

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Charakteristické tepelně technické vady a poruchy
obvodových plášťů budov

Autor práce: Bc. Libor Černý

Vedoucí práce: Ing. Jan Kubát, Ph.D.

Plzeň 2024

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Libor ČERNÝ**
Osobní číslo: **A22N0147P**
Studijní program: **N0732P260002 Stavební inženýrství – Moderní budovy**
Specializace: **Navrhování a provádění budov**
Téma práce: **Charakteristické tepelně technické vady a poruchy obvodových plášťů budov**
Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

Zásady pro vypracování

1. Zpracování rešerše na téma: Vady a poruchy obvodových plášťů budov. Principy termografického snímkování. Zásady pro provádění termografického měření (přístrojové nastavení, vhodné klimatické podmínky, kompozice snímku). Zhodnocení výhod a nevýhod termografie, další možnosti využití termografie.
2. Provedení vlastního termografického měření u cca 60 až 80 vybraných objektů pokrývajících širší spektrum lokální výstavby, budou zaznamenány všechny okolnosti měření. U nejméně poloviny objektů je nutné zjistit a zdokumentovat detaily provedení a skladby konstrukcí.
3. Zpracování analýzy naměřených dat, ve které budou jednotlivé měřené objekty vhodně roztříděny a seskupeny. Řešení systémových problémů obvodových plášťů a vybraných konstrukčních detailů budou porovnány s výsledky ze software Area. Zhodnocení závažnosti vad a poruch.
4. Provedte vyhodnocení analýzy a interpretaci výsledků.

Rozsah diplomové práce: **úvodní část – 50 – 60 stran A4**
Rozsah grafických prací: **práce skládající se z textových částí a výkresové přílohy**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. ČSN EN 13822 – 73 0038 Hodnocení existujících konstrukcí.
2. TNI 73 0329 Požadavky na celkovou vzduchotěsnost nízkoenergetických a pasivních rodinných domů.
3. ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, revize 2011.
4. SMOLA J.: Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů, Grada 2011.
5. NOVÁK, J.: Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov, Grada 2008.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Kubát, Ph.D.**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **11. října 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **31. května 2024**



Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 11. října 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci pod názvem „Charakteristické tepelně technické vady a poruchy obvodových plášťů budov“ vypracoval samostatně pod dohledem vedoucího diplomové práce s využitím literatury a pramenů, které jsou řádně ocitovány a uvedeny v souladu s ČSN ISO 690 Informace a dokumentace – Pravidla bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů.

V Plzni dne

.....

Bc. Libor Černý

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Janu Kubátovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce a za konzultace, při kterých mi věnoval svůj čas a poskytl cenné rady. Děkuji také všem pedagogům za získané znalosti během celého studia. Dále bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Janu Paškovi, Ph.D. za zapůjčení termokamery, díky které jsem mohl provádět potřebná měření.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá charakteristickými tepelně technickými vadami a poruchami obvodových plášťů budov. První část práce je zaměřena na teoretický základ, který zahrnuje definici obvodových plášťů, hodnocení obálky budovy, nejčastější vady a poruchy obvodových plášťů budov a zásady provádění termografického snímkování. Druhá část se zaměřuje na termografické snímkování jednotlivých objektů, jeho analýzu a interpretaci výsledků. Dále pak na zhodnocení konkrétních detailů v daném softwaru. Cílem práce je přispět k lepšímu porozumění této problematice a snaha zefektivnit vliv zateplovacích systémů.

Klíčová slova

obvodový plášť, tepelný most, vzduchotěsnost obvodového pláště, termografické snímkování, termokamera, infračervené záření, Area 2017, rodinný dům, bytový dům, zateplovací systém, tepelná izolace

Bibliografická citace VŠKP

ČERNÝ, Libor. *Charakteristické tepelně technické vady a poruchy obvodových plášťů budov*. Plzeň, 2024. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky. Vedoucí práce Ing. Jan Kubát, Ph.D.

