennen sen asettamista paikalleen. Muutoin akku voi vioittua.	
	HUOMIO
Älä käytä liuottimia tai vastaavia nesteitä kameraan, johtoihin tai muihin tarvikkeisiin. Muutoin akku voi vioittua ja aiheuttaa henkilövahinkoja.	
	HUOMIO
Kuivaa infrapunalinssi varovasti. Linssissä on heijastumia vaimentava pinnoite, joka vahingoittuu helposti. Infrapunalinssi voi vaurioitua.	
	HUOMIO
Puhdista infrapunalinssi hellävaroen. Muutoin puhdistus voi vahingoittaa heijastumia vaimentavaa pinnoitetta.	
	HUOM
Kotelointiluokan vaatimukset täyttyvät vain, kun kameran kaikki aukot on suljettu asianomaisilla kansilla, luukuilla ja suojuksilla, mukaan lukien tiedontallennukseen, akkuihin ja liitäntöihin liittyvät lokerot.	

3.1 Käyttäjien keskustelupalstat

Voit vaihtaa ajatuksia, ratkoa ongelmia ja keskustella ratkaisuista muiden lämpökuvaajien kanssa käyttäjille tarkoitetuilla keskustelupalstoillamme. Pääset palstoille seuraavassa osoitteessa: Pääset palstoille seuraavassa osoitteessa:

<http://www.infraredtraining.com/community/boards/>

3.2 Kalibrointi

Suosittelemme, että lähetät kameran meille kalibroitavaksi kerran vuodessa. Tiedustele paikallisesta myyntikonttorista, minne voit toimittaa kameran.

3.3 Tarkkuus

Suosittelemme, että odotat 5 minuuttia, ennen kuin käytät kameraa sen käynnistämisen jälkeen lämpötilan mittaukseen. Siten varmistat tarkan tuloksen.

3.4 Elektroniikkajätteen hävittäminen



Tämä laite on muun elektroniikkajätteen lailla hävitettävä ympäristöystävällisellä tavalla ja voimassa olevien elektroniikkajätettä koskevien määräysten mukaisesti.

Pyydä lisätietoja FLIR Systems -edustajalta.

3.5 Koulutus

Tietoja lämpökuvauksen koulutustarjonnasta on osoitteessa:

- <http://www.infraredtraining.com>
- <http://www.irtraining.com>
- <http://www.irtraining.eu>

3.6 Käyttöoppaiden päivitykset

Käyttöoppaamme päivitetään useita kertoja vuodessa, ja julkaisemme myös tuotteita koskevia tärkeitä tiedotteita säännöllisesti.

Uusimmat käyttöoppaat ja tiedotteet ovat Download-välilehdessä seuraavassa osoitteessa:

<http://support.flir.com>

Rekisteröityminen Internetin kautta kestää vain muutaman minuutin. Latausalueella ovat myös muiden tuotteidemme käyttöoppaiden uusimmat versiot ja vanhojen tuotteidemme käyttöoppaat.

3.7 Tärkeä huomautus tästä oppaasta

FLIR Systems julkaisee yleisoppaita, jotka on tarkoitettu useita malliston kameroita varten.

Tämän vuoksi tässä oppaassa voi olla ohjeita ja kuvauksia, jotka eivät koske omaa kameramalliasi.

3.8 Huomautus todistusvoimaisesta versiosta

Tämän julkaisun todistusvoimainen versio on englanninkielinen versio. Jos julkaisujen välillä on käännösvirheitä johtuvia eroja, englanninkielinen versio katsotaan oikeaksi.

Mahdolliset muutokset tehdään ensin englanninkieliseen versioon.

FLIR Customer Support Center

Home Answers Ask a Question Product Registration Downloads My Stuff Service

FLIR Customer support

Get the most out of your FLIR products

Get Support for Your FLIR Products

Welcome to the FLIR Customer Support Center. This portal will help you as a FLIR customer to get the most out of your FLIR products. The portal gives you access to:

- The FLIR Knowledgebase
- Ask our support team (requires registration)
- Software and documentation (requires registration)
- FLIR service contacts

Find Answers

We store all resolved problems in our solution database. Search by product, category, keywords, or phrases.

Search by Keyword

[Search All Answers](#)

[See All Popular Answers](#)

To find a datasheet for a current product, click on a picture.
To find a datasheet for a legacy product, click [here](#).

FLIR Ex

FLIR Exx

FLIR Kxx

FLIR T4xx

FLIR T6xx

FLIR G3xx

ThermaCAM™
GasFindIR

FLIR GF3xx

FLIR AX

FLIR Ax5

FLIR A3xx

More...

Product catalog

Please right-click the links below and select Save Target As... to save the file.

US Letter (28 Mb)
A4 (27,4 Mb)

Accessories

[Important legal disclaimer, dangers, warnings, and cautions](#)

4.1 Yleistä

Jos tarvitset asiakastukea, käy seuraavassa sivustossa:

<http://support.flir.com>

4.2 Kysymyksen lähettäminen

Kysymyksen lähettäminen asiakastukeen edellyttää, että olet rekisteröitynyt käyttäjä. Rekisteröityminen Internetin kautta kestää vain muutaman minuutin. Jos haluat etsiä aiemmin esitettyjä kysymyksiä ja vastauksia tietämuskannasta, sinun ei tarvitse olla rekisteröitynyt käyttäjä.

Kun haluat lähettää kysymyksen, pidä seuraavat tiedot saatavillasi:

- kameran malli
- kameran sarjanumero
- kameran ja laitteen välinen tiedonsiirtoprotokolla (esimerkiksi HDMI, Ethernet, USB tai FireWire)
- laitteen tyyppi (PC-tietokone/Mac/iPhone/iPad/Android-laite jne.)
- ohjelmaversiot valmistajalta FLIR Systems
- käyttäjän oppaan koko nimi, julkaisunumero ja versionumero.

4.3 Lataukset

Asiakastukisivustosta voit ladata myös seuraavia:

- lämpökameran ohjelmistopäivitykset
- tietokoneohjelmistojen päivitykset
- tietokoneohjelmistojen ilmais- ja arviointiversiot
- nykyisten ja vanhojen tuotteiden käyttöoppaat
- piirustukset (*.dxf- ja *.pdf-muodossa)
- Cad-tietomallit (*.stp-muodossa)
- käyttöesimerkkejä
- tietolomakkeet
- tuoteluettelot.

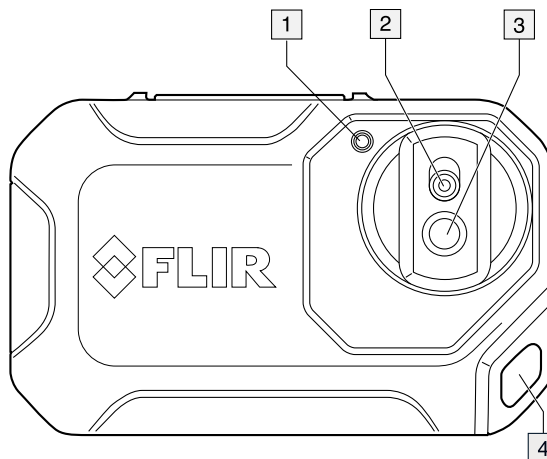
5.1 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

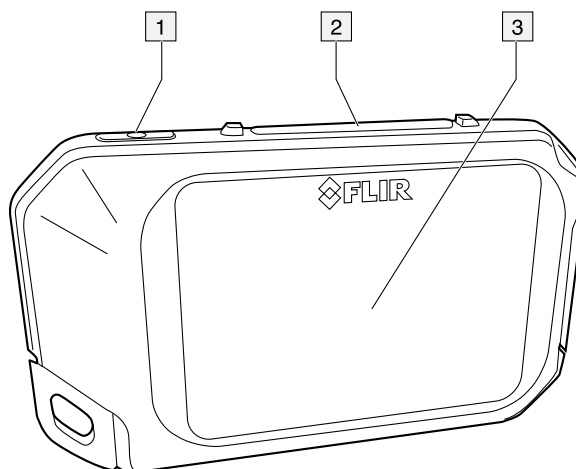
1. Lataa akkua noin 1,5 tuntia käyttäen FLIR-virtalähdettä.
2. Käynnistä kamera painamalla virtapainiketta .
3. Suuntaa kamera kuvauskohteeseen.
4. Tallenna kuva painamalla Save-näppäintä.

(Valinnaiset vaiheet)

5. Asenna FLIR Tools tietokoneeseen.
6. Käynnistä FLIR Tools.
7. Liitä kamera tietokoneeseen USB-kaapelilla.
8. Tuo kuvat FLIR Tools -ohjelmistoon.
9. Luo PDF-raportti FLIR Tools -ohjelmistossa.

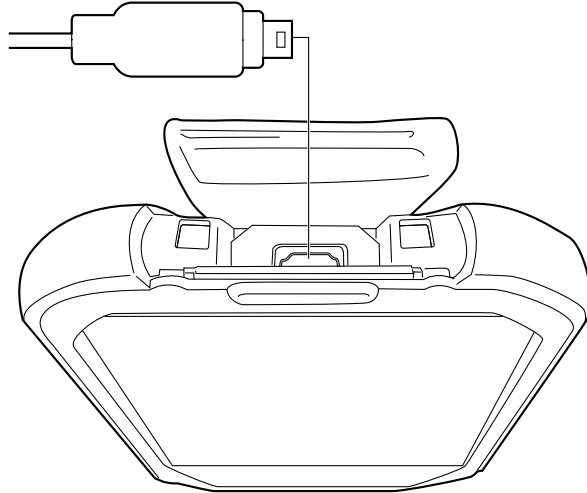
6.1 Kuva edestä

1. Kameran lamppu.
2. Digitaalikameran objektiivi
3. Infrapunalinssi.
4. Kiinnityspiste.

6.2 Kuva takaa

1. Virtapainike.
2. Save-näppäin
3. Kameran näyttö

6.3 Liitäntä



USB Micro-B -liitäntää käytetään seuraaviin tarkoituksiin:

- Akun lataamiseen FLIR-virtalähteen avulla.
- Kuvien siirtämiseen tietokoneeseen, jotta niitä voidaan analysoida FLIR Tools -ohjelmistossa.



HUOM

Asenna FLIR Tools tietokoneeseen, ennen kuin siirrät kuvia.

6.4 Näytön osat



1. Päävalikkopalkki
2. Alivalikkopalkki
3. Tuloruutu
4. Tilakuvakkeet
5. Lämpötila-asteikko.
6. Pistemittari

6.5 Automaattinen kierto

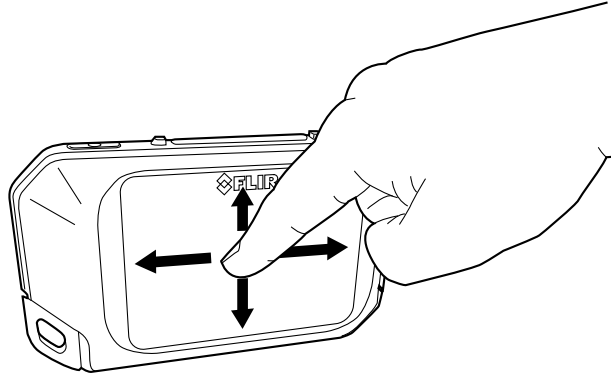
Kamerassa on automaattisen kierron toiminto, eli kamera sopeuttaa mittaustietojen näyttämisen automaattisesti kameran vaaka- tai pystysuunnan mukaan.



HUOM

Automaattinen kierto otetaan käyttöön asetuksella. Valitse *Asetukset > Laitteen asetukset > Automaattinen kierto > Käytössä*.

6.6 Valikoissa liikkuminen



Kamerassa on kosketusnäyttö. Voit liikkua valikkojärjestelmässä käyttämällä sormeasi tai kapasitiivisille kosketusnäytöille tarkoitettua stylus-kynää.

Avaa valikkojärjestelmä napauttamalla kameran ruutua.

7.1 Akun lataaminen

Toimi seuraavasti:

1. Kytke FLIR-virtalähde pistorasiaan.
2. Kytke virtakaapeli kameran USB-liitäntään.

7.2 Kameran käynnistäminen ja sammuttaminen

- Käynnistä kamera painamalla virtapainiketta .
- Aseta kamera valmiustilaan pitämällä virtapainiketta  pohjassa, kunnes näyttö sammuu (alle 5 sekuntia). Kamera sammuu automaattisesti 2 tunnin kuluttua.
- Sammuta kamera pitämällä virtapainiketta  painettuna yli 5 sekuntia.

7.3 Kuvan tallentaminen

7.3.1 Yleistä

Voit tallentaa kuvia kameran sisäiseen muistiin.

Kamera tallentaa samalla kertaa sekä lämpökuvan että tavallisen valokuvan.

7.3.2 Tallennuskapasiteetti

Kameran muistiin mahtuu noin 500 kuvaa.

7.3.3 Nimeämiskäytäntö

Kuvat nimetään muotoon *FLIRxxxx.jpg*, jossa xxxx on yksilöivä laskurinumero.

7.3.4 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Tallenna kuva painamalla tallennuspainiketta.

7.4 Kuvan avaaminen

7.4.1 Yleistä

Kuvat tallentuvat kameran sisäiseen muistiin. Jos haluat katsella kuvaa myöhemmin, voit hakea sen kameran muistista.

7.4.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Kuvat*  . Ruudulle aukeaa arkistoon sisältyvä kuva.
3. Siirry seuraavaan tai edelliseen kuvaan jommallakummalla seuraavista tavoista:
 - Pyyhkäise vasemmalle tai oikealle.
 - Napauta nuolta vasemmalle  tai nuolta oikealle  .
4. Vaihda lämpökuvan ja tavallisen valokuvan välillä pyyhkäisemällä ylös tai alas.

5. Avaa työkalurivi napauttamalla näyttöä.

- Valitse *Koko näyttö*  tai *Poistu koko näytön tilasta* , kun haluat vaihtaa koko näytön tilan ja tavallisen tilan välillä.
- Näytä pikkukuvanäkymä valitsemalla *Pikkukuva* . Voit selata pikkukuvia pyyhkäisemällä ylös- tai alaspäin. Avaa kuva napauttamalla pikkukuvaa.
- Valitse *Poista* , jos haluat poistaa kuvan.
- Valitse *Tiedot* , jos haluat nähdä tietoja kuvasta.
- Valitse *Kamera* , kun haluat palata takaisin kuvaustilaan.

7.5 Kuvan poistaminen

7.5.1 Yleistä

Kameran sisäisestä muistista voi poistaa kuvia.

7.5.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Kuvat* . Ruudulle aukeaa arkistoon sisältyvä kuva.
3. Siirry seuraavaan tai edelliseen kuvaan jommallakummalla seuraavista tavoista:
 - Pyyhkäise vasemmalle tai oikealle.
 - Napauta nuolta vasemmalle  tai nuolta oikealle .
4. Kun olet löytänyt poistettavan kuvan, avaa työkalurivi napauttamalla ruutua.
5. Valitse työkalurivillä *Poista* . Esiin aukeaa valintaikkuna.
6. Valitse valintaikkunassa *Poista*.
7. Palaa kuvaustilaan napauttamalla kameran ruutua ja valitsemalla *Kamera* -vaihtoehtoon.

7.6 Kaikkien kuvien poistaminen

7.6.1 Yleistä

Kameran muistista voi poistaa kaikki kuvat.

7.6.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Asetukset* . Esiin aukeaa valintaikkuna.
3. Valitse valintaikkunassa *Laitteen asetukset*. Esiin aukeaa uusi valintaikkuna.
4. Valitse valintaikkunassa *Asetusten palautus*. Esiin aukeaa uusi valintaikkuna.
5. Valitse valintaikkunassa *Poistetaanko kaikki kuvat?* Esiin aukeaa uusi valintaikkuna.
6. Valitse valintaikkunassa *Poista*.
7. Palaa kuvaustilaan napauttamalla useita kertoja ylempää nuolta vasemmalle  tai painamalla Save-näppäintä kerran.

7.7 Lämpötilan mittaaminen pistemittauksen avulla

7.7.1 Yleistä

Lämpötilan voi mitata mittauspisteellä. Tällöin näytetään lämpötila mittauspisteen kohdalla näytössä.

7.7.1.1 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Mittaukset*  . Esiin aukeaa alivalikon työkalurivi.
3. Valitse alivalikon työkaluriviltä *Keskipiste*  .

Mittauspisteessä vallitseva lämpötila näkyy näytön vasemmassa yläkulmassa.

7.8 Mittaustyökalujen piilottaminen

7.8.1 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Mittaukset*  . Esiin aukeaa alivalikon työkalurivi.
3. Valitse alivalikon työkaluriviltä *Ei mittauksia*  .

7.9 Väripaletin vaihtaminen

7.9.1 Yleistä

Voit vaihtaa väripalettiä, jonka avulla kamera näyttää eri lämpötilat. Paletin muuttaminen voi helpottaa kuvan analysoimista.

7.9.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Väri*  . Esiin aukeaa alivalikon työkalurivi.
3. Valitse työkaluriviltä haluamasi väripaletti:
 - *Rauta*.
 - *Sateenkaari*.
 - *Sateenkaari, suuri kontrasti*.
 - *Harmaa*.

7.10 Kuvatilan vaihtaminen

7.10.1 Yleistä

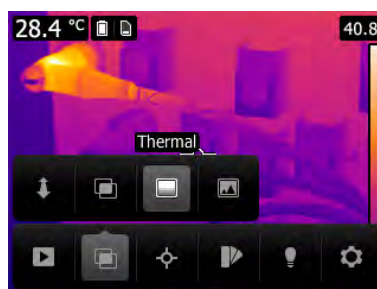
Kamera tallentaa samanaikaisesti sekä lämpökuvan että visuaalisen kuvan. Voit kuvatilalla avulla valita, mikä kuva näkyy näytössä.

Kamera tukee seuraavia kuvatiloja:

- *MSX* (Multi Spectral Dynamic Imaging): kamera näyttää lämpökuvan, jossa kohteiden reunoja on korostettu visuaalisilla kuvatiedoilla.



- *Lämpökuva*: kamera näyttää pelkän lämpökuvan.



- *Digitaalikamera*: kamera näyttää digitaalikameran tallentaman valokuvan.



Luodessaan yhdistelmäkuvan (*MSX-tilassa*) kameran on huomioitava pieni ero digitaalikameran objektiivin ja infrapunaobjektiivin välillä. Kuvan säätämistä varten kameraan on annettava kohdistusetäisyys (eli etäisyys kuvauskohteeseen).

7.10.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Kuvatila* . Esiin aukeaa alivalikon työkalurivi.
3. Valitse työkalurivillä jokin seuraavista:
 - *MSX* .
 - *Lämpökuva* .
 - *Digitaalikamera* .
4. Jos valitset *MSX-tilan*, määritä myös etäisyys kohteeseen seuraavasti:
 - Valitse työkalurivillä *Kohdistusetäisyys* . Esiin aukeaa valintaikkuna.
 - Määritä valintaikkunassa etäisyys kohteeseen:

7.11 Lämpötila-asteikon tilan vaihtaminen

7.11.1 Yleistä

Kamera voi käyttää kahdenlaista lämpötila-asteikkoa:

- *Autom.*-tila: kamera säätää jatkuvasti kuvan kirkkautta ja kontrastia siten, että kuva on paras mahdollinen.
- *Lukitse*-tila: kamera lukitsee lämpötila-alueen ja -tason.

