

DOI: <https://doi.org/10.54937/2024.9788056111024.322-329>

TERMOVÍZNE TECHNOLOGIE: MODERNÉ NÁSTROJE PRE MONITOROVANIE A OCHRANU ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Maroš BEGÁNI¹

THERMAL IMAGING TECHNOLOGIES: MODERN TOOLS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING AND PROTECTION



¹ Technická univerzita v Košiciach, Fakulta Baníctva, riadenia a geotechnológií, Park Komenského 19, 04001 Košice, Slovenská republika

✉ Email: maros.begani@tuke.sk

ORCID iD: [0009-0002-4716-5585](https://orcid.org/0009-0002-4716-5585)

<https://orcid.org/0009-0002-4716-5585>

i Competing interests: The author declare no competing interests.

i Publisher's Note: Catholic University in Ružomberok stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations. Copyright: © 2024 by the authors.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

This license allows reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use.

✓ Review text in the conference proceeding: Contributions published in proceedings were reviewed by members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.

ABSTRAKT

Tento vedecký článok sa zaoberá aplikáciami a využitím termovíznych systémov s dôrazom na ich environmentálny dopad. V teoretickej časti článku je poskytnutý úvod do termografického odvetvia s dôrazom na jeho potenciál v oblasti ochrany životného prostredia. Ďalej sa analyzujú možnosti využitia termovíznych kamier a ich technické parametre s ohľadom na ekologické aspekty. Popisujú sa aj výpočtové metódy a matematické modely relevantné pre túto oblasť. V praktickej časti článku sa porovnávajú dve termovízne kamery, FLUKE Ti32 a FLIR T440, s dôrazom na ich technické parametre a environmentálny dopad. Termovízne systémy sa využili na identifikáciu stavebných chýb a nedostatkov s cieľom minimalizovať ich negatívny vplyv na životné prostredie. Záver článku hodnotí experimentálne výsledky a poukazuje na význam termovíznych systémov v kontexte environmentálnej udržateľnosti a ochrany prírody.

Ľúčové slová: termovízne systémy, ekologický vplyv, termografia, ekologické aplikácie termovízie

ABSTRACT

This scientific article explores the applications and utilization of thermal imaging systems with an emphasis on their environmental impact. The theoretical part of the article provides an introduction to the field of thermography, highlighting its potential in environmental protection. It further analyzes the possibilities of using thermal cameras and their technical parameters with regard to ecological aspects. Computational methods and mathematical models relevant to this area are also described. In the practical section of the article, two thermal cameras, FLUKE Ti32 and FLIR T440, are compared, focusing on their technical parameters and environmental impact. Thermal imaging systems were used to identify construction errors and deficiencies to minimize their negative impact on the environment. The conclusion evaluates the experimental results and emphasizes the importance of thermal imaging systems in the context of environmental sustainability and nature conservation.

Key words: *thermal imaging systems, environmental impact, thermography, environmental applications of thermal imaging.*

ÚVOD

Rozvoj termografických systémov priniesol nové možnosti v oblasti ochrany životného prostredia. Tento článok sa zameriava na aplikácie a využitie termovíznych systémov s dôrazom na ich environmentálny dopad. Teoretická časť článku poskytuje úvod do termografického odvetvia a jeho potenciálu v oblasti ochrany životného prostredia. Analyzujú sa možnosti využitia termovíznych kamier a ich technické parametre s ohľadom na ekologické aspekty. Popisujú sa aj výpočtové metódy a matematické modely relevantné pre túto oblasť. Praktická časť článku sa zaoberá porovnaním dvoch termovíznych kamier, FLUKE Ti32 a FLIR T440, a ich využitím pri identifikácii stavebných chýb a nedostatkov s cieľom minimalizovať ich negatívny vplyv na životné prostredie.