Obsah

1.	Seznámení s problematikou.....	15
1.1	Důraz na energetiku a životní prostředí	15
1.2	Požadavky na obvodové pláště z hlediska stavební fyziky.....	16
1.3	Požadavky na obvodové pláště z hlediska právních předpisů	17
1.4	Možnosti hodnocení kvality obálky budovy	17
2.	Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov.....	19
2.1	Přehled typických netěsností.....	21
2.2	Měření vzduchotěsnosti	21
3.	Vady a poruchy obvodových plášťů budov.....	22
3.1	Tepelné mosty	22
3.2	Nedostatečná nebo nekvalitní tepelná izolace.....	25
3.3	Vlhkost a kondenzace	26
3.4	Výplně stavebních otvorů	28
3.5	Použití nevhodných stavebních materiálů.....	29
4.	Principy termografického snímkování	30
4.1	Infračervené záření.....	30
4.2	Detekce infračerveného záření	31
4.3	Emisivita materiálů	32
4.4	Princip fungování termokamery.....	33
5.	Zásady pro provádění termografického měření.....	34
5.1	Příprava – před měřením	34
5.2	Denní doba	34
5.3	Povětrnostní podmínky	34
5.4	Kalibrace termokamery	34
5.5	Vyloučení reflexí.....	34
5.6	Přístrojové nastavení termokamery.....	34

6.	Zhodnocení výhod a nevýhod termografie	35
6.1	Výhody termografie	35
6.2	Nevýhody termografie	36
7.	Další využití termografie	36
8.	Praktická část – analýza naměřených dat	38
8.1	Průvodní text	38
8.2	Seznam termografického měření objektů.....	39
8.3	Bytové domy (BD).....	42
8.4	Rodinné domy (RD).....	84
8.5	Ostatní objekty (OS)	95
9.	Vybrané detaily zpracované v softwaru Area 2017	107
10.	Závěr.....	118
11.	Seznam odborné literatury.....	121

Seznam obrázků

Obr. 1: Hodnoty součinitele prostupu tepla Zdroj: (ČSN 73 0540-2).....	17
Obr. 2: Energetický štítek obálky budovy Zdroj: (www.hrouda.cz, 2024).....	18
Obr. 3: Průkaz energetické náročnosti budovy Zdroj: (cs.wikipedia.org, 2024)	19
Obr. 4: Přehled typických netěsností Zdroj: (Novák, 2024)	21
Obr. 5: Tepelný most, netěsnost obvodového pláště Zdroj: (autor, 2024).....	23
Obr. 6: Tepelný most, kotvení tepelného izolantu Zdroj: (autor, 2024)	24
Obr. 7: Kritické místo, roh místnosti Zdroj: (autor, 2024)	27
Obr. 8: Termokamera Flir T620 Zdroj: (flir.com, 2024)	38
Obr. 9: Snímky BD – 1 Zdroj: (autor, 2024)	45
Obr. 10: Snímky BD – 2 Zdroj: (autor, 2024).....	46
Obr. 11: Snímky BD – 3 Zdroj: (autor, 2024).....	47
Obr. 12: Snímky BD – 4 Zdroj: (autor, 2024).....	48
Obr. 13: Snímky BD – 5 Zdroj: (autor, 2024).....	49
Obr. 14: Snímky BD – 6 Zdroj: (autor, 2024).....	50
Obr. 15: Snímky BD – 7 Zdroj: (autor, 2024).....	51
Obr. 16: Snímky BD – 8 Zdroj: (autor, 2024).....	52
Obr. 17: Snímky BD – 9 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	53
Obr. 18: Snímky BD – 10 Zdroj: (autor, 2024).....	54
Obr. 19: Snímky BD – 11 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)	55
Obr. 20: Snímky BD – 12 Zdroj: (autor, 2024).....	56
Obr. 21: Snímky BD – 13 Zdroj: (autor, 2024).....	57
Obr. 22: Snímky BD – 14 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)	58
Obr. 23: Snímky BD – 15 Zdroj: (autor, 2024).....	59
Obr. 24: Snímky BD – 16 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	60
Obr. 25: Snímky BD – 17 Zdroj: (autor, 2024).....	61
Obr. 26: Snímky BD – 18 Zdroj: (autor, 2024).....	62