7.11.2 Lukitse-tilan käyttökohteet

Lukitse-tilaa kannattaa käyttää esimerkiksi silloin, kun etsitään lämpötilapoikkeamia kahdesta malliltaan tai rakenteeltaan samanlaisesta kohteesta.

Esimerkkinä voisi olla tilanne, jossa tarkastelet kahta kaapelia ja epäilet toisen olevan ylikuumentunut. Suuntaa kamera ensin *Autom.*-tilassa kaapeliin, jonka lämpötila on normaali, ja ota sitten *Lukitse*-tila käyttöön. Kun suuntaat kameran *Lukitse*-tilassa oletettavasti ylikuumentuneeseen kaapeliin, se näkyy lämpökuvassa *vaaleampana*, jos sen lämpötila on *korkeampi* kuin ensimmäisen kaapelin.

Jos käytät *Autom.*-tilaa, kaksi kohdetta voivat näkyä samanlaisina, vaikka niiden lämpötila on eri.

7.11.3 Menettelyohje

Voit vaihtaa *Autom.*-tilan ja *Lukitse*-tilan välillä napauttamalla lämpötila-asteikon ylä- tai alarajaa.

Ruudulla näkyy harmaa riippulukkokuvake, kun *Lukitse*-tila on käytössä.

7.12 Emissiivisyyden asettaminen

7.12.1 Yleistä

Lämpötilojen mittaaminen tarkasti edellyttää mittauskohteen pinnan ominaisuuden määrittämistä kameraan. Voit valita pinnan ominaisuudeksi jonkin seuraavista:

- *Matta.*
- *Puolimatta.*
- *Puolikiiltävä.*

Halutessasi voit valita myös muokatun emissiivisyyden arvon.

Lisätietoja emissiivisyydestä on osiossa 15 *Lämpökuvauksen mittausmenetelmät*, sivu 37.

7.12.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Asetukset* . Esiin aukeaa valintaikkuna.
3. Valitse valintaikkunassa *Mittausparametrit*. Esiin aukeaa uusi valintaikkuna.
4. Valitse valintaikkunassa *Emissiivisyys*. Esiin aukeaa uusi valintaikkuna.
5. Valitse valintaikkunassa jokin seuraavista:
 - *Matta.*
 - *Puolimatta.*
 - *Puolikiiltävä.*
 - *Muokattu arvo*. Määritä arvo ruudulle aukeavassa valintaikkunassa.
6. Palaa kuvaustilaan napauttamalla useita kertoja ylem্পää nuolta vasemmalle  tai painamalla Save-näppäintä kerran.

7.13 Heijastuvan näennäislämpötilan muuttaminen

7.13.1 Yleistä

Tämän parametrin avulla kompensoidaan kohteesta heijastuvaa säteilyä. Heijastuvan näennäislämpötilan oikea asetus ja kompensointi on tärkeää, kun emissiivisyys on pieni ja kohteen lämpötila eroaa merkittävästi heijastuvasta lämpötilasta.

Lisätietoja heijastuvasta lämpötilasta on osiossa 15 *Lämpökuvauksen mittausmenetelmät*, sivu 37.

7.13.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Asetukset*  . Esiin aukeaa valintaikkuna.
3. Valitse valintaikkunassa *Measurement parameters*. Esiin aukeaa uusi valintaikkuna.
4. Valitse valintaikkunassa *Heijastuva lämpötila*. Esiin aukeaa uusi valintaikkuna, jossa voit asettaa haluamasi arvon.
5. Palaa kuvaustilaan napauttamalla useita kertoja ylem্পää nuolta vasemmalle  tai painamalla Save-näppäintä kerran.

7.14 Etäisyyden vaihtaminen

7.14.1 Yleistä

Etäisyys on kohteen ja kameran linssin etuosan välinen etäisyys. Tämän parametrin avulla kompensoidaan sitä, että

- kohteen ja kameran välissä oleva ilma absorboi kohteesta tulevaa säteilyä
- kamera havaitsee ilman itsensä aiheuttaman säteilyn.

Lisätietoja on kohdassa 15 *Lämpökuvauksen mittausmenetelmät*, sivu 37.

7.14.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Asetukset*  . Esiin aukeaa valintaikkuna.
3. Valitse valintaikkunassa *Measurement parameters*. Esiin aukeaa uusi valintaikkuna.
4. Valitse valintaikkunassa *Etäisyys*. Esiin aukeaa uusi valintaikkuna, jossa voit asettaa haluamasi arvon.
5. Palaa kuvaustilaan napauttamalla useita kertoja ylem্পää nuolta vasemmalle  tai painamalla Save-näppäintä kerran.

7.15 Kuvan tasapainotuksen suorittaminen

7.15.1 Mikä on kuvan tasapainotus?

Kuvan tasapainotus (non-uniformity correction, NUC) on kameran ohjelmiston suorittama kuvan tasapainotus, joka kompensoi ilmaisinosien ja muiden optisten ja geometrinen häiriöiden erilaisia herkkyyksiä.¹

7.15.2 Milloin kuvan tasapainotus kannattaa suorittaa?

Kuvan tasapainotus kannattaa suorittaa aina, kun kuvasta tulee rakeinen. Kuvasta voi tulla rakeinen, kun ympäristön lämpötila muuttuu (esimerkiksi siirryttäessä sisäkuvauksista ulkokuvauksiin tai toisinpäin).

1. DIN 54190-3 -standardin tulevan kansainvälisen omaksumisen määritelmä (Rikkomaton aineenkoetus – Lämpögraafinen testaus – Osa 3: Käyttöehdot ja määrittäykset).

7.15.3 Menettelyohje

Suorita kuvan tasapainotus painamalla  -kuvaketta pitkään. Ruudulla näkyy teksti *Kalibroidaan....*

7.16 Kameran lampun käyttäminen

7.16.1 Yleistä

Voit käyttää kameran lampppua taskulamppuna tai salamana, kun otat kuvia.

7.16.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Lamppu* .
3. Napauta jotakin seuraavista vaihtoehtoista:
 - *Salama* (kun haluat käyttää lampppua salamavalona).
 - *Käytössä* (kun haluat käyttää lampppua taskulamppuna).
 - *Ei käytössä* (kun haluat sammuttaa lampun).

7.17 Asetusten muuttaminen

7.17.1 Yleistä

Voit muokata monia kameran asetuksia.

Asetukset-valikko sisältää seuraavat kohdat:

- *Mittausparametrit*.
- *Tallennusasetukset*.
- *Laitteen asetukset*

7.17.1.1 Mittausparametrit

- *Emissiivisyys*.
- *Heijastuva lämpötila*.
- *Etäisyys*.

7.17.1.2 Tallennusasetukset

- *Photo as separate JPEG*: Kun valitset tämän valikkokomennon, näkyvän valon kameran digitaalikuva tallennetaan kokonaisuudessaan erilliseksi JPEG-tiedostoksi. Toiminto on ehkä aktivoitava erikseen, jos et käytä FLIR Tools -ohjelmistoa.

7.17.1.3 Laitteen asetukset

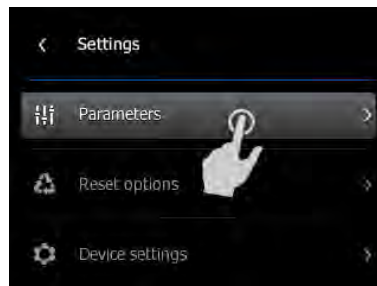
- *Kieli, aika ja yksiköt*:
 - *Kieli*.
 - *Lämpötilayksikkö*.
 - *Etäisyyden yksikkö*.
 - *Päivämäärä ja aika*.
 - *Päiväm. ja ajan muoto*.
- *Asetusten palautus*:
 - *Palauta kamera oletustilaan*.
 - *Palauta laitteen tehdasasetukset*.
 - *Poista kaikki kuvat*.
- *Automaattinen sammutus*.
- *Automaattinen kierto*.
- *Näytön kirkkaus*.

- *Kameran tiedot*: Tämä valikkokomento näyttää kamerasta erilaisia tietoja, kuten mallin, sarjanumeron ja ohjelmistoversion.

7.17.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Avaa päävalikon työkalurivi napauttamalla kameran näyttöä.
2. Valitse *Asetukset* . Esiin aukeaa valintaikkuna.
3. Kosketa valintaikkunassa asetusta, jonka haluat muuttaa.



4. Palaa kuvaustilaan napauttamalla useita kertoja ylempää nuolta vasemmalle  tai painamalla Save-näppäintä kerran.

7.18 Kameran päivittäminen

7.18.1 Yleistä

Päivittämällä kameran saat käyttöösi uusien laiteohjelmistoversioiden parannukset. Kamera päivitetään FLIR Tools -ohjelmistolla.

7.18.2 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Käynnistä FLIR Tools.
2. Käynnistä kamera.
3. Kytke kamera tietokoneeseen USB-kaapelilla.
4. FLIR Tools näyttää tervetuloikkunan tunnistessaan kameran. Valitse ikkunassa *Tarkista päivitykset*.

Voit myös valita FLIR Tools -ohjelman *Ohje*-valikossa *Tarkista päivitykset*.

5. Noudata näyttöön tulevia ohjeita.

8.1 Kuva-alueen verkkolaskuri

Voit tarkastella kaikkien linssi-kamerayhdistelmien kuva-alueetaulukoita napsauttamalla haluamasi kamerasarjan kuvaa osoitteessa <http://support.flir.com>.

8.2 Teknisiä tietoja koskeva huomautus

FLIR Systems pidättää itsellään oikeuden tehdä teknisiä muutoksia ilman ennakkoilmoitusta. Tarkista viimeisimmät muutokset osoitteesta <http://support.flir.com>.

8.3 Huomautus todistusvoimaisesta versiosta

Tämän julkaisun todistusvoimainen versio on englanninkielinen versio. Jos julkaisujen välillä on käännösvirheitä johtuvia eroja, englanninkielinen versio katsotaan oikeaksi.

Mahdolliset muutokset tehdään ensin englanninkieliseen versioon.

8.4 FLIR C2

P/N: T505816

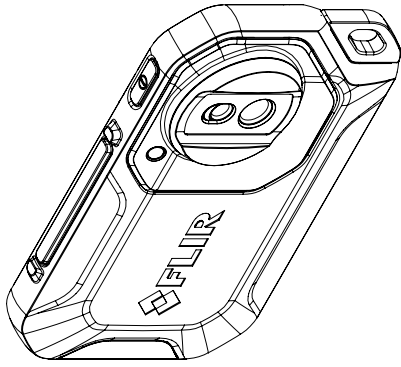
Rev.: 23380

Kuva- ja optiset tiedot	
NETD	100 mK
Kuva-alue	41° × 31°
Pienin mahdollinen tarkennusetäisyys	- Lämpökuva: 0,15 m (0,49') - MSX: 1,0 m (3,3')
Polttoväli	1,54 mm (0,061")
Erotuskyky (IFOV)	11 mrad
F-luku	1,1
Kuvataajuus	9 Hz
Tarkennus	Ei tarkennusta
Ilmaisimen tiedot	
Ilmaisimatriisi (FPA)	Jäähdyttämätön mikrobolometri
Spektrialue	7,5–14 µm
Ilmaisinväli	17 µm
IR-anturin koko	80 × 60
Kuvien näyttäminen	
Näyttö (väri)	3,0 tuumaa 320 × 240 kuvapistettä
Näyttö, kuvasuhde	4:3
Automaattinen kiertö	Kyllä
Kosketusnäyttö	Kyllä, kapasitiivinen
Kuvansäätö (kohdistuksen kalibrointi)	Kyllä
Kuvien tarkastelutilat	
Infrapunakuva	Kyllä
Visuaalinen kuva	Kyllä
MSX	Kyllä
Galleria	Kyllä
Mittaus	
Kohteen lämpötila-alue	–10 °C ... +150 °C (14 ... 302 °F)
Tarkkuus	±2 °C (±3,6 °F) tai 2 % sen mukaan, kumpi on suurempi, nimellislämpötilassa 25 °C (77 °F) .
Mittausten analysointi	
Pistemittari	Käytössä / pois käytöstä
Emissiivisyyskorjaus	Kyllä; matta/puolimatta/puolikiiltävä + muokattava arvo
Mittausten korjaus	- Emissiivisyys - Heijastuva näennäislämpötila

Asetukset	
Väripaletit	• Rauta • Sateenkaari • Sateenkaari – suuri kontrasti • Harmaa
Käyttöasetukset	Mittayksiköiden, kielen sekä päivämäärän ja kellonajan esitystavan valinta
Kielet	Arabia, englanti, espanja, hollanti, italia, japani, kiina (perinteinen), kiina (yksinkertaistettu), korea, kreikka, norja, portugali, puola, ranska, ruotsi, saksa, suomi, tšekki, tanska, turkki, unkari, venäjä.
Lamppu	
Lähtöteho	0,85 W
Kuva-alue	60°
Päivitystoiminnot	
Kameran ohjelmistopäivitys	FLIR Tools -ohjelmiston avulla
Kuvien tallennus	
Tallennusmedia	Sisäiseen muistiin pystyy tallentamaan vähintään 500 kuvasarjaa
Kuvatiedostomuoto	• JPEG-vakiotiedosto • Sisältää 14-bittiset mittaustiedot
Videon suoratoisto	
Ei-radiometrisen infrapunavideon suoratoisto	Kyllä
Visuaalisen videon suoratoisto	Kyllä
Digitaalikamera	
Digitaalikamera	640 × 480 kuvapistettä
Digitaalikamera, tarkennus	Kiinteä tarkennus
Tiedonsiirtoliitännät	
USB, liitintyyppi	USB Micro-B: tiedonsiirto kamerasta PC-tietokoneeseen ja PC-tietokoneesta kameraan
USB, standardi	USB 2.0
Sähköjärjestelmä	
Paristotyyppi	Ladattava litiumpolymeeriakku
Akkujännite	3,7 V
Akun käyttöaika	2 h
Latausjärjestelmä	Akku ladataan kamerassa
Latausaika	1,5 h
Ulkoisen virtalähteen käyttö	• Verkkolaite, tulojännite 90–260 VAC • 5 V:n lähtöjännite kameraan
Virranhallinta	Automaattinen virrankatkaisu
Ympäristötiedot	
Käyttölämpötila	–10 °C ... +50 °C (14 ... 122 °F)
Varastointilämpötila	–40 °C ... +70 °C (–40 ... 158 °F)
Ilmankosteus (käyttö ja varastointi)	IEC 60068-2-30 / 24 h, 95 %:n suhteellinen kosteus +25 °C ... +40 °C (+77 °F ... +104 °F) / 2 jaksoa

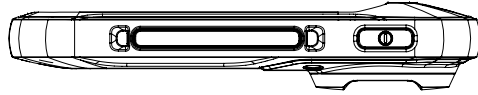
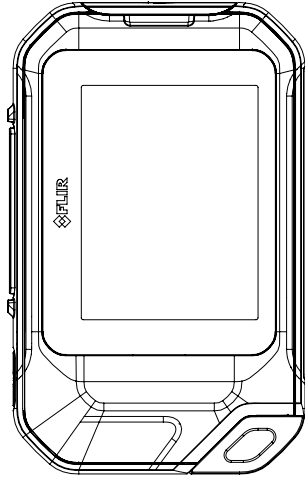
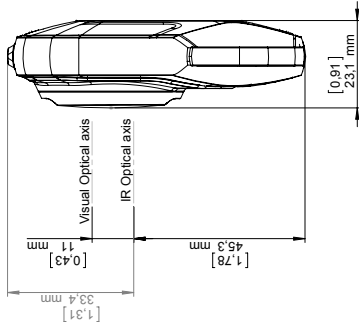
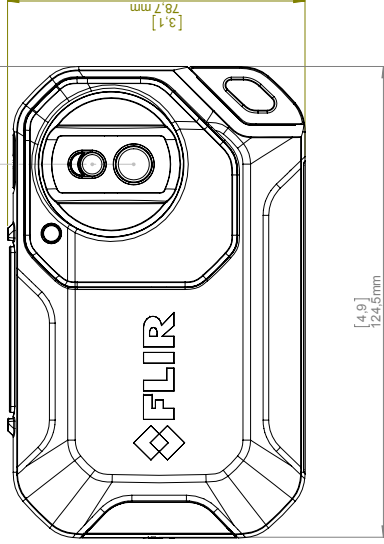
Ympäristötiedot	
Suhteellinen kosteus	95 %:n suhteellinen kosteus +25 °C ... +40 °C (+77 °F ... +104 °F), ei-kondensoituva
EMC	• WEEE 2012/19/EU • RoHS 2011/65/EU • C-Tick • EN 61000-6-3 • EN 61000-6-2 • FCC 47 CFR, osa15, luokka B
Magneettikentät	EN 61000-4-8
Akkustandardi	UL 1642
Kotelointi	Kameran kotelo ja linssi: IP 40 (IEC 60529)
Isku	25 g (IEC 60068-2-27)
Tärinä	2 g (IEC 60068-2-6)
Fyysiset tiedot	
Paino (akku mukaan luettuna)	0,13 kg (0,29 lb)
Koko (p × l × k)	125 × 80 × 24 mm (4,9 × 3,1 × 0,94")
Jalustan kiinnitys	Ei
Kotelon materiaali	• PC ja ABS, osittain päällystetty TPE:llä • Alumiini
Väri	Musta ja harmaa
Toimitustiedot	
Pakkauksen tyyppi	Pahvilaatikko
Pakkauksen sisältö	• Lämpökamera • Hihna • Virtalähde/akkulaturi EU-, UK-, US-, CN- ja AU-pistokkeilla • Painettu aloitusopas • Käyttöoppaat sisältävä USB-muistitikku • USB-kaapeli
Pakkauksen paino	0,53 kg (1,17 lb)
Pakkauksen koko	175 × 115 × 75 mm (6,9 × 4,5 × 3,0")
EAN-13	4743254001961
UPC-12	845188010614
Alkuperämaa	Viro

Camera with build-in IR lens f=1,54mm



Optical axis

[1,02]
25,9 mm





January 13, 2015 AQ320111

CE Declaration of Conformity

This is to certify that the System listed below have been designed and manufactured to meet the requirements, as applicable, of the following EU-Directives and corresponding harmonising standards. The systems consequently meet the requirements for the CE-mark.

Directives:

Directive 2004/108/EC; Electromagnetic Compatibility

Standards:

**Information technology: EN 55022 Radio disturbance characteristics-
(AC:2011)**

**Information technology: EN 55024 Immunity characteristics-
(CISPR 24:2010)**

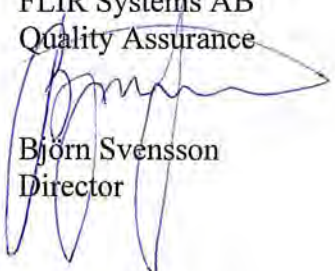
Additional standards:

**Emission: EN 61000-6-3; Electro magnetic Compatibility
Generic standards - Emission**

**Immunity: EN 61000-6-2; Electro magnetic Compatibility;
Generic standards - Immunity**

System: FLIR C2-series

FLIR Systems AB
Quality Assurance


Björn Svensson
Director

11.1 Kameran runko, kaapelit ja oheislaitteet

11.1.1 Nesteet

Käytä jompaakumpaa seuraavista nesteistä:

- Lämmin vesi
- Mieto pesuaineliuos

11.1.2 Laitteisto

Pehmeä liina

11.1.3 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Kostuta liina nesteellä.
2. Kierrä liinaa niin, että liika neste valuu pois.
3. Pyyhi osa liinalla.