TERMOGRAFICKÉ ODVETVIE A JEHO POTENCIÁL V OCHRANE ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Termografia, ako nekontaktová metóda zobrazovania teplotných rozložení, má široké spektrum aplikácií v rôznych odvetviach, vrátane ochrany životného prostredia. Jej vývoj od klasických termografických kamier s obmedzenými možnosťami až po súčasné pokročilé termovízne systémy otvoril nové perspektívy v monitorovaní a diagnostike životného prostredia.

Termografické kamery umožňujú zobrazovať teplotné štruktúry objektov, čím poskytujú dôležité informácie o ich tepelnej efektívnosti, potenciálnych tepelných únikoch, prípadných teplotných anomáliách a ďalších faktoroch ovplyvňujúcich životné prostredie. Táto technológia je využívaná pri monitorovaní teplotných rozložení v priemysle, stavebníctve, energetike, ale aj v oblasti ochrany prírody.[2]

V oblasti ochrany životného prostredia má termografia množstvo aplikácií. Napríklad, môže sa použiť na monitorovanie teploty vodných tokov a jazier, čím umožňuje detekciu zmeny teplotných vzorcov, ktoré môžu súvisieť s vypúšťaním teplých vôd z priemyselných závodov alebo iných zdrojov. Taktiež môže byť použitá na monitorovanie teploty pôdy a vegetácie, čo poskytuje informácie o teplotných zmenách v prírodných ekosystémoch a ich možných dôsledkoch na biodiverzitu.

Termografické systémy tiež umožňujú rýchlu identifikáciu a lokalizáciu tepelných únikov v budovách a iných stavbách, čo môže viesť k zvýšeniu energetickej účinnosti a zníženiu environmentálneho dopadu budovania a prevádzky. Vďaka svojej schopnosti identifikovať tepelné anomálie môžu termovízne kamery pomôcť aj pri odhalení zdrojov znečistenia alebo netesností, čím prispievajú k ochrane životného prostredia a zdravia ľudí. [1]

ELEKTROMAGNETICKÉ ŽIARENIE

Elektromagnetické žiarenie reprezentuje prenos energie formou elektromagnetického vlnenia. Elektromagnetické vlny predstavujú lokálnu modifikáciu elektromagnetického poľa, periodický proces, ktorý zahŕňa priestorové a časové zmeny v intenzite elektrického poľa a súčasne vektora magnetického indukčného poľa. Elektromagnetické žiarenie zahŕňa celé elektromagnetické spektrum, od gama žiarenia až po rádiové vlny. Rýchlosť šírenia vo vákuu, teda rýchlosť svetla, je 299 792,458

km/s, čo je podľa teórie relativity maximálna možná rýchlosť vo vesmíre. Ľudský zrak dokáže vnímať len oblasť elektromagnetického spektra nazývanú viditeľné svetlo, s frekvenciami približne od 380 do 780 nm. V elektromagnetickom spektre existuje niekoľko metód zobrazovania, ktoré sa definujú podľa rozsahu frekvencií elektromagnetického žiarenia. Tieto metódy poskytujú rôznorodé informácie založené na ich fyzikálnych princípoch. Charakteristiku infračerveného žiarenia emitovaného objektom popisuje Planckov zákon z hľadiska spektrálnej emisie žiarenia.[1][3]