Obr. 27: Snímky BD – 19 Zdroj: (autor, 2024).....	63
Obr. 28: Snímky BD – 20 Zdroj: (autor, 2024).....	64
Obr. 29: Snímky BD – 21 Zdroj: (autor, 2024).....	65
Obr. 30: Snímky BD – 22 Zdroj: (autor, 2024).....	66
Obr. 31: Snímky BD – 23 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	67
Obr. 32: Snímky BD – 24 Zdroj: (autor, 2024).....	68
Obr. 33: Snímky BD – 25 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	69
Obr. 34: Snímky BD – 26 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	70
Obr. 35: Snímky BD – 27 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	71
Obr. 36: Snímky BD – 28 Zdroj: (autor, 2024).....	72
Obr. 37: Snímky BD – 29 Zdroj: (autor, 2024).....	73
Obr. 38: Snímky BD – 30 Zdroj: (autor, 2024).....	74
Obr. 39: Snímky BD – 31 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	75
Obr. 40: Snímky BD – 32 Zdroj: (autor, 2024).....	76
Obr. 41: Snímky BD – 33 Zdroj: (autor, 2024).....	77
Obr. 42: Snímky BD – 34 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	78
Obr. 43: Snímky BD – 35 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	79
Obr. 44: Snímky BD – 36 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	80
Obr. 45: Snímky BD – 37 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	81
Obr. 46: Řadový bytový dům Zdroj: (autor, 2024).....	82
Obr. 47: Snímky RD – 1 Zdroj: (autor, 2024).....	85
Obr. 48: Snímky RD – 2 Zdroj: (autor, 2024).....	86
Obr. 49: Snímky RD – 3 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024).....	87
Obr. 50: Snímky RD – 4 Zdroj: (autor, 2024).....	88
Obr. 51: Snímky RD – 5 Zdroj: (autor, 2024).....	89
Obr. 52: Snímky RD – 6 Zdroj: (autor, 2024).....	90
Obr. 53: Snímky RD – 7 Zdroj: (autor, 2024).....	91

Obr. 54: Snímky RD – 8 Zdroj: (autor, 2024).....	92
Obr. 55: Snímky RD – 9 Zdroj: (autor, 2024).....	93
Obr. 56: Nezateplený sokl RD Zdroj: (autor, 2024)	94
Obr. 57: Snímky OS – 1 Zdroj: (autor, 2024).....	96
Obr. 58: Snímky OS – 2 Zdroj: (autor, 2024).....	97
Obr. 59: Snímky OS – 3 Zdroj: (autor, 2024).....	98
Obr. 60: Snímky OS – 4 Zdroj: (autor, 2024).....	99
Obr. 61: Snímky OS – 5 Zdroj: (autor, 2024).....	100
Obr. 62: Snímky OS – 6 Zdroj: (autor, 2024).....	101
Obr. 63: Snímky OS – 7 Zdroj: (autor, 2024).....	102
Obr. 64: Snímky OS – 8 Zdroj: (autor, 2024).....	103
Obr. 65: Snímky OS – 9 Zdroj: (autor, 2024).....	104
Obr. 66: Snímky OS – 10 Zdroj: (autor, 2024).....	105
Obr. 67: Kotvy zatepovacího systému Zdroj: (autor, 2024)	107
Obr. 68: Detail A – nezapuštěná ocelová kotva Zdroj: (autor, 2024).....	108
Obr. 69: Detail A – zapuštěná ocelová kotva Zdroj: (autor, 2024).....	109
Obr. 70: Detail A – zapuštěná polyamidová kotva Zdroj: (autor, 2024)	110
Obr. 71: Nadpraží okenních otvorů Zdroj: (autor, 2024).....	111
Obr. 72: Detail B – nadpraží okenních otvorů Zdroj: (autor, 2024)	112
Obr. 73: Detail B – nadpraží okenních otvorů, úprava Zdroj: (autor, 2024)	113
Obr. 74: Nezateplené soklové zdivo Zdroj: (autor, 2024)	113
Obr. 75: Detail C – soklové zdivo Zdroj: (autor, 2024).....	114
Obr. 76: Detail C – soklové zdivo, úprava Zdroj: (autor, 2024).....	115
Obr. 77: Předstupující stěny PS61 Zdroj: (autor, 2024).....	116
Obr. 78: Detail D – předstupující stěny PS61 Zdroj: (autor, 2024)	117
Obr. 79: Detail D – předstupující stěny PS61, úprava Zdroj: (autor, 2024).....	117