HUOMIO

Älä puhdista kameraa, kaapeleita tai oheislaitteita ohentimella tai muilla vastaavilla nesteillä. Ne voivat aiheuttaa vahinkoa.

11.2 Infrapunalinssi

11.2.1 Nesteet

Käytä jompaakumpaa seuraavista nesteistä:

- Kaupallinen linssinpuhdistusneste, jossa on enemmän kuin 30 prosenttia isopropyylialkoholia.
- 96-prosenttinen etyylialkoholi (C_2H_5OH).

11.2.2 Laitteisto

Puuvillavanu

11.2.3 Menettelyohje

Toimi seuraavasti:

1. Kostuta puuvillavanu nesteellä.
2. Kierrä puuvillavanua niin, että liika neste valuu pois.
3. Pyyhi linssi vain kerran ja hävitä puuvillavanu.



VAROITUS

Ennen nesteiden käyttöä lue huolellisesti kaikki aineiden pakkausten varoitukset ja käyttöturvallisuustiedotteet. Nesteet voivat olla vaarallisia.



HUOMIO

- Puhdista infrapunalinssi varovasti. Linssissä on heijastumia vaimentava pinnoite.
- Älä puhdista infrapunalinssiä voimakkaasti hankaamalla. Muutoin heijastumia vaimentava pinnoite voi vahingoittua.

12.1 Kosteus ja vesivahingot

12.1.1 Yleistä

Rakennuksen kosteuden ja vesivahingot voi usein havaita lämpökameran avulla. Tämä johtuu osittain siitä, että vahingoittuneen alueen lämmönjohtokyky ja lämmönvarauskyky ovat erilaisia kuin sitä ympäröivissä materiaaleissa.



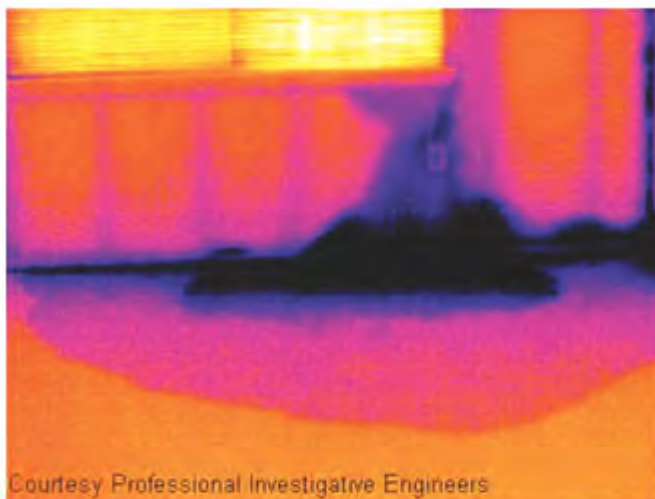
HUOM

Moni asia voi vaikuttaa siihen, miten kosteus tai vesi näkyy lämpökuvassa.

Kosteat tai vettyneet alueet esimerkiksi lämpenevät ja viilenevät eri nopeudella niiden materiaalin ja vuorokaudenajan mukaan. Siksi on tärkeää, että kosteuden ja vesivahinkojen tutkimisessa käytetään myös muita menetelmiä.

12.1.2 Kuva

Alla olevassa kuvassa näkyy laaja vesivahinko ulkoseinässä, jossa vesi on tunkeutunut ulkuvuoraukseen väärin asennetun ikkunapellin takia.



12.2 Viallinen kontakti seinärasiasa

12.2.1 Yleistä

Joissain seinärasiatyypeissä väärin kytketty johdin aiheuttaa paikallista lämpötilan nousua. Tämä lämpötilan nousu johtuu liian pienestä kontaktialueesta johtimen ja seinärasian kontaktipisteen välillä ja voi aiheuttaa sähköpalon.



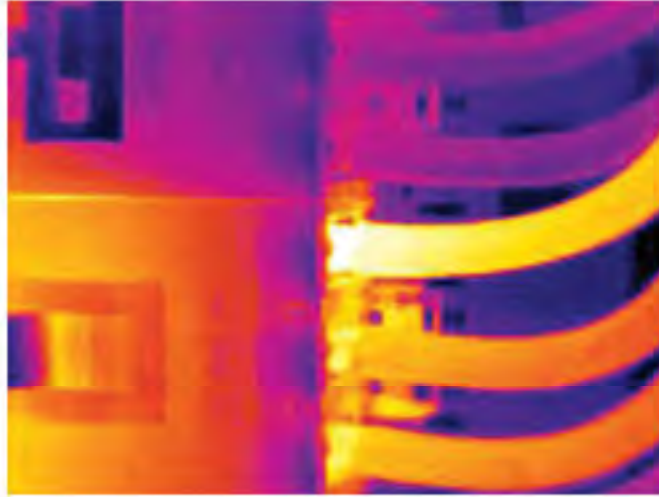
HUOM

Eri valmistajien seinärasiat voivat olla rakenteeltaan hyvin erilaisia. Siksi erilaiset viat seinärasioissa voivat näyttää tyypillisesti samanlaisilta lämpökuvassa.

Paikallinen lämpötilan nousu voi aiheutua myös johtimen ja seinärasian välisestä huonosta kontaktista tai erilaisesta kuormituksesta.

12.2.2 Kuva

Alla olevassa kuvassa näkyy seinärasiaan kytketty johdin, jonka huono kontakti on aiheuttanut paikallista lämpötilan nousua.



12.3 Hapettunut kontaktipinta

12.3.1 Yleistä

Seinärasian tyyppi ja rasian asennusympäristö voivat aiheuttaa sen, että seinärasian kontaktipinnat hapettuvat. Hapettuminen voi seinärasiaa kuormitettaessa lisätä vastusta paikallisesti, ja tämä näkyy lämpökuvassa paikallisena lämpötilan nousuna.



HUOM

Eri valmistajien seinärasiat voivat olla rakenteeltaan hyvin erilaisia. Siksi erilaiset viat seinärasioissa voivat näyttää tyypillisesti samanlaisilta lämpökuvassa.

Paikallinen lämpötilan nousu voi aiheutua myös johtimen ja seinärasian välisestä huonosta kontaktista tai erilaisesta kuormituksesta.

12.3.2 Kuva

Alla olevassa kuvassa näkyy sulakesarja, jossa lämpötila on noussut yhden sulakkeen kontaktipinnan ja sulakepidikkeen välisessä kontaktissa. Sulakepidikkeen kiiltävässä metallipinnassa lämpötilan nousu ei näy, mutta sulakkeen keraamisessa materiaalissa se näkyy.



12.4 Lämpöeristyksen puutteet

12.4.1 Yleistä

Lämpöeristyksen puutteet voivat johtua siitä, että eristeen tilavuus pienenee ajan kuluessa, eikä eriste siten enää täytä seinän eristetilaa kokonaan.

Lämpökameralla nämä eristyksen puutteet voidaan nähdä, koska niiden lämmönjohtavuus poikkeaa oikein asennetusta eristyksestä ja/tai ne ilmaisevat alueet, joissa ilma tunkeutuu rakennuksen runkoon.

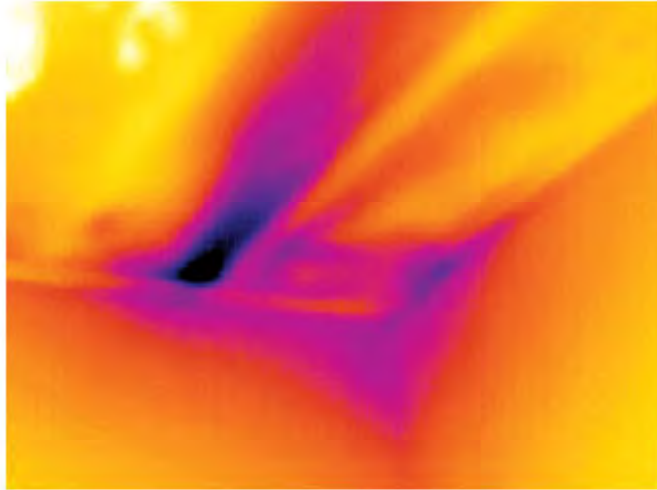


HUOM

Kun rakennusta tutkitaan, sisä- ja ulkoilman lämpötilaeron tulisi olla vähintään 10 °C. Esimerkiksi seinien pystytuet, vesijohdot ja betonipalkit voivat muistuttaa lämpöeristyksen puutteita lämpökuvassa. Pieniä eroja voi olla myös luonnollisista syistä.

12.4.2 Kuva

Alla olevassa kuvassa näkyy puutteellinen kohta katon eristyksessä. Eristeen puutteen vuoksi ulkoilma pääsee kattorakenteeseen, ja siksi kyseinen kohta näkyy ympäristöstään poikkeavana lämpökuvassa.



12.5 Veto

12.5.1 Yleistä

Vetoa voi esiintyä esimerkiksi seinälevyjen alareunoissa, ovi- ja ikkunapuitteiden ympärillä ja sisäkaton reunoissa. Tämän tyyppinen veto on yleensä mahdollista nähdä lämpökameralla, koska viileä ilmvirta viilentää ympäröivää pintaa.

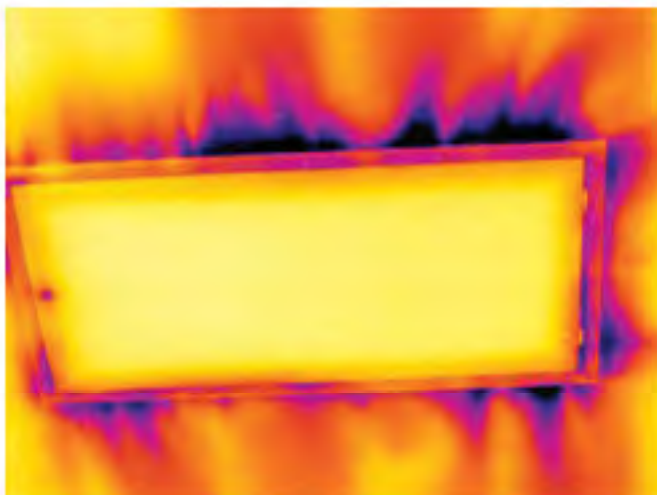


HUOM

Kun rakennuksessa tutkitaan vetoa, rakennuksessa tulisi olla alipaine. Sulje kaikki ovet, ikkunat ja ilmastointikanavat ja käytä liesituuletinta jonkin aikaa ennen lämpökuvien ottamista. Lämpökuvassa näkyy usein virtauskuvio. Tällainen virtauskuviokuva näkyy selvästi seuraavassa kuvassa. Muista myös, että lattialämmityksestä säteilevä lämpö voi peittää vetokohtia.

12.5.2 Kuva

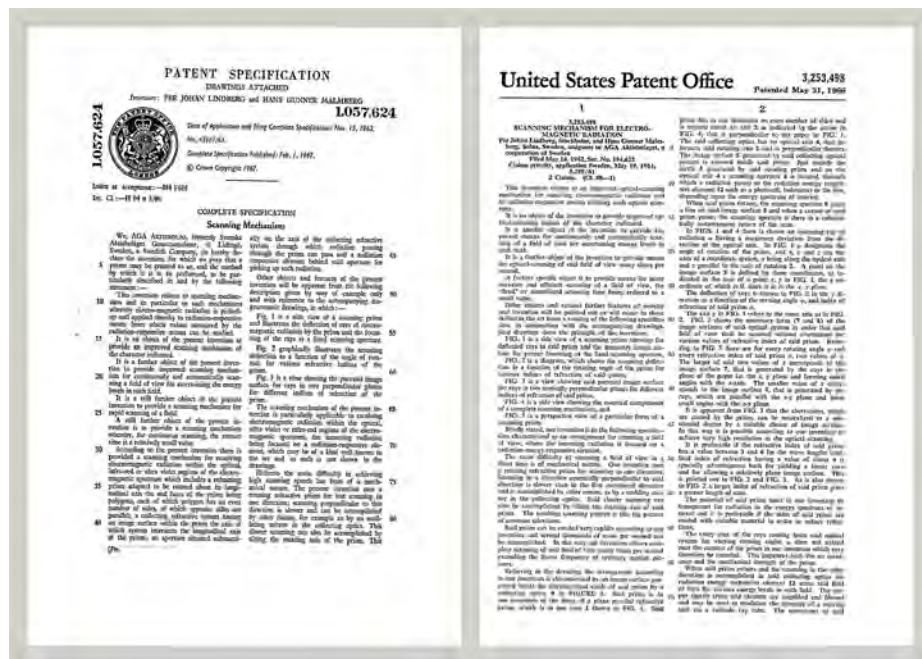
Alla olevassa kuvassa näkyy kattoluukku, jonka kohdalla puutteellinen eristys saa aikaan huomattavaa vetoa.



Vuonna 1978 perustettu FLIR Systems on laadukkaiden lämpökuvasuoritusjärjestelmien edelläkävijä. Se suunnittelee, valmistaa ja markkinoi alansa markkinajohtajana lämpökuvasuoritusjärjestelmiä, jotka on tarkoitettu kaupalliseen käyttöön sekä teollisuus- ja viranomaiskäyttöön. Nykyään FLIR Systems pitää sisällään viisi tärkeää lämpökuvasuorustekniikkayritystä, joiden historia alkaa jo vuodesta 1958. Nämä yritykset ovat ruotsalainen AGEMA Infrared Systems (aiemmin AGA Infrared Systems), kolme yhdysvaltalaisyritystä Indigo Systems, FSI ja Inframetrics sekä ranskalainen yritys Cedip.

Vuodesta 2007 alkaen FLIR Systems on ostanut useita johtavia anturiteknologia-alan yrityksiä:

- Exttech Instruments (2007)
- Ifara Tecnologías (2008)
- Salvador Imaging (2009)
- OmniTech Partners (2009)
- Directed Perception (2009)
- Raymarine (2010)
- ICx Technologies (2010)
- TackTick Marine Digital Instruments (2011)
- Aerius Photonics (2011)
- Lorex Technology (2012)
- Traficon (2012)
- MARSS (2013)
- DigitalOptics, mikro-optiikkayritys (2013)



Kuva 13.1 Patenttiasikirjoja 1960-luvun alusta

Yritys on myynyt koko maailmassa yli 350,000 infrapunakameraa, joita käytetään esimerkiksi ennaltaehkäisevässä huollossa, tuotekehityksessä, rikkomattomassa aineenkoetuksessa, prosessinhajauksessa, konenäössä ja monissa muissa sovelluksissa.

FLIR Systems -yhtiöllä on kolme tehdasta Yhdysvalloissa (Portland, Boston, Santa Barbara) ja yksi Ruotsissa (Tukholma). Vuodesta 2007 alkaen myös Virossa Tallinnassa on ollut tehdas. Belgiassa, Brasiliassa, Hongkongissa, Isossa-Britanniassa, Italiassa, Japanissa, Kiinassa, Koreassa, Ranskassa, Ruotsissa, Saksassa ja Yhdysvalloissa sijaitsevat suoramyyntikonttorit ja maailmanlaajuisen edustaja- ja jälleenmyyntiverkosto tukevat kansainvälistä asiakaskuntaamme.

FLIR Systems on lämpökamerateollisuuden edelläkävijä. Me ennakoimme markkinoiden tarpeita parantamalla olemassa olevia kameroitamme ja kehittämällä uusia jatkuvasti. Yhtiö on luonut tuotemuotoilun ja -kehityksen virstanpylväitä. Se on esimerkiksi esitellyt ensimmäisen akkukäyttöisen kannettavan kamerasovelluksen tutkimustarpeisiin ja ensimmäisen jäädyttämättömän lämpökameran.



Kuva 13.2 VASEMMALLA: Thermovision-malli 661 vuodelta 1969. Kamera painoi noin 25 kg, oskilloskooppi 20 kg ja jalusta 15 kg. Käyttäjä tarvitsi myös 220 V:n vaihtovirtageneraattorin ja 10 litran säiliön nestemäistä tyyppiä. Oskilloskoopin vasemmalla puolella näkyy Polaroid-lisäosa (6 kg). OIKEALLA: FLIR One vuodelta 2014. Paikoilleen liu'utettava lisälaite, joka mahdollistaa iPhone'n lämpökuvausominaisuudet. Paino: 0,90 g.

FLIR Systems valmistaa kamerajärjestelmiensä kaikki tärkeimmät mekaaniset ja elektroniset osat itse. Omat insinöörimme toteuttavat ja valvovat tuotannon kaikkia vaiheita ilmaisinten suunnittelusta ja linssien ja järjestelmäelektroniikan valmistuksesta lopulliseen testaukseen ja kalibrointiin. Näiden lämpökamera-asiantuntijoiden kattava kokemus varmistaa, että kaikki tärkeimmät lämpökameraan asennettavat osat ovat tarkkoja ja luotettavia.

13.1 Enemmän kuin pelkkä lämpökamera

FLIR Systems tietää, että tehtävämme on saavuttaa enemmän kuin vain valmistaa parhaat lämpökamerajärjestelmät. Pyrimme antamaan kaikille lämpökamerajärjestelmiemme käyttäjille mahdollisimman tehokkaan kamera/ohjelmisto-yhdistelmän, jotta he voivat työskennellä mahdollisimman tuottavasti. Kehitämme ennakkoivaan huoltoon, tuotekehitykseen ja prosessinvalvontaan tarkoitettuja räätälöityjä ohjelmistoja itse. Useimmat ohjelmistot ovat saatavissa erikielisinä versioina.

Tuemme kaikkia lämpökameroitamme erilaisilla lisävarusteilla, joilla laitteet voi sovittaa kaikkein vaativimpiinkin infrapunakuvaussovelluksiin.

13.2 Lämpökuvauskoulutus

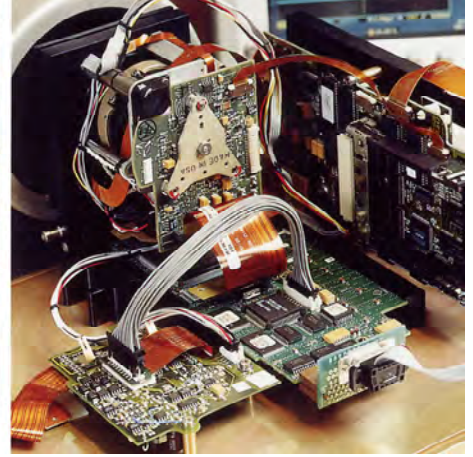
Kameramme on suunniteltu käyttäjäystävällisiksi, mutta lämpökuvauksessa tarvitaan paljon muutakin kuin kamerankäsittelytaitoa. Siksi FLIR Systems on perustanut Infrared Training Centerin (ITC), erillisen liiketoimintayksikön, joka tarjoaa sertifioituja harjoituskursseja. ITC-kurssille osallistuva henkilö saa opetusta käytännönläheisissä tilanteissa.

ITC:n henkilökunta antaa kursseihin osallistuville myös tukea, jota tarvitaan lämpökuvaamisen teorian soveltamisessa käytäntöön.