MOŽNOSTI VYUŽITIA TERMOVÍZNYCH KAMIER A ICH TECHNICKÉ PARAMETRE

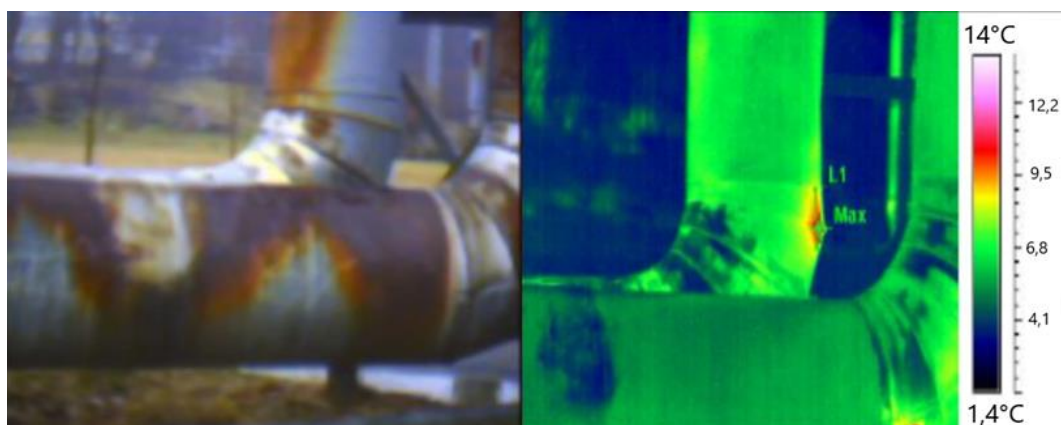
Termovízne kamery sú neoceniteľným nástrojom v oblasti ochrany životného prostredia, ktorý poskytuje detailné informácie o tepelných vlastnostiach rôznych objektov a prostredí. Ich využitie je široké a závisí od ich technických parametrov, ktoré ovplyvňujú ich schopnosť zachytávať a analyzovať tepelné dáta[4].

Pri výbere termovíznej kamery je dôležité zvážiť niekoľko technických parametrov:

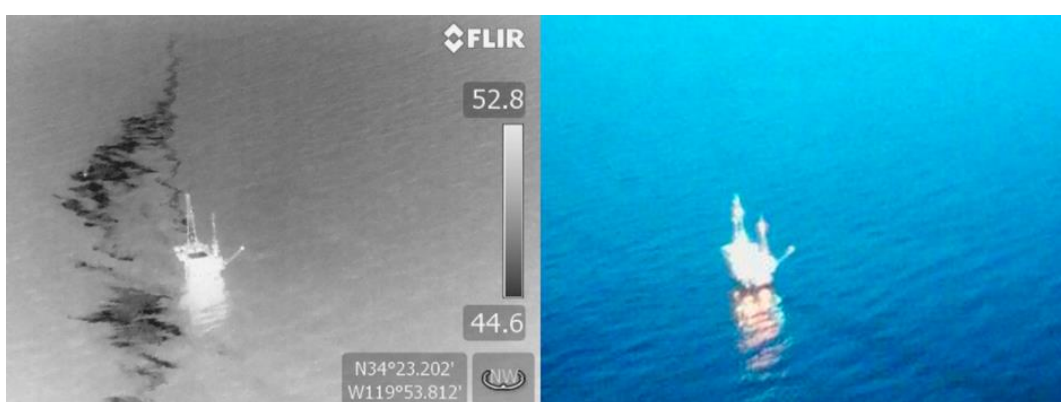
- **Rozlišovacia schopnosť:** Tento parameter určuje schopnosť kamery rozlíšiť detaily vo vzorkovanom obrazovom obraze. Čím vyššia je rozlišovacia schopnosť, tým presnejšie a detailnejšie môže kamera zachytiť tepelné rozloženie.
- **Citlivosť:** Citlivosť kamery udáva jej schopnosť detegovať tepelné rozdiely. Vyššia citlivosť znamená, že kamera môže zachytiť aj veľmi malé zmeny teploty, čo je dôležité pre presné meranie teplotných anomálií.
- **Teplotný rozsah:** Teplotný rozsah kamery definuje rozsah teplôt, ktoré môže kamera merať. Pre aplikácie v ochrane životného prostredia je dôležité, aby kamera pokrývala široký teplotný rozsah, aby bola schopná zachytiť rôzne teplotné podmienky.
- **Presnosť:** Presnosť kamery udáva jej schopnosť poskytovať presné merania teploty. Vysoká presnosť je kľúčová pre spoľahlivé výsledky meraní a diagnostiky[4][5].