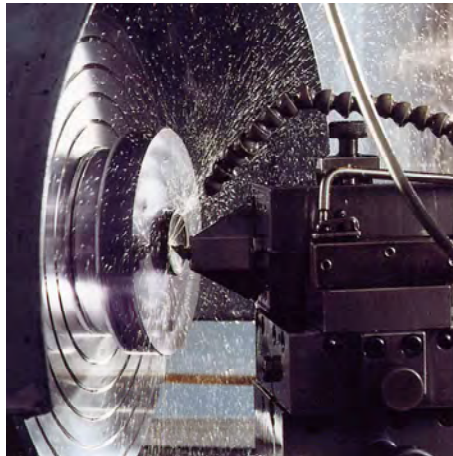
13.3 Asiakkaiden tukeminen

FLIR Systems pyrkii pitämään kaikkien asiakkaidensa kamerat aina käyttökunnossa maailmanlaajuisen huoltoverkostonsa avulla. Jos kamerassasi ilmenee ongelma, paikalliset huoltokeskukset ovat valmiit auttamaan sinua mahdollisimman nopeasti. Sinun ei tarvitse lähettää kameraa kauas eikä puhua huoltohenkilöstön kanssa vierasta kieltä.

13.4 Kuvia tehtaaltamme



Kuva 13.3 VASEMMALLA: Järjestelmäelektroniikan kehitystyötä; OIKEALLA: Matriisi-ilmaisimen testausta



Kuva 13.4 VASEMMALLA: Timanttisorvi; OIKEALLA: Linssien hiontaa

absorptio (absorptiokerroin)	Kohteen vastaanottaman ja absorboiman säteilyn määrän suhde. Numeroarvo välillä 0 ja 1.
arvioitu siirtymä ilmakehässä	Käyttäjän antama ja laskennallisen arvon korvaava siirtymäkerroin.
automaattipalleti	Infrapunakuvan värien näyttö epätasaisesti jakautuneena siten, että kylmät ja kuumat kohteet näkyvät samanaikaisesti.
automaattisäätö	Toiminto, jonka avulla kamera suorittaa sisäisen kuvankorjauksen.
emissiivisyys (emissiivisyyskerroin)	Kappaleesta peräisin olevan säteilyn määrä verrattuna mustan kappaleen säteilyyn. Numeroarvo välillä 0 ja 1.
harmaa kappale	Kohde, jonka säteilyn jakauma on samanlainen kuin mustan kappaleen jakauma, mutta emissio on heikompi.
heijastuma	Kohteen vastaanottaman ja sen heijastaman säteilyn määrän suhde. Numeroarvo välillä 0 ja 1.
IFOV	Instrumentin näkökenttä: lämpökameran geometrisen erottelukyvyn mitta.
ilma	Mittauskohteen ja kameran välinen kaasukerros, tavallisesti ilmaa.
ilmaisimatriisi (FPA)	Ilmaisimatriisi (Focal Plane Array): lämpökameran ilmaisintyyppi.
infrapuna	Silmälle näkymätön säteily, jonka aallonpituus on noin 2–13 µm.
IR	infrapuna
isotermi	Toiminto, joka näyttää määritettyjen lämpötilavälien yli, alle tai väliin jäävät osat kuvassa korostettuna.
isotermien ontelo	Lämpötilaltaan tasainen pullon muotoinen säteilijä, jota katsotaan kaulan lävitse.
jatkuva säätö	Kuvansäätötoiminto. Toiminto on päällä jatkuvasti säätäen kirkkautta ja kontrastia kuvan sisällön mukaan.
johtuminen	Prosessi, jossa lämpö leviää aineeseen.
kaksoisisolotermi	Isotermi, jossa on kaksi värikaistaa yhden sijasta.
kohdesignaali	Kameran kohteesta saamaa säteilyn määrää kuvaava kalibroimaton arvo.
kohina	Lämpökuvassa esiintyvät ei-toivotut pienet häiriöt.
konvektio	Konvektio on lämmönsiirtotila, jossa neste saatetaan liikkeeseen painovoiman tai muun voiman avulla ja siten lämpö siirretään paikasta toiseen.
Kuva-ala	Näkökenttä: lämpökameran objektiivin läpi näkyvä vaakatasoinen sektori.
kuvan korjaus (sisäinen tai ulkoinen)	Tapa korjata kamerassa tapahtuva lämmön muuttumisesta aiheutuva kuvan epätasaisuus.
kuvapiste	Englanninkielinen termi 'pixel' tulee sanoista <i>picture element</i> , kuva-alkio. Kuvan yksittäinen piste.

kylläisyysväri	Nykyisten taso-/mittausalueasetusten ulkopuolella olevia lämpötiloja edustavat alueet näytetään kylläisyysväreillä. Kylläisyysväriin kuuluu ylivuotoväri ja alivuotoväri. On olemassa myös kolmas kylläisyysväri, jolla kaikki ilmaisimen havaitsemat kyläiset alueet näytetään. Tämä merkitsee tavallisesti, että aluetta tulee vaihtaa.
käsisäätö	Tapa säätää kuvaa manuaalisesti tiettyjä parametreja muuttamalla.
Laser LocatIR	Kameran kohdistinvalolähde, joka lähettää kapean ja keskitetyn lasersädekimpun, joka voidaan kohdistaa kameras edessä olevan kohteen tiettyihin osiin.
laserosoitin	Kameran kohdistinvalolähde, joka lähettää kapean ja keskitetyn lasersädekimpun, joka voidaan kohdistaa kameras edessä olevan kohteen tiettyihin osiin.
laskennallinen siirtymä ilmakehässä	Lämpötilan, suhteellisen ilmankosteuden ja kohteen etäisyyden perusteella laskettu siirtymäkerroin.
lähtävä säteily	Kappaleen säteilyenergian määrä ajan, pinta-alan ja aallonpituuden yksikköä kohden ($W/m^2/\mu m$)
lämpökuva	infrapunakuva
lämpötila-alue	Lämpökameran lämpötilan yleinen mittausrajaus. Kameroilla voi olla useita alueita. Ilmaistaan kahden mustan kappaleen lämpötilana, joiden mukaan laite on kalibroitu.
lämpötila-asteikko	Lämpökuvan kulloinkin näyttötapa. Ilmaistaan kahden värejä rajoittavana lämpötila-arvona.
lämpötilaero.	Kahden lämpötilan erotus.
läpinäkyvä isotermin	Isotermin, jonka värit ovat jakautuneet tasaisesti sen sijaan, että ne korostaisivat kuvan määrättyjä osia.
mittausalue	Lämpötila-asteikon väli, joka ilmaistaan tavallisesti signaalin arvona.
mittauslämpötila-alue (range)	Lämpökameran lämpötilan yleinen mittausrajaus. Kameroilla voi olla useita alueita. Ilmaistaan kahden mustan kappaleen lämpötilana, joiden mukaan laite on kalibroitu.
mittausparametrit	Mittausolosuhteita ja tutkittavaa kohdetta kuvaava arvosarja (mm. emissiivisyys, heijastuva näennäislämpötila ja etäisyys)
musta kappale	Täysin heijastamaton kappale. Kaikki mustasta kappaleesta peräisin oleva säteily johtuu kappaleen omasta lämpötilasta.
musta säteilijä	Lämpökameroiden kalibrointiin käytettävä infrapunataajuudella säteilevä laite, joka on ominaisuuksiltaan musta kappale.
NETD	Kohinaekvivalentti lämpötilaero (noise equivalent temperature difference). Lämpökameran kuvan kohinatason mitta.
näkyvä	Viittaa lämpökameran videotilaan kameras normaalin, lämpökuvaustilan vastakohtana. Kameras ollessa videotilassa sillä voidaan ottaa tavallisia videokuvia, kun taas lämpökuvia voidaan ottaa kameras ollessa lämpökuvaustilassa.
ontelosäteilijä	Sisäpinnaltaan absorboiva pullon muotoinen säteilijä, jota katsotaan kaulan lävitse.
paletti	Värit, joilla lämpökuva näytetään.
siirtymäkerroin (läpäisykerroin)	Kaasut ja materiaalit läpäisevät säteilyä eri tavoin. Läpäisykerroin on niiden läpi kulkevan lämpösäteilyn määrä. Numeroarvo välillä 0 ja 1.

suhteellinen kosteus	Suhteellisella kosteudella tarkoitetaan ilmassa todellisuudessa olevan ja kylläisissä olosuhteissa enimmillään mahdollisen vesihöyryn määrän välistä suhdetta.
suodin	Vain tiettyjä infrapunaisia aallonpituuksia läpäisevä materiaali.
säteilijä	Lämpökuvauslaitteiston säteilytysosa.
säteily	Prosessi, jossa kohde tai kaasu emittoi sähkömagneettista energiaa.
säteilyn kirkkaus	Kappaleen säteilevän energian määrä aika-, pinta-alayksikköä ja kulmaa kohden ($\text{W}/\text{m}^2/\text{sr}$)
säteilyteho	Kappaleen säteilyenergian määrä aika- ja pinta-alayksikköä kohden (W/m^2)
säteilyteho taso	Kappaleen säteilyenergian määrä aikayksikköä kohden (W)
ulkoinen optiikka	Lämpötila-asteikon keskimäinen arvo, joka ilmaistaan tavallisesti signaalin arvona.
vertailulämpötila	Esim. lisäobjektiivit, suodattimet tai lämpökilvet, jotka voidaan sijoittaa kameran ja mittauskohteen väliin.
väriämpötila	Lämpötila, johon tavallisia mittausarvoja voidaan verrata.
ympäristö	Lämpötila, jossa mustan kappaleen väri vastaa määrättyä väriä.
	Mittauskohteeseen säteilyä emittoivat kohteet ja kaasut.

15.1 Johdanto

Lämpökamera mittaa ja kuvaa kohteen lähettämää infrapunasäteilyä. Kamera pystyy laskemaan ja näyttämään kohteen lämpötilan, koska sen vastaanottaman säteilyn määrä riippuu kohteen pintalämpötilasta.

Kameran mittaamaan säteilyn määrään ei kuitenkaan vaikuta yksin kohteen lämpötila, vaan myös sen säteilykyky eli emissiivisyys. Osa kohteen heijastamasta säteilystä on niin ikään peräisin ympäristöstä. Itse kohteesta peräisin olevan ja siitä heijastuneen säteilyn määrään vaikuttaa myös ilman absorptio.

Lämpötilan tarkka mittaaminen edellyttääkin useista eri lähteistä peräisin olevan säteilyn vaikutusten kompensointia. Kamera tekee tämän automaattisesti online. Seuraavat parametrit on kuitenkin annettava:

- kohteen emissiivisyys
- heijastuva näennäislämpötila
- kohteen ja kameran välinen etäisyys
- suhteellinen kosteus.
- ilman lämpötila.

15.2 Emissiivisyys

Tärkein korjausparametri on emissiivisyys, eli se, miten paljon säteilyä kohde lähettää verrattuna samanlämpöisen täydellisen mustan kappaleen lähettämään säteilyyn.

Tavallisesti kohteiden materiaalin ja käytettyjen pinnoitteiden emissiivisyys vaihtelee välillä 0,1–0,95. Erittäin kiiltävien (peili)pintojen säteilykyky on alle 0,1, kun taas hapettuneiden tai maalattujen pintojen emissiivisyys on korkeampi. Öljymaalien emissiivisyys infrapuna-alueella on yli 0,9 eikä vaihtelee näkyvän spektrin mukaan. Ihmisiin emissiivisyys on välillä 0,97–0,98.

Toista ääripäätä edustavat hapettumattomat metallipinnat, jotka ovat miltei läpinäkyvättömiä heijastaen valoa tehokkaasti sen aallonpituudesta riippumatta. Tämä tarkoittaa, että metallien emissiivisyys on alhainen ja lisääntyy vain lämpötilan noustessa. Epämetallien emissiivisyys on tavallisesti korkea ja laskee lämpötilan noustessa.

15.2.1 Näytteen emissiivisyyden määrittäminen

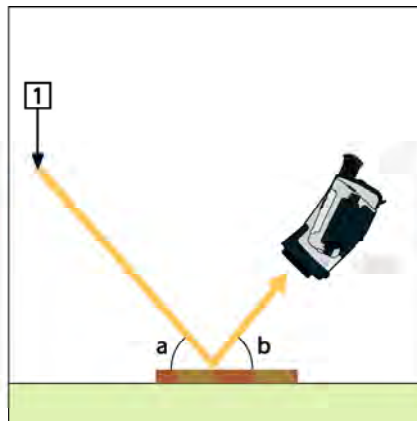
15.2.1.1 Vaihe 1: Heijastuvan näennäislämpötilan määrittäminen

Määritä heijastuva näennäislämpötila jommallakummalla seuraavista menetelmistä:

15.2.1.1.1 Menetelmä 1: Suora menetelmä

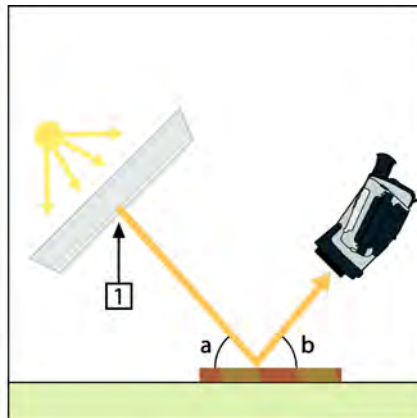
Toimi seuraavasti:

1. Paikallista mahdolliset heijastuslähteet ottaen huomioon, että tulokulma = heijastuskulma ($a = b$).



Kuva 15.1 1 = Heijastuslähde

2. Jos heijastuslähde on pistelähde, muuta lähdettä peittämällä se pahvinpalalla.

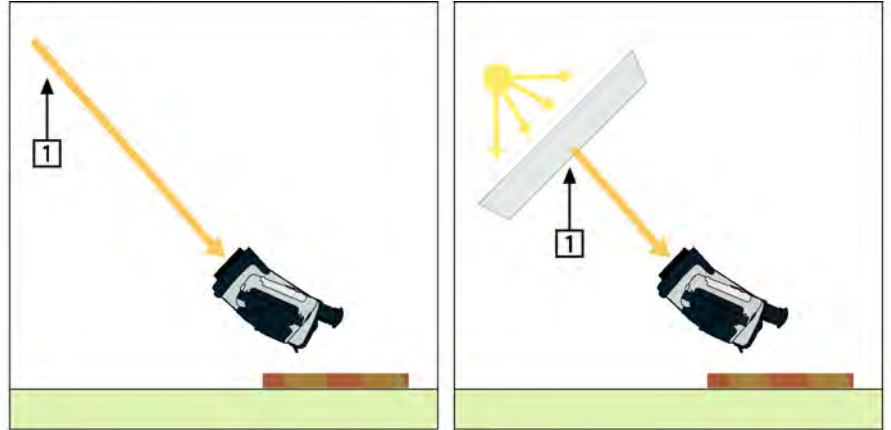


Kuva 15.2 1 = Heijastuslähde

3. Mittaa heijastuslähteen suuntasäteilyvoimakkuus (= näennäislämpötila) käyttämällä seuraavia asetuksia:

- Emissiivisyys: 1.0
- D_{obj} : 0

Voit mitata suuntasäteilyvoimakkuuden jommallakummalla seuraavista menetelmistä:



Kuva 15.3 1 = Heijastuslähde



HUOM

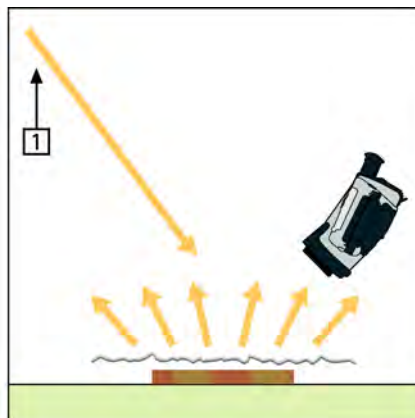
Heijastuvan näennäislämpötilan mittaaminen termoelementin avulla ei ole suositeltavaa. Tähän on kaksi tärkeää syytä:

- Termoelementti ei mittaa suuntasäteilyvoimakkuutta.
- Termoelementti vaatii pintaan erittäin hyvän lämpökontaktin, joka saadaan yleensä liimaamalla ja peittämällä anturi lämpöeristeellä.

15.2.1.1.2 Menetelmä 2: Heijastusmenetelmä

Toimi seuraavasti:

1. Rypistä suuri pala alumiinifoliota.
2. Suorista alumiinifolio ja kiinnitä se samankokoiseen pahvinpalaan.
3. Aseta tämä pahvinpala mitattavan kohteen eteen. Varmista, että alumiinifoliolla päällystetty puoli on kameraa kohti.
4. Aseta emissiivisyysarvoksi 1,0.
5. Mittaa alumiinifolion näennäislämpötila ja kirjoita se muistiin.



Kuva 15.4 Alumiinifolion näennäislämpötilan mittaaminen.

15.2.1.2 Vaihe 2: Emissiivisyyden määrittäminen

Toimi seuraavasti:

1. Valitse näytteen sijoituspaikka.
2. Määritä ja aseta näennäislämpötila edellä kuvatulla tavalla.
3. Aseta näytteen päälle sähköteippiä, jonka emissiivisyys on tunnetusti suuri.
4. Lämmitä näyte lämpötilaan, joka on vähintään 20 K korkeampi kuin huoneenlämpötila. Lämmityksen on oltava tasaista.
5. Tarkenna kamera, määritä asetukset automaattisäädöllä ja pysäytä kuva.
6. Määritä kuvan kirkkaus ja kontrasti *Taso-* ja *Mittausalue*-asetuksilla.
7. Aseta emissiivisyys teipin mukaiseksi (tavallisesti 0,97).
8. Mittaa teipin lämpötila jollakin seuraavista mittaustoiminnoista:
 - *Isotermi* (auttaa määrittämään lämpötilan sekä sen, miten tasaisesti näytettä on lämmitetty)
 - *Piste* (yksinkertaisempi)
 - *Neliö K.arvo* (hyvä, jos pinnan emissiivisyys vaihtelee).
9. Kirjoita lämpötila muistiin.
10. Siirrä mittaustoiminto näytteen pintaan.
11. Muuta emissiivisyysasetusta, kunnes lämpötilalukema on sama kuin edellisessä mittauksessa.
12. Kirjoita emissiivisyys muistiin.



HUOM

- Vältä pakotettua konvektiota.
- Suorita mittaukset lämpötilaltaan vakaassa ympäristössä, jossa ei synny pisteheijastuksia.
- Käytä laadukasta teippiä, joka ei ole läpinäkyvää ja jonka suuresta emissiivisyydestä olet varma.
- Tässä menetelmässä on oletuksena, että teipin ja näytteen pinnan lämpötilat ovat samat. Jos ne eivät ole, emissiivisyydsmittauksen tulokset ovat vääriä.

15.3 Heijastuva näennäislämpötila

Tämän parametrin avulla kompensoidaan kohteesta heijastuvaa säteilyä. Ympäristön lämpötilan oikea asetus ja kompensointi on tärkeää, kun emissiivisyys on pieni ja kohteen lämpötila suhteellisen kaukana heijastuvasta lämpötilasta.

15.4 Etäisyys

Etäisyys on kohteen ja kameran linssin etuosan välinen etäisyys. Tämän parametrin avulla kompensoidaan sitä, että

- kohteen ja kameran välissä oleva ilma absorboi kohteesta tulevaa säteilyä
- kamera havaitsee ilman itsensä aiheuttaman säteilyn.

15.5 Suhteellinen ilmankosteus

Kamera voi myös kompensoida sitä, että myös ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa läpäisysuhteeseen. Suorita kompensointi antamalla suhteellista kosteutta vastaava arvo. Lyhyillä etäisyyksillä ja normaaleissa kosteusolosuhteissa ei suhteellisen kosteuden 50 %:n oletusarvoa tarvitse muuttaa.

15.6 Muut parametrit

Lisäksi FLIR Systems -yhtiön eräät kamerat ja analysointiohjelmat antavat mahdollisuuden kompensoida seuraavat parametrit:

- Ilman lämpötila – *eli* kameran ja kohteen välisen kaasukerroksen lämpötila
- Ulkoisen optiikan lämpötila – *eli* ulkoisten linssien tai kameran edessä olevien infrapunaikkunoiden lämpötila
- Ulkoisen optiikan siirtymäkerroin – *eli* ulkoisten linssien tai kameran edessä olevien ikkunoiden siirtymäkerroin

Ennen vuotta 1800 ei sähkömagneettisen spektrin infrapunaisen kaistan olemassaoloa osattu edes ajatella. Infrapunaspektrin, tai vain 'infrapunaisen', kuten sitä tavallisesti kutsutaan, alkuperäinen merkitys lämpösäteilynä on nykyään ehkä vähemmän ilmeistä kuin Herschelin törmätessä ilmiöön vuonna 1800.



Kuva 16.1 Sir William Herschel (1738–1822)

Infrapunainen löytyi vahingossa etsittäessä uutta optista ainetta. Sir William Herschel – kuningas Yrjö III:n tähtitieteilijä ja jo kuuluisa löydettyään planeetta Uranuksen - etsi optista suodatinmateriaalia, jonka avulla auringon teleskooppikuvan kirkkautta olisi voitu vähentää auringon havainnoinnin aikana. Tehdessään kokeita eri värisillä kirkkautta himmentävillä lasilla hän kiinnostui huomattavasti, että jotkin lasit läpäisivät auringon lämpöä vain vähän, kun taas toiset läpäisivät sitä siinä määrin, että silmät oli suojattava vain muutaman sekunnin tarkkailun ajaksi.

Herschel vakuuttui pian siitä, että tarvittiin systemaattinen koe, jonka tavoitteena oli löytää aine, joka samanaikaisesti himmentäisi kuvaa halutulla tavalla ja vähentäisi lämpöä. Hän aloitti toistamalla Newtonin prismakokeen, mutta kiinnitti huomiota spektrin näkyvän alueen voimakkuuksien jakautumisen sijaan sen lämpövaikutukseen. Aluksi hän mustasi herkän elohopealämpömittarin säiliöosan musteella ja hän ryhtyi tätä säteilynilmaisimeen käyttämällä tutkimaan auringosta pöydän pinnalle lasiprisman kautta heijastuvien spektrin eri värien lämpövaikutusta. Vertailutarkoituksiin hänellä oli muita lämpömittareita, jotka oli suojattu auringon valolta.

Kun mustattua lämpömittaria siirrettiin hitaasti spektrin väristä toiseen, lukemat osoittivat lämpötilan nousevan tasaisesti siirryttäessä spektrin violetista päästä punaiseen päin. Tämä ei sinänsä ollut täysin odottamatonta, sillä italialainen tutkija Landriani oli havainnut pitkälti saman ilmiön vuonna 1777 suorittamassaan kokeessa. Herschel oli kuitenkin ensimmäinen, joka ymmärsi, että lämpövaikutuksella oli pakko olla huippu, joka ei näyttänyt sijaitsevan näkyvän valon alueella.



Kuva 16.2 Marsilio Landriani (1746–1815)

Siirtäessään lämpömittarin spektrin punaisen pään ulkopuolella olevalle pimeälle alueelle Herschel totesi, että lämpövaikutus jatkoi voimistumistaan. Huippukohta, kun se löytyi, sijaitsi selvästi punaisen valon ulkopuolella alueella, jota nykyään kutsutaan 'infrapuna-aallonpituuksiksi'.

Kun Herschel julkisti löytönsä, hän kutsui tätä uutta sähkömagneettista spektrin aluetta 'termometriseksi spektriksi'. Itse säteilyä hän kutsui 'pimeäksi lämmöksi', tai vain 'näky-mättömiksi säteiksi'. Ironista kyllä, ja vastoin yleistä käsitystä, Herschel ei keksinyt termiä

'infrapunainen'. Kyseinen sana alkoi esiintyä teksteissä noin 75 vuotta myöhemmin ja edelleen on epäselvää, kenelle kunnia sanan keksimisestä kuuluu.

Se, että Herschel käytti alkuperäiskokeessaan prismana lasia, sai aikaan aikalaisten piirissä aikaan keskustelua siitä, oliko infrapunaisia aallonpituuksia todellisuudessa lainkaan olemassa. Yrittäessään vahvistaa Herschelin löytöä eri tutkijat käyttivät umpimähkäisesti useita erilaisia lasityyppejä, jotka läpäisivät infrapunaisia aallonpituuksia eri tavoin. Myöhempien kokeidensa ansiosta Herschel tuli huomaamaan, että lasi läpäisi vasta keksittyä lämpösäteilyä vain osittain ja hänen olikin todettava, että infrapunaisen tutkimuksessa voitiin todennäköisesti käyttää ainoastaan heijastavaa optiikkaa, ts. tasaisia ja kaarevia peilejä. Onneksi tämä piti paikkansa ainoastaan vuoteen 1830 asti, jolloin italialainen tutkija Melloni teki sen merkittävän havainnon, että luonnossa esiintyvä vuorisuolo (NaCl) – jota oli saatavana suurina, linssien ja prismojen valmistukseen sopivina luonnonkiteinä – läpäisi infrapunasäteilyä erinomaisesti. Tämän seurauksena vuorisuolasta tuli infrapunasäteilyn tutkimuksessa ensiarvoisen tärkeä optinen materiaali, mikä tilanne säilyi muuttumattomana seuraavan 100 vuoden ajan aina 1930-luvulle, jolloin kiteitä opittiin valmistamaan keinotekoisesti.



Kuva 16.3 Macedonio Melloni (1798–1854)

Lämpömittarit säilyttivät asemansa säteilynilmaisimina vuoteen 1829, jolloin Nobili keksi lämpöparin. (Herschelin käyttämän lämpömittarin tarkkuus oli $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,036\text{ }^{\circ}\text{F}$), ja myöhempien mallien tarkkuus parani $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$:een ($0,09\text{ }^{\circ}\text{F}$)). Sitten tapahtui läpimurto. Melloni liitti useita lämpöpareja sarjaksi muodostaen ensimmäisen infrapunälämpömittarin (thermopile). Uusi laite mittasi lämpösäteilyä vähintään 40 kertaa herkemmin kuin oman aikansa parhaat lämpömittarit, sillä se pystyi havaitsemaan henkilöstä lähtöisin olevan lämmön kolmen metrin etäisyydeltä.

Ensimmäinen nk. 'lämpökuva' tuli mahdolliseksi vuonna 1840 Sir John Herschelin, infrapunaisen keksijän pojan ja itse ansioituneen astronomin työn tuloksena. Kuva perustui siihen, että ohuesta öljykerroksesta haihtuu öljyä sen mukaan, missä määrin sen eri kohtiin kohdistuu lämpöä. Lämpökuva näkyi öljykalvosta heijastuvassa valossa interferenssi-ilmiöiden taittaessa sitä eri tavoin. Sir John onnistui tuottamaan alkeellisen kuvan myös paperille, mitä kuvaa hän sitten kutsui 'lämpökuvaksi'.



Kuva 16.4 Samuel P. Langley (1834–1906)

Infrapunailmaisimien herkkyys parani hitaasti. Toinen merkittävä läpimurto tapahtui, kun Langley keksi bolometrin vuonna 1880. Kyseessä oli ohut mustattu platinaliuska, joka oli kytketty Wheatstonen sillan toiseen varteeseen. Herkkä galvanometri reagoi, kun tähän piiriin kohdistettiin infrapunasäteilyä. Laitteen sanottiin havaitsevan lehmän lämmön 400 metrin etäisyydeltä.

Englantilainen tiedemies Sir James Dewar alkoi ensimmäisenä käyttää nestemäisiä kaasuja (mm. nestemäinen typpi, jonka lämpötila on -196°C ($-320,8^{\circ}\text{F}$)) alhaisten lämpötilojen tutkimuksessa tarvittavina jäädyttiminä. Vuonna 1892 hän keksi ainutlaatuisen tyhjiöeristeisen säiliön, jossa nesteytettyjä kaasuja saattoi säilyttää kokonaisia vuorokausia. Tavallinen 'termospullo', jota käytetään kuumien ja kylmien juomien säilyttämiseen, perustuu tähän keksintöön.

Vuosien 1900 ja 1920 välillä maailman keksijät sitten 'löysivät' infrapunaisen. Useita patenteja myönnettiin laitteille, jotka oli suunniteltu henkilöiden, tykistön, lentokoneiden, laivojen ja jopa jäävuorten havaitsemiseen. Ensimmäiset toimivat järjestelmät sanan nykyisessä merkityksessä alkoivat kehittyä vuosien 1914–18 sodan aikana, kun sodan osapuolet käynnistivät infrapunasäteilyn sotilaalliseen hyväksikäyttöön tähtääviä tutkimusohjelmia. Kyseisiin ohjelmiin kuului mm. kokeellisia järjestelmiä vihollisen maahan tunkeutumisen ja/tai miehistön havaitsemiseen, lämpötilan kaukomittausta, viestiliikenteen turvaamista ja 'lentävien torpedojen' ohjausjärjestelmiä. Tänä aikana kehitetty infrapunasäteilyyn perustuva hakujärjestelmä pystyi havaitsemaan lähestyvän lentokoneen 1,5 kilometrin päästä tai henkilön yli 300 metrin etäisyydeltä.

Herkimmät järjestelmät olivat tähän saakka perustuneet bolometrin toimintaperiaatteen eri muunnelmiin, mutta sotien välisenä kautena kehitettiin kaksi käänteentekevää uutta infrapunailmaisinta: kuvanmuunnin ja fotoni-ilmaisin. Aluksi kuvanmuunnin sai enemmän huomiota sotilaspiireissä, koska sen avulla tarkkailijat saattoivat ensimmäistä kertaa historiassa kirjaimellisesti 'nähdä pimeässä'. Kuvanmuuntimen herkkyys oli kuitenkin rajoittunut lähi-infrapunasille aallonpituuksille ja kaikkein kiinnostavimmat sotilaalliset kohteet (eli vihollisen sotilaat) oli valaistava infrapunaisin valonheittimin. Koska tähän liittyi se vaara, että vastaavilla laitteilla varustettu vihollisen tarkkailija saattoi nähdä oman puolen tarkkailijan sijainnin, sotilaallinen kiinnostus kuvanmuuntajaa kohtaan lopulta hiipui.

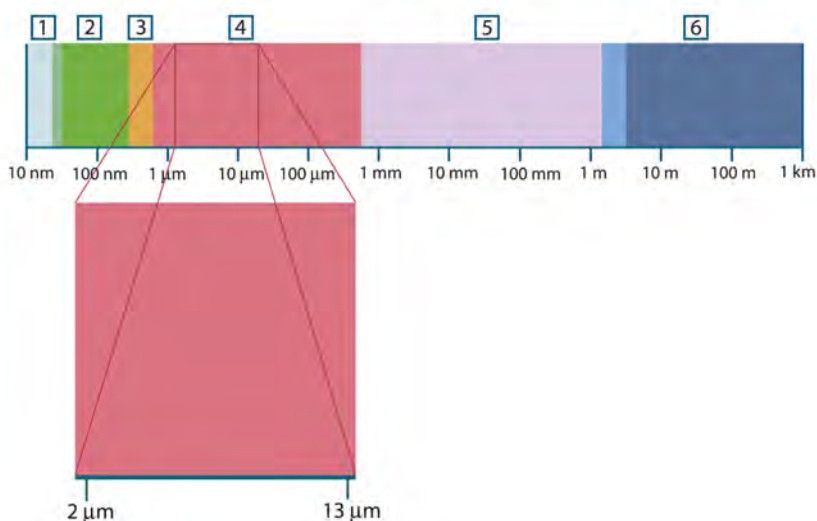
Niin kutsuttujen 'aktiivisten' (eli valonheittimiin perustuvien) lämpökuvausmenetelmien sotilaallisesta kannalta katsottuna taktiset haitat antoivat pontta vuosien 1939-45 sodan jälkeen käynnistetyille mittaville ja salaisille sotilaallisille infrapunasäteilyn tutkimusohjelmille. Nämä keskittyivät 'passiivisiin' (ei valonheittimiä) järjestelmiin, jotka taas perustuvat äärimmäisen herkän fotoni-ilmaisimen käyttöön. Tänä aikana sotilassalaisuuksia koskevat säädökset estivät kokonaan lämpökuvaustekniikan edistymistä koskevan tiedottamisen. Salailu alkoi väistyä vasta 1950-luvun puolivälissä, josta lähtien vastaavia lämpökuvauslaitteita alkoi viimein tulla saataville siviilitutkimuksen ja -teollisuuden käyttöön.

17.1 Johdanto

Infrapunasäteily ja siihen liittyvä lämpökuvauksen tekniikka ovat monille infrapunakameran käyttäjille aiheina uusia. Tässä osassa tutustutaan lämpökuvauksen teoriaan.

17.2 Sähkömagneettinen spektri

Sähkömagneettinen spektri jaetaan mielivaltaisesti aallonpituusalueisiin, joita kutsutaan *kaistoiksi* ja jotka erotetaan niiden tapojen perusteella, joilla kyseistä säteilyä voidaan tuottaa ja havaita. Sähkömagneettisen spektrin eri kaistojen säteily on periaatteessa samanlaista. Niitä koskevat samat lait ja niitä erottaa ainoastaan aallonpituus.



Kuva 17.1 Sähkömagneettinen spektri. 1: Röntgensäteily; 2: Ultraviolettisäteily; 3: Näkyvä valo; 4: Infrapunasäteily; 5: Mikroaallot; 6: Radioaallot.

Lämpökuvauksessa hyödynnetään spektrin infrapunaista kaistaa. Lyhytaaltojen puoleisessa päässä infrapunaisen alue rajoittuu tummanpunaiseen, joka on silmin nähtävissä. Pitkien aaltojen puolella infrapunakaista yhtyy mikroaallojen radiotaajuuksiin, jotka ovat millimetrialueella.

Infrapunakaista jaetaan edelleen neljään kapeampaan kaistaan, joiden rajat on valittu mielivaltaisesti. Nämä ovat: *lähi-infrapunakaista* (0,75–3 µm), *keski-infrapunakaista* (3–6 µm), *pitkäaaltokaista* (6–15 µm) ja *ääri-infrapunakaista* (15–100 µm). Siitä huolimatta, että aallonpituudet ilmoitetaan mikrometreinä (µm), muut mittayksiköt ovat edelleen käytössä tämän spektrin alueen aallonpituuksien mittaamisessa, *mm*, nanometri (nm) ja Ångström (Å).

Eri aaltoalueiden mittaukset ovat yhteydessä toisiinsa seuraavasti:

$$10\,000\text{ Å} = 1\,000\text{ nm} = 1\text{ µ} = 1\text{ µm}$$

17.3 Mustan kappaleen lähettämä säteily

Musta kappale määritellään kohteeksi, joka absorboi kaiken itseensä kohdistuvan säteilyn millä tahansa aallonpituudella. Nimitys *musta* säteilevän kappaleen yhteydessä on ilmeisen harhaanjohtava ja saa selityksensä Kirchhoffin laissa (*Gustav Robert Kirchhoff*, 1824–1887), jonka mukaan kappale, joka pystyy absorboimaan kaiken säteilyn millä tahansa aallonpituudella pystyy myös lähettämään säteilyä.



Kuva 17.2 Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887)

Säteilylähteenä toimivan mustan kappaleen rakentaminen on periaatteessa hyvin yksinkertaista. Läpinäkymättömästä absorboivasta materiaalista valmistetun isothermisen ontelon aukko on säteilyominaisuuksiltaan miltei täydellinen musta kappale. Kaiken säteilyn itseensä imevän kappaleen rakentamisen käytännön yksi sovellus on valotiivis laatikko, jonka yhdellä sivulla on aukko. Kaikki aukosta laatikon sisään tuleva säteily siroaa ja absorboituu toistuvasti heijastuessaan siten, että vain äärimmäisen pieni osa siitä voi päästä ulos. Näin saavutettava aukon mustuus (säteilemättömyys) on lähes mustan kappaleen luokkaa ja miltei täydellinen kaikilla aallonpituuksilla.

Jos kyseisen kaltaiseen isothermiseen onteloon asennetaan sopiva säteilijä, muodostuu *ontelosäteilijäksi* kutsuttu kohde. Tasaiseen lämpötilaan lämmitetty isotherminen ontelo muodostaa säteilylähteenä mustan kappaleen, jonka ominaisuudet määräytyvät yksinomaan ontelon lämpötilan perusteella. Kyseisen kaltaisia ontelosäteilijöitä käytetään usein mm. laboratorioissa säteilylähteinä termografisten mittalaitteiden kalibroinnissa tarvittavina lämpötilan vertailupisteinä. Näin myös FLIR Systems -yhtiön kameroissa.

Mikäli mustan kappaleen lähettämän säteilyn lämpötila ylittää 525 °C, lähde alkaa muuttua näkyväksi siten, että se paljaalla silmällä tarkasteltuna lakkaa olemasta musta. Säteilijä muuttuu ensin punahehkuseksi, sitten väri lämpötilan edelleen noustessa muuttuu oranssin kautta keltaiseksi. Kappaleen niin kutsutun *väriämpötilan* määritelmä on se lämpötila, johon musta kappale tulee lämmittää, jotta saavutetaan sama näkyvä aallonpituus.

Kolme lauseketta, jotka kuvaavat mustan kappaleen lähettämää säteilyä.

17.3.1 Planckin laki



Kuva 17.3 Max Planck (1858–1947)

Max Planck (1858–1947) kuvasi mustasta kappaleesta peräisin olevan säteilyn aallonpituuksien jakautumisen seuraavan kaavan avulla:

$$W_{\lambda} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right)} \times 10^{-6} [\text{Watt} / \text{m}^2, \mu\text{m}]$$

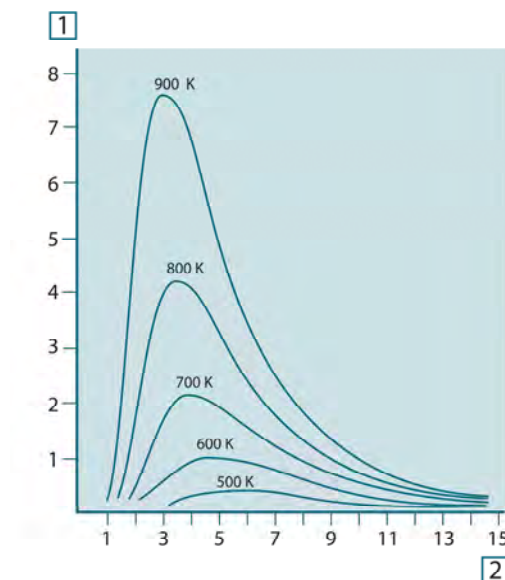
jossa:

$W_{\lambda b}$	Mustan kappaleen säteilyteho aallonpituudella λ .
c	Valon nopeus $= 3 \times 10^8$ m/s
h	Planckin vakio $= 6,6 \times 10^{-34}$ Js.
k	Boltzmannin vakio $= 1,4 \times 10^{-23}$ Joule/K.
T	Mustan kappaleen absoluuttinen lämpötila (K).
λ	Aallonpituus (μm).