Ekológia je ďalším oborom, v ktorom sa termovízia v poslednej dobe využíva čoraz častejšie. Záujem ľudí o životné prostredie a ekológiu neustále narastá, čo vedie k zvýšenému dopytu po ekologicky šetrnejších zariadeniach, vozidlách a budovách. Téma ochrany životného prostredia je aktuálna najmä v neďávnych rokoch. Pomocou termovízie môžeme napríklad získať informácie o teplote vody vo vodných nádržiach a odhaliť tak miesta s vysokou teplotou, spôsobené nedostatočným prúdením vody. Lietajúce termovízne snímky nám umožňujú získať poznatky o mikroklimе v obývaných oblastiach a na základe týchto snímok môžeme určiť množstvo tepelnej energie, ktorú objekty absorbujú alebo odovzdávajú. Následne je možné prostriedkami ako vysádzanie stromov tento stav upraviť. Termovízia sa tiež využíva na sledovanie atmosféry (búrky, hurikány atď.). Starostlivosť o životné prostredie viedla Agentúru pre ochranu životného prostredia (EPA) a ďalšie americké spoločnosti k identifikácii a súdnemu stíhaniu znečisťovateľov životného prostredia. Emisie, ako sú oleje, chemikálie a znečisťujúce látky, vyžarujú rôzne teploty ako okolitá pôda alebo voda. Vďaka termovíznym snímkam môže vyšetrovateľ tieto látky vystopovať až k ich zdroju[1][8].

Využitie termovíznych kamier pri ochrane životného prostredia je naozaj široké a uplatnenie termovíznych kamier je veľmi dôležitou súčasťou environmentálnej sféry. Príkladom môže byť snímanie potrubí a detekcia chybných častí a zabráneniu tak úniku tepla alebo aj iných látok do ovzdušia. Ale tiež sa termovízne kamery využívajú na lietadlách a snímaním ropných plošín sa dokáže včas zabrániť úniku ropy do oceánu.



Obr. 1 - Distribúcia tepla v skorodovanom tepelnom potrubí



Obr. 2 - Snímka ropnej plošiny a únik ropy do oceánu

Pri výbere termovíznej kamery je tiež dôležité zvážiť potreby konkrétnej aplikácie a prostredia, v ktorom sa bude kamera používať. Rôzne aplikácie môžu vyžadovať rôzne technické parametre kamery, a preto je dôležité vybrať takú kameru, ktorá najlepšie vyhovuje konkrétnym potrebám.

VÝPOČTOVÉ METÓDY A MATEMATICKÉ MODELY RELEVANTNÉ PRE TERMOGRAFICKÉ SYSTÉMY

Pri interpretácii termografických dát a analýze tepelných obrazov je dôležité mať k dispozícii vhodné výpočtové metódy a matematické modely. Tieto metódy a modely umožňujú presnú interpretáciu tepelných dát a poskytujú dôležité informácie o teplotných vlastnostiach skúmaných objektov a prostredí.

Medzi najpoužívanejšie výpočtové metódy a matematické modely patria:

- **Termálna analýza obrazov:** Táto metóda zahŕňa analýzu tepelných obrazov získaných termovíznymi kamerami s cieľom identifikovať teplotné anomálie, tepelné úniky a iné tepelné charakteristiky objektov a prostredí. Termálne obrazy môžu byť analyzované pomocou rôznych algoritmov a techník spracovania obrazu na získanie podrobných informácií o teplotných rozloženiach[15].
- **Infratepelné modelovanie:** Tento prístup zahŕňa vytvorenie matematických modelov tepelných procesov a prenosu tepla v skúmaných objektoch a prostrediach. Tieto modely môžu byť použité na simuláciu teplotných podmienok a predikciu teplotných zmien v rôznych scenároch, čo umožňuje lepšie porozumenie tepelných vlastností a chovania skúmaných systémov[16].
- **Kalibrácia a overovanie presnosti:** Kalibrácia termovízných kamier a overovanie ich presnosti sú dôležité kroky pri interpretácii termografických dát. Kalibračné procedúry a metódy overovania presnosti umožňujú zaručiť spoľahlivé merania teploty a presné interpretácie tepelných obrazov.