**HUOM**

Käytetään kerrointa 10^{-6} , koska käyrien kuvaama lähtevä säteily on ilmoitettu muodossa W/m^2 , μm .

Planckin kaavaa käyttäen eri lämpötilojen pohjalta muodostetut graafiset kuvaajat muodostavat joukon käyriä. Kunkin Planckin käyrän säteilyteho on nolla, kun $\lambda = 0$, saavuttaa sitten nopeasti ääriarvon aallonpituudella λ_{max} ja tämän ohitettuaan lähestyy jälleen nolaa erittäin pitkillä aallonpituuksilla. Mitä korkeampi lämpötila, sitä lyhyemmällä aallonpituudella ääriarvo saavutetaan.



Kuva 17.4 Planckin lain mukainen mustan kappaleen lähettämä säteilyteho eri absoluuttisissa lämpötiloissa. 1: Säteilyteho ($\text{W/cm}^2 \times 10^3(\mu\text{m})$); 2: Aallonpituus (μm)

17.3.2 Wienin siirtymälaki

Derivoimalla Planckin kaavaa λ ja määrittämällä maksimikohta saadaan:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{2898}{T} [\mu\text{m}]$$

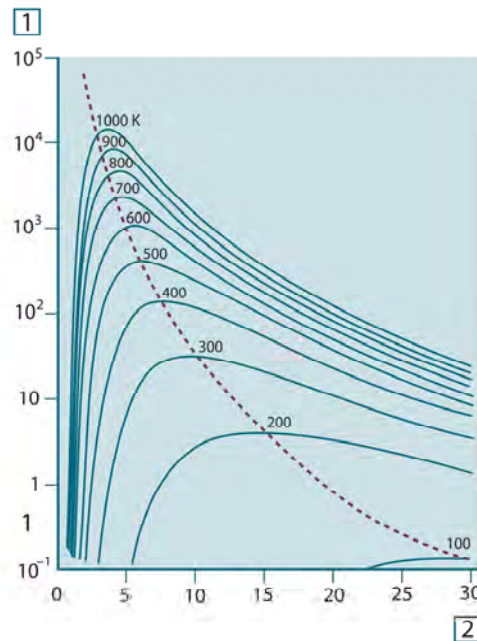
Tämä on Wienin kaava (*Wilhelm Wien*, 1864–1928), joka ilmaisee matemaattisesti sen yleisen havainnon, jonka mukaan lämpötilan noustessa lämpösäteilijän väri vaihtuu punaisesta oranssin kautta keltaiseen. Väriin aallonpituus on sama, joka saadaan laskennallisesti kaavasta λ_{max} . Minkä tahansa mustan kappaleen lämpötilan kaavan λ_{max} mukaisen arvon hyvä likiarvo saadaan soveltamalla nyrkkisääntöä $3\,000/T \mu\text{m}$. Näin siis erittäin kuumat tähdet, kuten Sirius (11 000 K), joka lähettää sinivalkeista valoa, säteilevät eniten paljaalle silmälle näkymättömällä ultraviolettikaistalla, jonka aallonpituus on $0,27 \mu\text{m}$.



Kuva 17.5 Wilhelm Wien (1864–1928)

Aurinko (noin 6 000 K) lähettää keltaista valoa, jonka huipputeho sijoittuu aallonpituudelle noin 0,5 μm , joka on näkyvän spektrin keskivaiheilla.

Huoneenlämpötilassa (300 K) säteilytehon huippu sijoittuu kaukoinfrapun kaistalle aallonpituudelle 9,7 μm , kun taas nestemäisen typen lämpötilassa (77 K) miltei merkityksetömän säteilytehon huippu sijoittuu aallonpituudelle 38 μm , joka edustaa ääri-infrapun kaistaa.



Kuva 17.6 Planckin käyrät, jotka on piirretty puolilogaritmiselle asteikolle 100–1000 K. Pisteiviiva edustaa Wienin siirtymälain kuvaamaa, kunkin lämpötilan maksimisäteilytehon sijaintia. 1: Säteilyteho (W/cm^2 (μm)); 2: Aallonpituus (μm).

17.3.3 Stefan-Boltzmannin laki

Integroimalla Planckin kaava arvosta $\lambda = 0$ arvoon $\lambda = \infty$ saadaan mustan kappaleen kokonaissäteilyteho (W_b):

$$W_b = \sigma T^4 \text{ [Watt}/\text{m}^2]$$

Tämä on Stefan-Boltzmannin kaava (*Josef Stefan*, 1835–1893, ja *Ludwig Boltzmann*, 1844–1906), jonka mukaan mustan kappaleen kokonaissäteilyteho kasvaa verrannollisesti absoluuttisen lämpötilan neljänteen potenssiin. Graafisesti kuvattuna W_b on Planckin käyrän alapuolella oleva tiettyä lämpötilaa vastaava alue. Voidaan osoittaa, että

säteilyteho arvojen $\lambda = 0$ ja $\lambda_{\max}$ välillä on vain 25 % kokonaistehosta, mikä on suunnilleen auringon näkyvän valon alueella lähettämän säteilyn määrä.



Kuva 17.7 Josef Stefan (1835–1893) ja Ludwig Boltzmann (1844–1906)

Jos ihmisruumiin säteilemä teho lasketaan Stefan-Boltzmannin kaavan mukaan lämpötilan ollessa 300 K ja antamalla ulkopinta-alaksi noin 2 m², saadaan 1 kW. Tämä on niin suuri tehohäviö, että se on jotenkin kompensoitava. Tämä tapahtuu ensinnäkin lisäämällä ympäristön heijastaman säteilyn määrää nostamalla lämpötila huoneenlämpöiseksi, mikä ei poikkea liikaa ruumiinlämpötilasta, ja toiseksi luonnollisesti käyttämällä vaatetusta.

17.3.4 Mustista kappaleista poikkeavat säteilylähteet

Toistaiseksi on käsitelty ainoastaan mustia kappaleita säteilijöinä ja niiden lähettämää säteilyä. Todellisen maailman esineet eivät juuri toteuta esiteltyjä lakeja merkittävillä aallonpituuskaistoilla, vaikkakin ne voivat toimia mustien kappaleiden tavoin tietyillä spektrin alueilla. Esimerkiksi jotkin maalityypit vaikuttavat näkyvässä valossa täysin *valkoisilta*, mutta muuttuvat selvästi *harmaiksi*, jos niihin kohdistetaan aallonpituudeltaan noin 2 µm säteilyä, ja yli 3 µm:n alueella ne näkyvät miltei *mustina*.

On olemassa kolme ilmiötä, jotka toteutuessaan voivat estää todellisen maailman kappaleita toimimasta mustan kappaleen tavoin: osa sisääntulevasta säteilystä α voi absorboitua, osa ρ voi heijastua ja osa τ siirtyä. Koska jokainen näistä tekijöistä on enemmän tai vähemmän riippuvainen aallonpituudesta, käytetään alaindeksiä λ , joka ilmaisee näiden riippuvuuden spektrin alueesta. Täten:

- absorptiosuhde α_λ = kohteeseen absorboitunut säteily jaettuna kohteeseen tulleella säteilyllä.
- heijastussuhde ρ_λ = kohteen heijastama säteily jaettuna kohteeseen tulleella säteilyllä.
- läpäisysuhde τ_λ = kohteen läpi siirtyvä säteily jaettuna kohteeseen tulleella säteilyllä.

Koska näiden kolmen tekijän summan on aina vastattava kunkin aallonpituuden kokonaismäärää, saadaan relaatio:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Läpinäkyvättömien materiaalien tapauksessa $\tau_\lambda = 0$, jolloin relaatio pelkistyy muotoon:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Tiettyssä lämpötilassa olevan kohteen tuottaman mustan kappaleen säteilytehon osan ϵ kuvaamiseksi tarvitaan emissiivisyydeksi kutsuttu lisätekijä. Näin saamme määritelmän:

emissiivisyys ϵ_λ = kappaleen säteilytehon suhde vastaavan lämpöisen ja vastaavaa aallonpituutta lähettävän mustan kappaleen säteilytehoon.

Matemaattisesti tämä voidaan ilmoittaa kohteen ja mustan kappaleen säteilytehojen suhteena seuraavasti:

$$\epsilon_\lambda = \frac{W_{\lambda o}}{W_{\lambda b}}$$

Yleisesti säteilylähteet jakautuvat kolmeen tyyppiin, jotka eroavat toisistaan sen suhteen, miten niiden säteilyteho vaihtelee aallonpituuden mukaan.

- musta kappale, jonka $\epsilon_\lambda = \epsilon = 1$

- harmaa kappale, jonka $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = \text{vakio}$, jonka arvo on alle 1
- selektiivinen säteilijä, jonka ε vaihtelee aallonpituuden mukaan

Kirchhoffin lain mukaan kappaleen emissiivisyys ja absorptiosuhde ovat yhtä suuret kaikissa lämpötiloissa ja kaikilla aallonpituuksilla kappaleen materiaalista huolimatta. Toisin sanoen:

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

Tästä seuraa, että läpinäkyvemmän materiaalin (koska $\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$):

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

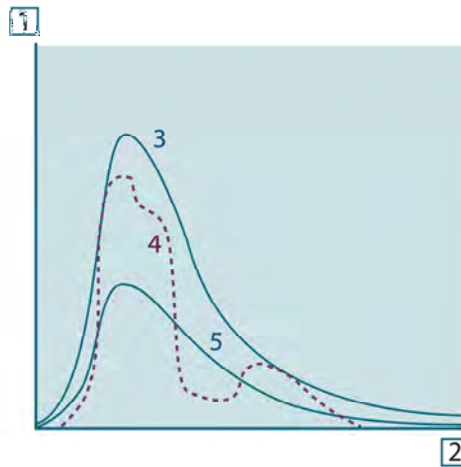
Erittäin kiiltävien materiaalien ε_λ lähestyy nollaa siten, että täysin heijastavan materiaalin (ts. täydellisen peilin tapauksessa) suhteen pätee:

$$\rho_\lambda = 1$$

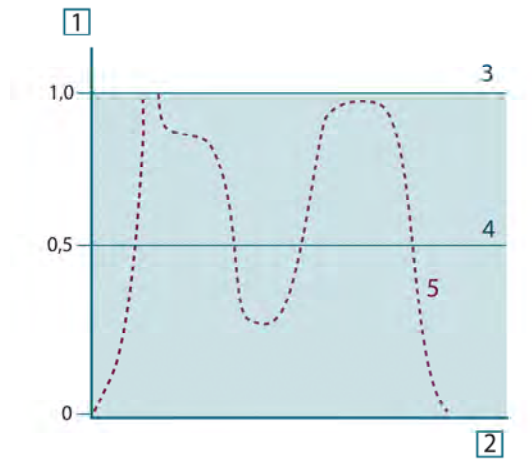
Harmaan säteilijäkappaleen tapauksessa Stefan-Boltzmannin kaava on muotoa:

$$W = \varepsilon \sigma T^4 \text{ [Watt/m}^2\text{]}$$

Tämä ilmoittaa, että harmaan säteilevän kappaleen koko säteilyteho on sama kuin vastaavassa lämpötilassa olevan mustan kappaleen säteilyteho vähennettynä verrannollisesti harmaasta kappaleesta lähtöisin olevan ε :n arvolla.



Kuva 17.8 Kolmen säteilijätyyppin säteilyteho. 1: säteilyteho; 2: aallonpituus; 3: musta kappale; 4: selektiivinen säteilijä; 5: harmaa kappale.



Kuva 17.9 Kolmen säteilijätyyppin emissiivisyys. 1: emissiivisyys; 2: aallonpituus; 3: musta kappale; 4: harmaa kappale; 5: selektiivinen säteilijä.

17.4 Lämpösäteilyä puoliläpäisevät materiaalit

Seuraavaksi tarkastellaan ei-metallista, puoliläpäisevää kappaletta, esimerkiksi paksua tasaista muovilevyä. Levyä lämmitettäessä massan sisään kehittyvä säteily pyrkii kohti kappaleen pintoja materiaalin lävitse, johon se osittain absorboituu. Lisäksi sen saapuessa pintaan osa säteilystä heijastuu takaisin kappaleen sisäosiin. Tämä takaisin heijastuva säteily absorboituu jälleen osittain, mutta osa siitä saavuttaa toisen pinnan, jonka lävitse suurin osa siitä poistuu osan heijastuessa uudelleen takaisin. Vaikka kappaleessa etenevät heijastukset heikkenevät jatkuvasti, ne on kaikki huomioitava levyn kokonaismittanssia määritettäessä. Laskettaessa yhteen tuloksena oleva geometrinen sarja saadaan puoliläpäisevän levyn tehokkaaksi emissiivyydeksi:

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{(1 - \rho_{\lambda})(1 - \tau_{\lambda})}{1 - \rho_{\lambda}\tau_{\lambda}}$$

Levyn muuttuessa läpinäkyväksi tämä kaava supistuu yhteen kaavaan:

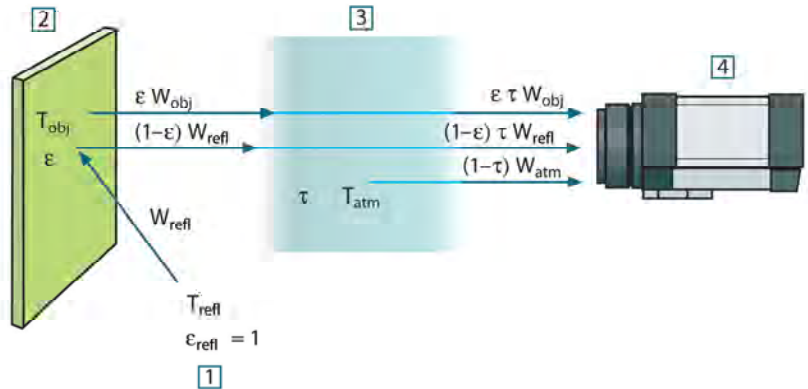
$$\varepsilon_{\lambda} = 1 - \rho_{\lambda}$$

Tämä viimeksi annettu relaatio on erityisen käyttökelpoinen, koska heijastussuhteen mittaaminen usein on helpompaa kuin emissiivisyyden mittaaminen suoraan.

Kuten jo mainittu, kohteeseen käännetty kamera ottaa vastaan myös muusta, kuin kohteesta peräisin olevaa säteilyä. Osa säteilystä on peräisin kohteen pinnan heijastamasta ympäristöstä. Mittausreitit kaasukerros vaimentaa kumpaakin säteilyn komponenttia jos-sain määrin. Tässä vaiheessa on huomioitava kolmas säteilykomponentti, eli itse ilma.

Seuraava mittaustilanteen kuvaus on toistaiseksi melko tarkka todellisten olosuhteiden kartoitus. Huomiotta on jätetty mm. auringonvalon sironta ilmassa tai näkökentän ulkopuolisesta voimakkaasta säteilylähteestä peräisin oleva hajasäteily. Tämänkaltaisille häiriöille on vaikea antaa numeroarvoa, mutta useimmissa tapauksissa niiden merkitys on mitättömän pieni. Sikäli kun niitä ei voida jättää huomiotta, mittaustilanne on todennäköisesti sellainen, että häiriön vaara on ilmeinen etenkin kokeneelle operaattorille. Tässä tapauksessa operaattorin tehtävä on muuttaa mittaustilannetta siten, että häiriötekijöiden vaikutus voidaan eliminoida, mm. muuttamalla kameran suuntaa kohteeseen tai sulke-malla pois voimakkaat säteilylähteet.

Jos hyväksymme edellä esitetyn, voimme käyttää alla olevaa lukua ja johtaa kaavan, jolla kohteen lämpötila voidaan laskea kalibroidun kameran antamasta mittaustuloksesta.



Kuva 18.1 Tavanomaisen lämpötilan mittaustilanteen esitys kaaviona. 1: Ympäristö; 2: Kohde; 3: ilma; 4: Kamera

Oletetaan, että säteilyteho W , joka on peräisin mustasta kappaleesta, jonka lämpötila on T_{source} saa lyhyellä etäisyydellä aikaan kameran mittaussignaalin U_{source} , joka on verrannollinen tulosaanaliin (kameran lineaarinen teho). Näin saadaan (yhtälö 1):

$$U_{source} = CW(T_{source})$$

tai yksinkertaisemmin:

$$U_{source} = CW_{source}$$

jossa C on vakio.

Jos lähteenä käytetään harmaata kappaletta, jonka emittanssi on ϵ , vastaanotettu säteily olisi näin ϵW_{source} .

Nyt voidaan kirjoittaa säteilytehon kolme yhteistä tekijää:

1. *Kohteesta peräisin oleva säteily* $= \epsilon \tau W_{obj}$, jossa ϵ on kohteen emittanssi ja τ ilman läpäisysuhde. Kohteen lämpötila on T_{obj} .

2. *Ympäristöstä heijastunut säteily* $= (1 - \varepsilon)\tau W_{\text{refl}}$, jossa $(1 - \varepsilon)$ on kohteen heijastuskerroin. Ympäristölähteiden lämpötila on T_{refl} .

Tässä oletetaan, että lämpötila T_{refl} on sama kaikille säteileville pinnoille, jotka vaikuttavat kohteeseen tämän pinnalta nähtävältä puolipallolta. Tämä on joskus luonnollisesti todellisen tilanteen pelkistys. Toisaalta käyttökelpoisen kaavan saaminen edellyttää yksinkertaistuksia, ja T_{refl} voi – ainakin teoriassa – saada arvon, joka edustaa kompleksisen ympäristön tehollista lämpötilaa.

On myös huomioitava tehty oletus, jonka mukaan ympäristön emittanssi $= 1$. Tämä on Kirchhoffin lain mukaan oikein: kaikki ympäristön pintoihin törmäävä säteily absorboituu lopulta samoihin pintoihin. Näin emittanssi $= 1$. (On huomattava, että viimeksi esitetyssä arvioitavan kohteen oletetaan olevan täydellisen pallon sisällä.)

3. *Ilmasta peräisin oleva säteily* $= (1 - \tau)\tau W_{\text{atm}}$, jossa $(1 - \tau)$ on ilman emittanssi. Ilman lämpötila on T_{atm} .