Výpočtové metódy a matematické modely sú neoddeliteľnou súčasťou procesu interpretácie termografických dát a poskytujú dôležité nástroje pre presné a spoľahlivé analýzy tepelných vlastností rôznych objektov a prostredí[9][10].

POROVNANIE TERMOVÍZNYCH KAMIER FLUKE TI32 A FLIR T440

Pri porovnávaní termovíznych kamier FLUKE Ti32 a FLIR T440 sme sa zamerali na ich technické parametre a schopnosti v rôznych aplikáciách. FLUKE Ti32 je známa svojou vysokou rozlišovacou schopnosťou a presnosťou merania teploty, zatiaľ čo FLIR T440 sa vyznačuje širokým teplotným rozsahom a vysokou citlivosťou.

Technické parametre oboch kamier sme analyzovali vzhľadom na ich schopnosť detegovať tepelné anomálie a poskytnúť presné merania teploty. Pri testovaní sme zohľadnili aj environmentálny dopad ich výroby a používania, ako aj možnosti ich recyklácie a likvidácie[17].



Obr. 3 – termovízna kamera FLIR T440 a FLUKE Ti32

Porovnanie kamier FLIR T440 a Fluke Ti32 ukazuje ich rozdielne vlastnosti a vhodnosť pre rôzne aplikácie. FLIR T440 má termovízny snímač s rozlíšením 320 x 240 pixelov, čo poskytuje detailnejší obraz, zatiaľ čo Fluke Ti32 má rovnaké rozlíšenie. FLIR T440 disponuje pokročilými funkciami ako dotyková obrazovka, Wi-Fi pripojenie, technológia Plus MSX® pre zlepšenie obrazu a funkcia METERLiNK® pre bezdrôtový prenos diagnostických údajov. Naopak, Fluke Ti32 neponúka dotykovú obrazovku ani Wi-Fi pripojenie, ale disponuje technológiou IR-Fusion®, ktorá umožňuje zobrazit' infračervený a optický snímok súčasne. FLIR T440 je určená pre profesionálne, priemyselné a komerčné použitie, s dôrazom na diagnostiku budov, údržbu zariadení a energetické audity. Naopak, Fluke Ti32 je optimalizovaná pre priemyselnú a komerčnú údržbu zariadení. FLIR T440 ponúka viac pokročilých funkcií ako viacnásobné merania, kreslenie a označovanie na obrazovke a funkciu hlasového záznamu komentárov. Celkovo vzaté, FLIR T440 je vhodnejšia pre širší rozsah aplikácií a profesionálnych používateľov, zatiaľ čo Fluke Ti32 je spoľahlivá kamera pre základné aplikácie v priemyselnej a komerčnej údržbe. FLIR T440 má aj výhodu vo viacnásobných možnostiach merania a možnostiach kreslenia a označovania priamo na obrazovke, čo zvyšuje jeho flexibilitu a praktickosť v teréne. Okrem toho, funkcia METERLiNK® umožňuje bezdrôtový prenos dôležitých diagnostických údajov priamo do kamery, čo zjednodušuje proces merania a dokumentácie výsledkov. Naopak, Fluke Ti32 disponuje technológiou IR-Fusion®, ktorá umožňuje spojenie infračerveného a optického snímku, čo môže byť užitočné pri detailnejšej analýze problémov. Jeho jednoduché používanie a spoľahlivý výkon ho robia vhodnou voľbou pre používateľov, ktorí potrebujú spoľahlivú a efektívnu termovíznu kameru pre základné údržbové práce. Celkovo vzaté, voľba medzi FLIR T440 a Fluke Ti32 bude závisieť od konkrétnych požiadaviek a preferencií používateľa, pričom obidve kamery ponúkajú spoľahlivý výkon a množstvo funkcií pre rôzne aplikácie v oblasti údržby a diagnostiky[18][19].