Vastaanotettu kokonaissäteilyteho voidaan näin ilmaista seuraavasti (yhtälö 2):

$$W_{\text{tot}} = \varepsilon \tau W_{\text{obj}} + (1 - \varepsilon) \tau W_{\text{refl}} + (1 - \tau) W_{\text{atm}}$$

Kukin tekijä kerrotaan yhtälön 1 vakiolla C ja korvataan tulot CW saman yhtälön mukaisella arvolla U , jolloin saadaan (yhtälö 3):

$$U_{\text{tot}} = \varepsilon \tau U_{\text{obj}} + (1 - \varepsilon) \tau U_{\text{refl}} + (1 - \tau) U_{\text{atm}}$$

Ratkaise yhtälö 3 arvolle U_{obj} (yhtälö 4):

$$U_{\text{obj}} = \frac{1}{\varepsilon \tau} U_{\text{tot}} - \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} U_{\text{refl}} - \frac{1 - \tau}{\varepsilon \tau} U_{\text{atm}}$$

Tämä on kaikissa FLIR Systems -lämpötilanmittauslaitteissa käytettävä yleinen mittauskaava. Kaavan jännitteet ovat:

Taulukko 18.1 Jännitteet

U_{obj}	Laskennallinen kameran lähtöjännite mustalle kappaleelle, jonka lämpötila on T_{obj} eli jännite, joka voidaan muuntaa suoraan halutun kohteen todelliseksi lämpötilaksi.
U_{tot}	Kameran lähtöjännitteen todellinen mittausarvo.
U_{refl}	Teoreettinen kameran lähtöjännite mustalle kappaleelle, jonka tarkkuutuksen mukainen lämpötila on T_{refl} .
U_{atm}	Teoreettinen kameran lähtöjännite mustalle kappaleelle, jonka tarkkuutuksen mukainen lämpötila on T_{atm} .

Operaattori lisää laskelmassa tarvittavat parametrien arvot:

- kohteen emittanssi ε ,
- suhteellinen kosteus,
- T_{atm}
- kohteen etäisyys (D_{obj})
- kohteen ympäristön (tehollinen) lämpötila, tai ympäristöstä heijastunut säteily T_{refl} ja
- ilman lämpötila T_{atm}

Arvojen antaminen saattaa olla ajoittain ongelmallista, koska tavallisesti ei ole käytettävissä helppoa tapaa, jolla emittanssin ja ilman läpäisykertoimen todelliset arvot voidaan selvittää. Kyseiset kaksi lämpötilaa eivät tavallisesti muodostu ongelmallisiksi edellyttäen, että ympäristössä ei ole suuria ja voimakkaita säteilylähteitä.

Luonnollinen kysymys tässä yhteydessä on, miten tärkeää on tuntee näiden parametrien oikeat arvot? Voisi tosin olla mielenkiintoista saada ongelmaan tuntumaa jo tässä vaiheessa tutustumalla pariin erilaiseen mittaustapaukseen ja vertaamalla kolmen säteilytekijän suhteellisia merkityksiä. Näin saadaan käsitys siitä, missä tilanteissa on tärkeää käyttää kunkin parametrin todellista arvoa.

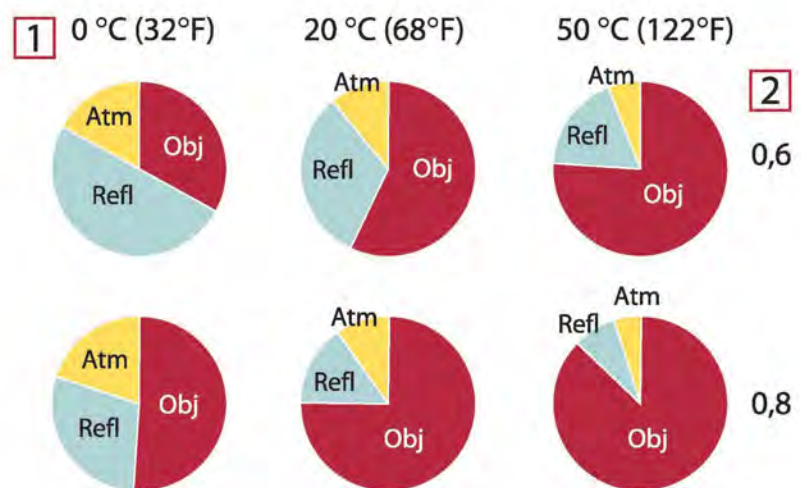
Oheiset kuvat esittävät kolmen säteilyyn vaikuttavan tekijän suhteellisen merkityksen kohteen kolmen lämpötilan, kahden emittanssiarvon ja kahden spektrialueen suhteen: lyhyet ja pitkät aallot. Muut parametrit saavat seuraavat kiinteät arvot:

- $\tau = 0.88$
- $T_{\text{refl}} = +20\text{ °C}$
- $T_{\text{atm}} = +20\text{ °C}$

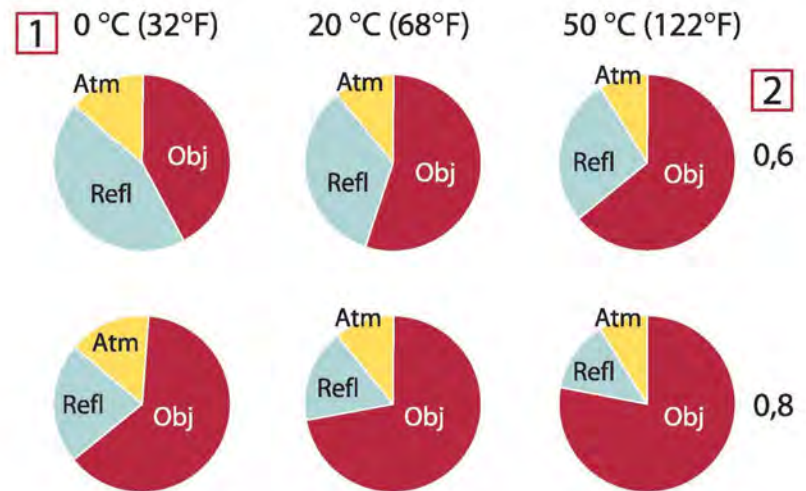
On ilmeistä, että kohteen matalien lämpötilojen mittaaminen on kriittisempää kuin korkeiden lämpötilojen. Tämä siksi, että ensin mainittujen tapauksessa 'häiritsevien' säteilylähteiden vaikutus on paljon suurempi. Tilanne vaikeutuu entisestään, jos myös kohteen emittanssi on pieni.

Lopulta on vastattava kysymykseen, miten tärkeää on sallia tarkkuutuskäyrän ylimmän pisteen yläpuolella olevan osan käyttö. Tätä kutsutaan ekstrapoloinniksi. Kuvitellaan, että tietyssä tapauksessa saatu mittaustulos on $U_{\text{tot}} = 4,5$ voltia. Kameran korkein tarkkuuspiste oli luokkaa 4,1 voltia, joka on operaattorin kannalta tuntematon. Näin siis siinäkin tapauksessa, että kohde olisi musta kappale, ts. $U_{\text{obj}} = U_{\text{tot}}$, ekstrapoloimme tarkkuutuskäyrän suhteen, kun 4,5 voltia muunnetaan lämpötilaksi.

Olettakaamme nyt, että kohde ei ole musta, sen emittanssi on 0,75 ja läpäisykerroin 0,92. Oletamme myös, että yhtälön 4 kahden muun tekijän arvo on yhteensä 0,5 voltia. Laskehtaessa U_{obj} yhtälön 4 avulla saadaan tulokseksi $U_{\text{obj}} = 4.5 / 0.75 / 0.92 - 0.5 = 6.0$. Tämä on äärimmäinen ekstrapolointi erityisesti, kun huomioidaan, että videovahvistimen suurin lähtösignaali saattaa olla 5 voltia. Tulee kuitenkin huomioida, että tarkkuutuskäyrän käyttö on teoreettinen menettelytapa, jossa ei tunneta elektronisia tai muita rajoitteita. Luotamme siihen, että mikäli kamerassa ei olisi signaalinrajoituksia ja jos laite olisi kalibroitu selvästi 5 voltin yli, tuloksena saatu käyrä olisi huomattavissa määrin samanlainen, kuin 4,1 voltin ylittävälle alueelle ekstrapoloitu todellinen käyrä edellyttäen, että käytetty tarkkuutusalgoritmi perustuisi FLIR Systems -algoritmin tavoin säteilyfysiikkaan. Ekstrapoloinnilla on luonnollisesti rajat, joita ei voi ylittää.



Kuva 18.2 Säteilylähteiden suhteelliset voimakkuudet eri mittausolosuhteissa (lyhytaaltokamera). 1: kohteen lämpötila; 2: emittanssi; Obj: kohteen säteily; Refl: heijastuva säteily; Atm: ilman säteily. Kiinteät parametrit: $\tau = 0,88$; $T_{\text{refl}} = 20\text{ °C}$; $T_{\text{atm}} = 20\text{ °C}$.



Kuva 18.3 Säteilylähteiden suhteelliset voimakkuudet eri mittausolosuhteissa (pitkäaaltokamera). 1: kohteen lämpötila; 2: emittanssi; Obj: kohteen säteily; Refl: heijastuva säteily; Atm: ilman säteily. Kiinteät parametrit: $\tau = 0,88$; $T_{\text{refl}} = 20 \text{ °C}$; $T_{\text{atm}} = 20 \text{ °C}$.

Tässä osassa esitetään emissiivisyystietojen yhteenveto, joka perustuu infrapunasäteilyä käsittelevään kirjallisuuteen ja FLIR Systems -yhtiön omiin mittauksiin.

19.1 Lähdeviitteet

1. Mikael A. Bramson: *Infrared Radiation, A Handbook for Applications*, Plenum press, N.Y.
2. William L. Wolfe, George J. Zissis: *The Infrared Handbook*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
3. Madding, R. P.: *Thermographic Instruments and systems*. Madison, Wisconsin: University of Wisconsin – Extension, Department of Engineering and Applied Science.
4. William L. Wolfe: *Handbook of Military Infrared Technology*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
5. Jones, Smith, Probert: *External thermography of buildings...*, Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, June 1977 London.
6. Paljak, Pettersson: *Thermography of Buildings*, Swedish Building Research Institute, Stockholm 1972.
7. Vlcek, J.: *Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at $\lambda = 5 \mu\text{m}$* . Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8. Kern: *Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites*, Defence Documentation Center, AD 617 417.
9. Öhman, Claes: *Emittansmätningar med AGEMA E-Box*. Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emittance measurements using AGEMA E-Box. Technical report, AGEMA 1999.)
10. Mattei, S., Tang-Kwor, E: *Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between -36°C AND 82°C* .
11. Lohrengel & Todtenhaupt (1996)
12. ITC Technical publication 32.
13. ITC Technical publication 29.

	HUOM
Seuraavassa taulukossa olevat emissiivisyysarvot on mitattu lyhytaaltokameran (SW) avulla. Arvoja tulee pitää vain suosituksina, ja niitä on syytä käyttää harkiten.	

19.2 Taulukot

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 μm ; pitkät aallot: 8–14 μm , erikoispitkät aallot: 6,5–20 μm ; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila ($^{\circ}\text{C}$); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite

1	2	3	4	5	6
3M type 35	vinyyliisähköteippi (useita värejä)	<80	pitkät aallot	$\approx 0,96$	13
3M type 88	musta vinyyliisähköteippi	<105	pitkät aallot	$\approx 0,96$	13
3M type 88	musta vinyyliisähköteippi	<105	keski-pitkät aallot	<0,96	13
3M type Super 33 +	musta vinyyliisähköteippi	<80	pitkät aallot	$\approx 0,96$	13
Alumiini	eloksoitu ohkolevy	100	T	0,55	2
Alumiini	eloksoitu, musta, himmeä	70	lyhyet aallot	0,67	9
Alumiini	eloksoitu, musta, himmeä	70	pitkät aallot	0,95	9
Alumiini	eloksoitu, vaalean harmaa, himmeä	70	lyhyet aallot	0,61	9

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Alumiini	eloksoitu, vaalean harmaa, himmeä	70	pitkät aallot	0,97	9
Alumiini	folio	27	10 µm	0,04	3
Alumiini	folio	27	3 µm	0,09	3
Alumiini	hapettunut, voimakkaasti	50-500	T	0,2-0,3	1
Alumiini	karkea pinta	20-50	T	0,06-0,07	1
Alumiini	karkeistettu	27	10 µm	0,18	3
Alumiini	karkeistettu	27	3 µm	0,28	3
Alumiini	kastettu typpihappon (HNO ₃), levy	100	T	0,05	4
Alumiini	kiillotettu	50–100	T	0,04-0,06	1
Alumiini	kiillotettu levy	100	T	0,05	4
Alumiini	kiillotettu, ohkolevy	100	T	0,05	2
Alumiini	käsitlemätön, levy	100	T	0,09	4
Alumiini	käsitlemätön, ohkolevy	100	T	0,09	2
Alumiini	ohkolevy, 4 eri tavoin naarmutettua kappaletta	70	lyhyet aallot	0,05-0,08	9
Alumiini	ohkolevy, 4 eri tavoin naarmutettua kappaletta	70	pitkät aallot	0,03-0,06	9
Alumiini	rapautunut, voimakkaasti	17	lyhyet aallot	0,83-0,94	5
Alumiini	tyhjiössä kasvatettu	20	T	0,04	2
Alumiini	valukappale, suihkupuhdistettu	70	lyhyet aallot	0,47	9
Alumiini	valukappale, suihkupuhdistettu	70	pitkät aallot	0,46	9
Alumiinihydroksidi	jauhe		T	0,28	1
Alumiinioksidi	aktivoitunut, jauhe		T	0,46	1
Alumiinioksidi	puhdas, jauhe (alumiinioksidi)		T	0,16	1
Alumiinipronssi		20	T	0,60	1
Asbesti	jauhe		T	0,40-0,60	1
Asbesti	kangas		T	0,78	1
Asbesti	lattialaatta	35	lyhyet aallot	0,94	7
Asbesti	lauta	20	T	0,96	1
Asbesti	liuskelaatta	20	T	0,96	1
Asbesti	paperi	40-400	T	0,93-0,95	1
Asfalttipäällyste		4	erikois-pitkät aallot	0,967	8
Betoni		20	T	0,92	2

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Betoni	karkea	17	lyhyet aallot	0,97	5
Betoni	kuiva	36	lyhyet aallot	0,95	7
Betoni	kävelytie	5	erikois-pitkät aallot	0,974	8
Eboniitti			T	0,89	1
Emali		20	T	0,9	1
Emali	lakka	20	T	0,85-0,95	1
Galvanoitu rauta	ohkolevy	92	T	0,07	4
Galvanoitu rauta	ohkolevy, hapettunut	20	T	0,28	1
Galvanoitu rauta	ohkolevy, painekiillotettu	30	T	0,23	1
Galvanoitu rauta	voimakkaasti hapettunut	70	lyhyet aallot	0,64	9
Galvanoitu rauta	voimakkaasti hapettunut	70	pitkät aallot	0,85	9
Graniitti	karkea	21	erikois-pitkät aallot	0,879	8
Graniitti	karkea, 4 eri kappaletta	70	lyhyet aallot	0,95-0,97	9
Graniitti	karkea, 4 eri kappaletta	70	pitkät aallot	0,77-0,87	9
Graniitti	kiillotettu	20	erikois-pitkät aallot	0,849	8
Hiekka			T	0,60	1
Hiekka		20	T	0,90	2
Hiekkakivi	karkea	19	erikois-pitkät aallot	0,935	8
Hiekkakivi	kiillotettu	19	erikois-pitkät aallot	0,909	8
Hiili	grafiitti, viilattu pinta	20	T	0,98	2
Hiili	grafiittijauhe		T	0,97	1
Hiili	jauhmainen puuhiili		T	0,96	1
Hiili	kynttilän noki	20	T	0,95	2
Hiili	lamppumusta	20-400	T	0,95-0,97	1
Hopea	kiillotettu	100	T	0,03	2
Hopea	puhdas, kiillotettu	200-600	T	0,02-0,03	1
Iho	ihmisen	32	T	0,98	2
Jää: katso vesi					
Kaakelilaatta	lasitettu	17	lyhyet aallot	0,94	5
Kalkki			T	0,3-0,4	1

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Kangas	musta	20	T	0,98	1
Kipsi		20	T	0,8-0,9	1
Kipsilaasti	karkea, kalkki	10-90	T	0,91	1
Kromi	kiillotettu	50	T	0,10	1
Kromi	kiillotettu	500-1000	T	0,28-0,38	1
Krylon Ultra-flat black 1602	tasaisen musta	huoneenlämpötila enintään 175	pitkät aallot	≈ 0,96	12
Krylon Ultra-flat black 1602	tasaisen musta	huoneenlämpötila enintään 175	keski-pitkät aallot	≈ 0,97	12
Kuitulevy	huokoinen, käsittelemätön	20	lyhyet aallot	0,85	6
Kuitulevy	kova, käsittelemätön	20	lyhyet aallot	0,85	6
Kuitulevy	kovalevy	70	lyhyet aallot	0,75	9
Kuitulevy	kovalevy	70	pitkät aallot	0,88	9
Kuitulevy	lastulevy	70	lyhyet aallot	0,77	9
Kuitulevy	lastulevy	70	pitkät aallot	0,89	9
Kulta	kiillotettu	130	T	0,018	1
Kulta	kiillotettu, erittäin	100	T	0,02	2
Kulta	kiillotettu, huolellisesti	200-600	T	0,02-0,03	1
Kumi	kova	20	T	0,95	1
Kumi	pehmeä, harmaa, karkea	20	T	0,95	1
Kuona	kattilan	0–100	T	0,97-0,93	1
Kuona	kattilan	1400-1800	T	0,69-0,67	1
Kuona	kattilan	200-500	T	0,89-0,78	1
Kuona	kattilan	600-1200	T	0,76-0,70	1
Kupari	elektrolyyttinen, huolellisesti kiillotettu	80	T	0,018	1
Kupari	elektrolyyttinen, kiillotettu	-34	T	0,006	4
Kupari	hapettunut	50	T	0,6-0,7	1
Kupari	hapettunut, musta	27	T	0,78	4
Kupari	hapettunut, voimakkaasti	20	T	0,78	2
Kupari	kaupallinen, painekiillotettu	20	T	0,07	1
Kupari	kiillotettu	50–100	T	0,02	1
Kupari	kiillotettu	100	T	0,03	2
Kupari	kiillotettu, kaupallinen	27	T	0,03	4
Kupari	kiillotettu, mekaanisesti	22	T	0,015	4

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Kupari	mustaksi hapettunut		T	0,88	1
Kupari	naarmutettu	27	T	0,07	4
Kupari	puhdas, huolellisesti käsitelty pinta	22	T	0,008	4
Kupari	sula	1100-1300	T	0,13-0,15	1
Kuparidioksidi	jauhe		T	0,84	1
Kuparioksidi	punainen, jauhe		T	0,70	1
Laasti		17	lyhyet aallot	0,87	5
Laasti	kuiva	36	lyhyet aallot	0,94	7
Lakka	3 väriä ruiskutettu alumiinipinnalle	70	lyhyet aallot	0,50-0,53	9
Lakka	3 väriä ruiskutettu alumiinipinnalle	70	pitkät aallot	0,92-0,94	9
Lakka	alumiini karkealla pinnalla	20	T	0,4	1
Lakka	bakeliitti	80	T	0,83	1
Lakka	lämmönkestävä	100	T	0,92	1
Lakka	musta, himmeä	40–100	T	0,96-0,98	1
Lakka	musta, kiiltävä, ruiskutettu rautapinnalle	20	T	0,87	1
Lakka	musta, matta	100	T	0,97	2
Lakka	tammiparketilla	70	lyhyet aallot	0,90	9
Lakka	tammiparketilla	70	pitkät aallot	0,90-0,93	9
Lakka	tasainen	20	lyhyet aallot	0,93	6
Lakka	valkoinen	100	T	0,92	2
Lakka	valkoinen	40–100	T	0,8-0,95	1
Lastulevy	käsittelemätön	20	lyhyet aallot	0,90	6
Lumi: katso vesi					
Lyijy	hapettumaton, kiillotettu	100	T	0,05	4
Lyijy	hapettunut 200° C:ssa	200	T	0,63	1
Lyijy	hapettunut, harmaa	20	T	0,28	1
Lyijy	hapettunut, harmaa	22	T	0,28	4
Lyijy	kiiltävä	250	T	0,08	1
Lyijy punainen		100	T	0,93	4
Lyijy punainen, jauhe		100	T	0,93	1
Maali	8 eri väriä ja ominaisuutta	70	lyhyet aallot	0,88-0,96	9