Tab. 1 - Porovnanie parametrov kamier FLUKE Ti32 a FLIR T440

	FLUKE Ti32	FLIR T440
Presnosť merania	±2°C	±2°C
Teplotný rozsah	-20°C až +600°C	-20°C až 1200°C
Technológia	IR-FUSION	MSX
Rozlíšenie term. snímača	320 x 240	320 x 240
Počet pixelov obrazovky	76800	76800
Zorné pole	23° x 17°	25° x 19°
Tepelná citlivosť	≤ 0,05°C	<0,045°C
Pripojenie WiFi/Bluetooth	NIE	ÁNO
Prepojenie s inými meracími zariadeniami	NIE	ÁNO (METERLiNK)
Minimálna vzdialenosť zaostrenia	0,5m	0,4m
Spektrálny rozsah	7,5 - 14μm	7,5 - 13μm
Odolnosť	Voda: ÁNO Pád: 2m	Voda: NIE Pád: NIE
Video výstupy	NIE	ÁNO
Dotykový displej	NIE (3,7 palca LCD)	ÁNO (3,5 palca LCD)
IR digitálny zoom	NIE	ÁNO

DISKUSIA

Diskusia venuje pozornosť interpretácii výsledkov praktickej časti a ich relevancii v kontexte environmentálnej ochrany. Porovnanie medzi FLUKE Ti32 a FLIR T440 prinieslo zaujímavé poznatky o ich schopnostiach a obmedzeniach pri identifikácii stavebných chýb a nedostatkov.

Je dôležité si uvedomiť, že efektívnosť termovíznych systémov závisí nielen od ich technických parametrov, ale aj od správnej interpretácie získaných dát a vhodného použitia v konkrétnych aplikáciách. Pri analýze termografických dát je nevyhnutné zohľadniť rôznorodosť teplotných podmienok, prostredia a materiálov, čo môže ovplyvniť presnosť a spoľahlivosť výsledkov.

Diskutujeme aj o potenciálnych oblastiach vylepšenia a možnostiach ďalšieho výskumu v tejto oblasti. Medzi tieto oblasti patrí napríklad vývoj pokročilejších výpočtových algoritmov na spracovanie termografických dát, optimalizácia kalibrácie termovíznych kamier a využitie inteligentných systémov na automatizovanú analýzu a interpretáciu tepelných obrazov.

Diskusia tiež kladie dôraz na dôležitosť vzdelávania a informovanosti v oblasti používania termovíznych systémov. Zvýšené povedomie a odborná príprava užívateľov môžu prispieť k lepšiemu využitiu týchto technológií na ochranu životného prostredia a minimalizáciu environmentálneho dopadu stavebných a priemyselných činností.