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Maali	8 eri väriä ja ominaisuutta	70	pitkät aallot	0,92-0,94	9
Maali	alumiini, ikä vaihtelee	50–100	T	0,27-0,67	1
Maali	kadmiumkeltainen		T	0,28-0,33	1
Maali	koboltinsininen		T	0,7-0,8	1
Maali	kromivihreä		T	0,65-0,70	1
Maali	muovi, musta	20	lyhyet aallot	0,95	6
Maali	muovi, valkoinen	20	lyhyet aallot	0,84	6
Maali	öljy	17	lyhyet aallot	0,87	5
Maali	öljy, eri värejä	100	T	0,92-0,96	1
Maali	öljy, harmaa kiiltävä	20	lyhyet aallot	0,96	6
Maali	öljy, harmaa tasainen	20	lyhyet aallot	0,97	6
Maali	öljy, musta kiiltävä	20	lyhyet aallot	0,92	6
Maali	öljy, musta tasainen	20	lyhyet aallot	0,94	6
Maali	öljypohjainen, 16 värin keskiarvo	100	T	0,94	2
Maaperä	kuiva	20	T	0,92	2
Maaperä	kyllästetty vedellä	20	T	0,95	2
Magnesium		22	T	0,07	4
Magnesium		260	T	0,13	4
Magnesium		538	T	0,18	4
Magnesium	kiillotettu	20	T	0,07	2
Magnesiumjauhe			T	0,86	1
Molybdeeni		1500-2200	T	0,19-0,26	1
Molybdeeni		600-1000	T	0,08-0,13	1
Molybdeeni	hehkulanka	700-2500	T	0,1-0,3	1
Muovi	eristelevy polyuretaania	70	pitkät aallot	0,55	9
Muovi	eristelevy polyuretaania	70	lyhyet aallot	0,29	9
Muovi	lasikuitulaminaatti (painettu piirikortti)	70	lyhyet aallot	0,94	9
Muovi	lasikuitulaminaatti (painettu piirikortti)	70	pitkät aallot	0,91	9
Muovi	PVC, muovilattia, himmeä, rakenteinen	70	lyhyet aallot	0,94	9
Muovi	PVC, muovilattia, himmeä, rakenteinen	70	pitkät aallot	0,93	9

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Nahka	parkittu		T	0,75-0,80	1
Nextel Velvet 811-21 Black	tasaisen musta	-60-150	pitkät aallot	> 0,97	10 ja 11
Nichrome	hiekkapuhallettu	700	T	0,70	1
Nichrome	lanka, hapettunut	50-500	T	0,95-0,98	1
Nichrome	lanka, puhdas	50	T	0,65	1
Nichrome	lanka, puhdas	500-1000	T	0,71-0,79	1
Nichrome	valssattu	700	T	0,25	1
Nikkeli	elektrolyyttinen	22	T	0,04	4
Nikkeli	elektrolyyttinen	260	T	0,07	4
Nikkeli	elektrolyyttinen	38	T	0,06	4
Nikkeli	elektrolyyttinen	538	T	0,10	4
Nikkeli	elektrolyyttipinnoitus, kiillotettu	20	T	0,05	2
Nikkeli	elektrolyyttisesti pinnoitettu rauta, kiillotettu	22	T	0,045	4
Nikkeli	elektrolyyttisesti pinnoitettu rauta, kiillottamaton	20	T	0,11-0,40	1
Nikkeli	elektrolyyttisesti pinnoitettu rauta, kiillottamaton	22	T	0,11	4
Nikkeli	hapettunut	1227	T	0,85	4
Nikkeli	hapettunut	200	T	0,37	2
Nikkeli	hapettunut	227	T	0,37	4
Nikkeli	hapettunut 600 °C:ssa	200-600	T	0,37-0,48	1
Nikkeli	kauppalaatuisen puhdas, kiillotettu	100	T	0,045	1
Nikkeli	kauppalaatuisen puhdas, kiillotettu	200-400	T	0,07-0,09	1
Nikkeli	kiillotettu	122	T	0,045	4
Nikkeli	kirkas matta	122	T	0,041	4
Nikkeli	lanka	200-1000	T	0,1-0,2	1
Nikkelioksidi		1000-1250	T	0,75-0,86	1
Nikkelioksidi		500-650	T	0,52-0,59	1
Paperi	4 eri väriä	70	lyhyet aallot	0,68-0,74	9
Paperi	4 eri väriä	70	pitkät aallot	0,92-0,94	9
Paperi	keltainen		T	0,72	1
Paperi	musta		T	0,90	1
Paperi	musta lakkapinnoite		T	0,93	1
Paperi	musta, himmeä		T	0,94	1
Paperi	musta, himmeä	70	lyhyet aallot	0,86	9

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Paperi	musta, himmeä	70	pitkät aallot	0,89	9
Paperi	punainen		T	0,76	1
Paperi	sininen, tumma		T	0,84	1
Paperi	valkoinen	20	T	0,7-0,9	1
Paperi	valkoinen sidosaine	20	T	0,93	2
Paperi	valkoinen, 3 eri kiiltoa	70	lyhyet aallot	0,76-0,78	9
Paperi	valkoinen, 3 eri kiiltoa	70	pitkät aallot	0,88-0,90	9
Paperi	vihreä		T	0,85	1
Platina		100	T	0,05	4
Platina		1000-1500	T	0,14-0,18	1
Platina		1094	T	0,18	4
Platina		17	T	0,016	4
Platina		22	T	0,03	4
Platina		260	T	0,06	4
Platina		538	T	0,10	4
Platina	lanka	1400	T	0,18	1
Platina	lanka	50-200	T	0,06-0,07	1
Platina	lanka	500-1000	T	0,10-0,16	1
Platina	nauha	900-1100	T	0,12-0,17	1
Platina	puhdas, kiillotettu	200-600	T	0,05-0,10	1
Polystyreeni	eriste	37	lyhyet aallot	0,60	7
Posliini	lasitettu	20	T	0,92	1
Posliini	valkoinen, kiiltävä		T	0,70-0,75	1
Pronssi	fosforipronssi	70	lyhyet aallot	0,08	9
Pronssi	fosforipronssi	70	pitkät aallot	0,06	9
Pronssi	hapettunut	100	T	0,61	2
Pronssi	hapettunut	70	lyhyet aallot	0,04-0,09	9
Pronssi	hapettunut	70	pitkät aallot	0,03-0,07	9
Pronssi	hapettunut 600 ° C:ssa	200-600	T	0,59-0,61	1
Pronssi	himmeä, tahriintunut	20-350	T	0,22	1
Pronssi	hiottu hiekkaperilla (karheus: 80)	20	T	0,20	2
Pronssi	huokoinen, karhea	50-150	T	0,55	1
Pronssi	jauhe		T	0,76-0,80	1
Pronssi	kiillotettu	200	T	0,03	1
Pronssi	kiillotettu	50	T	0,1	1

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Pronssi	kiillotettu, erittäin	100	T	0,03	2
Pronssi	ohkolevy, smirklattu	20	T	0,2	1
Pronssi	ohkolevy, valssattu	20	T	0,06	1
Puu		17	lyhyet aallot	0,98	5
Puu		19	erikois-pitkät aallot	0,962	8
Puu	hiottu		T	0,5-0,7	1
Puu	höylätty	20	T	0,8-0,9	1
Puu	höylätty tammi	20	T	0,90	2
Puu	höylätty tammi	70	lyhyet aallot	0,77	9
Puu	höylätty tammi	70	pitkät aallot	0,88	9
Puu	mänty, 4 eri kappaletta	70	lyhyet aallot	0,67-0,75	9
Puu	mänty, 4 eri kappaletta	70	pitkät aallot	0,81-0,89	9
Puu	valkoinen, tuore	20	T	0,7-0,8	1
Puu	vaneri, käsittelemätön	20	lyhyet aallot	0,83	6
Puu	vaneri, sileä, kuiva	36	lyhyet aallot	0,82	7
Rappaus		17	lyhyet aallot	0,86	5
Rappaus	karkea pinnoite	20	T	0,91	2
Rappaus	kipsilevy, käsittelemätön	20	lyhyet aallot	0,90	6
Rauta ja teräs	elektrolyyttinen	100	T	0,05	4
Rauta ja teräs	elektrolyyttinen	22	T	0,05	4
Rauta ja teräs	elektrolyyttinen	260	T	0,07	4
Rauta ja teräs	elektrolyyttinen, huolellisesti kiillotettu	175-225	T	0,05-0,06	1
Rauta ja teräs	hapettunut	100	T	0,74	4
Rauta ja teräs	hapettunut	100	T	0,74	1
Rauta ja teräs	hapettunut	1227	T	0,89	4
Rauta ja teräs	hapettunut	125-525	T	0,78-0,82	1
Rauta ja teräs	hapettunut	200	T	0,79	2
Rauta ja teräs	hapettunut	200-600	T	0,80	1
Rauta ja teräs	hierretty ohkolevy	950-1100	T	0,55-0,61	1
Rauta ja teräs	juuri smirklattu	20	T	0,24	1
Rauta ja teräs	juuri valssattu	20	T	0,24	1
Rauta ja teräs	karkea tasopinta	50	T	0,95-0,98	1
Rauta ja teräs	kiillotettu	100	T	0,07	2

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Rauta ja teräs	kiillotettu	400-1000	T	0,14-0,38	1
Rauta ja teräs	kiillotettu ohkolevy	750-1050	T	0,52-0,56	1
Rauta ja teräs	kiiltävä oksidikerros, ohkolevy	20	T	0,82	1
Rauta ja teräs	kiiltävä, etsattu	150	T	0,16	1
Rauta ja teräs	kuumavalssattu	130	T	0,60	1
Rauta ja teräs	kuumavalssattu	20	T	0,77	1
Rauta ja teräs	kylmävalssattu	70	lyhyet aallot	0,20	9
Rauta ja teräs	kylmävalssattu	70	pitkät aallot	0,09	9
Rauta ja teräs	pahoin ruostunut	17	lyhyet aallot	0,96	5
Rauta ja teräs	pahoin ruostunut ohkolevy	20	T	0,69	2
Rauta ja teräs	punaiseksi ruostunut ohkolevy	22	T	0,69	4
Rauta ja teräs	punaisen ruosteen peitossa	20	T	0,61-0,85	1
Rauta ja teräs	ruostunut, punainen	20	T	0,69	1
Rauta ja teräs	taottu, huolellisesti kiillotettu	40-250	T	0,28	1
Rauta ja teräs	valssattu ohkolevy	50	T	0,56	1
Rauta ja teräs	voimakkaasti hapettunut	50	T	0,88	1
Rauta ja teräs	voimakkaasti hapettunut	500	T	0,98	1
Rauta, valu-	hapettunut	100	T	0,64	2
Rauta, valu-	hapettunut	260	T	0,66	4
Rauta, valu-	hapettunut	38	T	0,63	4
Rauta, valu-	hapettunut	538	T	0,76	4
Rauta, valu-	hapettunut 600 °C:ssa	200-600	T	0,64-0,78	1
Rauta, valu-	harkot	1000	T	0,95	1
Rauta, valu-	kiillotettu	200	T	0,21	1
Rauta, valu-	kiillotettu	38	T	0,21	4
Rauta, valu-	kiillotettu	40	T	0,21	2
Rauta, valu-	käsitlemätön	900-1100	T	0,87-0,95	1
Rauta, valu-	neste	1300	T	0,28	1
Rauta, valu-	työstetty	800-1000	T	0,60-0,70	1
Rauta, valu-	valu	50	T	0,81	1
Ruostumaton teräs	hiekkapuhallettu	700	T	0,70	1
Ruostumaton teräs	ohkolevy, kiillotettu	70	lyhyet aallot	0,18	9

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Ruostumaton teräs	ohkolevy, kiillotettu	70	pitkät aallot	0,14	9
Ruostumaton teräs	ohkolevy, käsittelemätön, hieman naarmuuntunut	70	lyhyet aallot	0,30	9
Ruostumaton teräs	ohkolevy, käsittelemätön, hieman naarmuuntunut	70	pitkät aallot	0,28	9
Ruostumaton teräs	seos, 8 % Ni, 18 % Cr	500	T	0,35	1
Ruostumaton teräs	tyyppi 18-8, hapettunut 800 °C:ssa	60	T	0,85	2
Ruostumaton teräs	tyyppi 18-8, laikkakiillotettu	20	T	0,16	2
Ruostumaton teräs	valssattu	700	T	0,45	1
Savi	poltettu	70	T	0,91	1
Sinkki	hapettunut 400 °C:ssa	400	T	0,11	1
Sinkki	hapettunut pinta	1000-1200	T	0,50-0,60	1
Sinkki	kiillotettu	200-300	T	0,04-0,05	1
Sinkki	ohkolevy	50	T	0,20	1
Smirgeli	karkea	80	T	0,85	1
Tapetti	himmeä kuvio, punainen	20	lyhyet aallot	0,90	6
Tapetti	himmeä kuvio, vaalean harmaa	20	lyhyet aallot	0,85	6
Terva			T	0,79-0,84	1
Terva	paperi	20	T	0,91-0,93	1
Tiili	aloksi	1000	T	0,75	1
Tiili	aloksi	1200	T	0,59	1
Tiili	aloksi	20	T	0,85	1
Tiili	alumiinioksidi	17	lyhyet aallot	0,68	5
Tiili	Dinas-kivi, lasitetu, karkea	1100	T	0,85	1
Tiili	Dinas-kivi, lasittamaton, karkea	1000	T	0,80	1
Tiili	Dinas-kivi, tulenkestävä	1000	T	0,66	1
Tiili	muuraus	35	lyhyet aallot	0,94	7
Tiili	muuraus, rapattu	20	T	0,94	1
Tiili	piiksid, 95 % SiO ₂	1230	T	0,66	1
Tiili	punainen, karkea	20	T	0,88-0,93	1
Tiili	punainen, yleinen	20	T	0,93	2
Tiili	sillimaniitti, 33 % SiO ₂ , 64 % Al ₂ O ₃	1500	T	0,29	1

Taulukko 19.1 T: kokonaisspektri; lyhyet aallot: 2–5 µm; pitkät aallot: 8–14 µm, erikoispitkät aallot: 6,5–20 µm; 1: Materiaali; 2: Erittely; 3: Lämpötila (°C); 4: Spektri; 5: Emissiivisyys; 6: Viite (jatkuu)

1	2	3	4	5	6
Tiili	tulenkestävä tiili	17	lyhyet aallot	0,68	5
Tiili	tulenkestävä, heikosti säteilevä	500-1000	T	0,65-0,75	1
Tiili	tulenkestävä, korundi	1000	T	0,46	1
Tiili	tulenkestävä, magnesiitti	1000-1300	T	0,38	1
Tiili	tulenkestävä, voimakkaasti säteilevä	500-1000	T	0,8-0,9	1
Tiili	vesitiivis	17	lyhyet aallot	0,87	5
Tiili	yleinen	17	lyhyet aallot	0,86-0,81	5
Tina	painekeillotettu	20-50	T	0,04-0,06	1
Tina	tinattu rautapelti	100	T	0,07	2
Tinattu rauta	ohkolevy	24	T	0,064	4
Titaani	hapettunut 540° C:ssa	1000	T	0,60	1
Titaani	hapettunut 540° C:ssa	200	T	0,40	1
Titaani	hapettunut 540° C:ssa	500	T	0,50	1
Titaani	kiillotettu	1000	T	0,36	1
Titaani	kiillotettu	200	T	0,15	1
Titaani	kiillotettu	500	T	0,20	1
Vesi	jää, paksun kuuran peitossa	0	T	0,98	1
Vesi	jää, sileä	-10	T	0,96	2
Vesi	jää, sileä	0	T	0,97	1
Vesi	jääkiteet	-10	T	0,98	2
Vesi	kerroksen paksuus >0,1 mm	0–100	T	0,95-0,98	1
Vesi	lumi		T	0,8	1
Vesi	lumi	-10	T	0,85	2
Vesi	tislattu	20	T	0,96	2
Volframi		1500-2200	T	0,24-0,31	1
Volframi		200	T	0,05	1
Volframi		600-1000	T	0,1-0,16	1
Volframi	hehkulanka	3300	T	0,39	1
Öljy, voitelu-	0,025 mm:n kalvo	20	T	0,27	2
Öljy, voitelu-	0,050 mm:n kalvo	20	T	0,46	2
Öljy, voitelu-	0,125 mm:n kalvo	20	T	0,72	2
Öljy, voitelu-	Ni-pohjainen kalvo: vain Ni-pohja	20	T	0,05	2
Öljy, voitelu-	paksu pinnoite	20	T	0,82	2

A note on the technical production of this publication

This publication was produced using XML — the eXtensible Markup Language. For more information about XML, please visit <http://www.w3.org/XML/>

A note on the typeface used in this publication

This publication was typeset using Linotype Helvetica™ World. Helvetica™ was designed by Max Miedinger (1910–1980)

LOEF (List Of Effective Files)

T501109.xml; fi-FI; AE; 24570; 2015-04-08
T505552.xml; fi-FI; 9599; 2013-11-05
T505551.xml; fi-FI; 22782; 2015-01-27
T505469.xml; fi-FI; 23215; 2015-02-19
T505013.xml; fi-FI; 9229; 2013-10-03
T505799.xml; fi-FI; ; 23545; 2015-02-27
T505800.xml; fi-FI; ; 23541; 2015-02-26
T505801.xml; fi-FI; ; 23545; 2015-02-27
T505816.xml; fi-FI; AA; 23430; 2015-02-25
T505470.xml; fi-FI; 12154; 2014-03-06
T505012.xml; fi-FI; 12154; 2014-03-06
T505007.xml; fi-FI; 21877; 2014-12-08
T505004.xml; fi-FI; 12154; 2014-03-06
T505000.xml; fi-FI; 12154; 2014-03-06
T505005.xml; fi-FI; 12154; 2014-03-06
T505001.xml; fi-FI; 12154; 2014-03-06
T505006.xml; fi-FI; 12154; 2014-03-06
T505002.xml; fi-FI; 18260; 2014-10-06



Corporate Headquarters

FLIR Systems, Inc.
27700 SW Parkway Ave.
Wilsonville, OR 97070
USA
Telephone: +1-503-498-3547

Website

<http://www.flir.com>

Customer support

<http://support.flir.com>

Copyright

© 2015, FLIR Systems, Inc. All rights reserved worldwide.

Disclaimer

Specifications subject to change without further notice. Models and accessories subject to regional market considerations. License procedures may apply. Products described herein may be subject to US Export Regulations. Please refer to exportquestions@flir.com with any questions.

Publ. No.: T559918
Release: AE
Commit: 24570
Head: 24585
Language: fi-FI
Modified: 2015-04-08
Formatted: 2015-04-08