ZÁVER

V záverečnej časti článku sme zdôraznili dôležitosť využitia termovíznych systémov v kontexte environmentálnej udržateľnosti a ochrany prírody. Na základe experimentálnych výsledkov sme potvrdili ich hodnotu pri identifikácii a minimalizácii negatívneho vplyvu stavebných chýb a nedostatkov na životné prostredie. Záverom sme podčiarkli význam ďalšieho výskumu a rozvoja tejto oblasti s cieľom efektívnejšieho využitia termovíznych systémov na ochranu životného prostredia.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1]. Begáni, Maroš (2021). Aplikáčné možnosti termovíznych systémov v praxi – Košice: Technická Univerzita v Košiciach. – [on-line] Available on - URL: <https://opac.crzp.sk/?fn=docview2ChildC3SSUS&record=1CB25EF4639541CD2DCAB9031481&seo=CRZP-Prehliadanie-pr%C3%A1c>
- [2]. SCPC. Thermovision. [online]. 2021. [cit. 20-03-2021]. – [on-line] Available on - URL: <https://www.scpc.sk/en/services/energy-efficiency/thermovision.html>.
- [3]. Silva, G. P., Batista, P. I. B., Póvoas, Y. V. The usage of infrared thermography to study thermal performance of walls: a bibliographic review. In Revista ALCONPAT. Vol. 9. No 2. 2019. s. 117 - 129. ISSN 2007-6835. <https://doi.org/10.21041/ra.v9i2.341>
- [4]. Proszak-Miąsik, D. Use of thermal imaging in construction. In Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce I Ochronie Środowiska. Vol. 9. No 2. 2019. s. 12-15. ISSN 2083-0157. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.2540>
- [5]. Pyrosales. Thermal imaging – where is it used? [online]. 2018. [cit. 30-03-2021]. – [on-line] Available on - URL: <https://www.pyrosales.com.au/blog/thermal-imaging/thermal-imaging-where-is-it-used>.
- [6]. Hudeczek, M., Sopuch, P. Rutinní využití termovize v elektrotechnické praxi. 37 s. [online]. 2015. [cit. 23-03-2021]. – [on-line] Available on - URL: http://matlab.fei.tuke.sk/prs/subory/literatura_7/Termovizia/Rutinni%C2%AD%20vyuziti%C2%AD%20termovize%20v%20praxi%20VN,%20NN-1.pdf.
- [7]. FLIR® Systems. How Does Emissivity Affect Thermal Imaging? [online]. 2019. [cit. 11-04-2021]. – [on-line] Available on - URL: <https://www.flir.com/discover/professional-tools/how-does-emissivity-affect-thermal-imaging/>.
- [8]. Maldague, X.P.V. a kol. Fundamentals of Infrared and Thermal Testing. In Nondestructive Handbook, Infrared and Thermal Testing. ASNT Press: Columbus. USA. 2001. 718 s. ISBN 978-15-7117-081-1
- [9]. Hildebrandt. C., Raschner, C., Ammer, K. An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. In Sensors. Vol. 10. No. 5. 2010. s. 4700-4715. ISSN 1424-8220. <https://doi.org/10.3390/s100504700>
- [10]. Brynda, P. Úvod do teorie termovizního měření. Praha: České vysoké učení technické. [online]. 2010. [cit. 09-04-2021]. – [on-line] Available on - URL: https://www.fd.cvut.cz/projects/k611x1s/doc/works/teorie_brynda.pdf.
- [11]. Jin, X., Zhang, X., Cao, Y., Wang, G. Thermal performance evaluation of the wall using heat flux time lag and decrement factor. In Energy and Buildings. Vol. 47. 2012. s. 369-374. ISSN 0378-7788. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.12.010>
- [12]. Balaji, N., Mani, M., Reddy, B. Thermal Performance of the Building Walls. In Preprints of the 1st IBPSA Italy conference Free University of Bozen-Bolzano. 2013. s. 1-7. ISBN 978-88-6046-058-5.
- [13]. Steidl T., Krause P. Termowizja w ocenie jakości przegród budowlanych. In Pomiar Automatyka Kontra. Vol. 55. No 11. 2009. s. 942-945. ISSN 0032-4140
- [14]. Proszak-Miąsik, D. Use of thermal imaging in construction. In IAPGOS. Vol. 2. 2019. s. 12–15. ISSN 2391-6761 <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.2540>
- [15]. PD&R. Thermal Imaging for Building Diagnostics. [online]. 2020. [cit. 09-04-2021]. – [on-line] Available on - URL: <https://www.huduser.gov/portal/pdredge/pdr-edge-trending-031819.html>.
- [16]. Proszak-Miąsik, D. Use of thermal imaging in construction. In IAPGOS. Vol. 2. 2019. s. 12–15. ISSN 2391-6761 <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.2540>
- [17]. Fluke. Fluke Ti32. [online]. 2021. [cit. 18-04-2021]. – [on-line] Available on - URL: <https://www.fluke.com/cs-cz/search/fluke/?query=Fluke%20Ti32/>.
- [18]. FLIR® Systems. About. [online]. 2021. [cit. 18-04-2021]. – [on-line] Available on - URL: <https://www.flir.com/about/about-flir/>.



- [19]. FLIR® Systems. FLIR T420 & T440. [online]. 2021. [cit. 20-04-2021]. Dostupné na internete:<https://www.globaltestsupply.com/pdfs/cache/www.globaltestsupply.com/t440/datasheet/t440-datasheet.pdf>>.