Seznam tabulek

Tab. 1: Seznam termografického měření objektů Zdroj: (autor, 2024)	39
Tab. 2: Seznam termografického měření bytových domů Zdroj: (autor, 2024)	42
Tab. 3: Seznam termografického měření rodinných domů Zdroj: (autor, 2024)	84
Tab. 4: Seznam termografického měření ostatních objektů Zdroj: (autor, 2024).....	95

Úvod

Obvodové pláště budov hrají klíčovou roli v zajištění energetické účinnosti, tepelně technického komfortu a dlouhodobé životnosti stavebních objektů. S rostoucími požadavky na snižování energetické náročnosti budov a zvyšování kvality vnitřního prostředí se stále více pozornosti věnuje správnému návrhu, provedení a údržbě zateplovacích systémů. Přestože moderní zateplovací technologie přinášejí řadu výhod, praxe ukazuje, že se často setkáváme s různými tepelně technickými vadami a poruchami obvodových plášťů, které mohou výrazně ovlivnit jejich funkčnost a účinnost.

Tato diplomová práce si klade za cíl identifikovat a analyzovat nejčastější problémy spojené s tepelnou izolací obvodových konstrukcí. Tato problematika je aktuální nejen z pohledu energetických úspor a ekonomických aspektů, ale také z hlediska udržitelnosti a ochrany životního prostředí.

První část práce se zaměří na teoretický základ, který zahrnuje definici obvodových plášťů, jejich funkce a význam z hlediska tepelně technických vlastností objektu. Dále budou představeny způsoby hodnocení obálky budovy a její vzduchotěsnost, nejčastější vady a poruchy obvodových plášťů budov a úvod do termografického měření. Budou popsány principy a zásady provádění termografického snímkování, dále jeho výhody, nevýhody a další možná využití termografie v jiných oborech.

V druhé části diplomové práce budou prezentovány výsledky termografického snímkování jednotlivých objektů. Bude provedena analýza konkrétních případů tepelně technických vad a poruch, které byly zjištěny u různých typů budov. Tento výzkum bude zahrnovat termografické měření, identifikaci kritických míst obvodových plášťů a návrhy možných řešení pro eliminaci zjištěných nedostatků. Pro návrh vhodného řešení zjištěných nedostatků bude použit software Area 2017.

Závěrem práce bude shrnutí hlavních zjištění, doporučení pro praxi a návrh vhodných řešení nedostatků v oblasti tepelně technických vlastností obvodových plášťů budov. Cílem je přispět k lepšímu porozumění této problematice a snaha zefektivnit vliv zateplovacích systémů při snaze snížit energetickou náročnost budov.

1. Seznámení s problematikou

Obvodový plášť je vnější obálka budovy, která poskytuje ochranu proti vnějším vlivům a zároveň ovlivňuje vzhled a funkčnost budovy. Jedná se o statický a estetický prvek, který má mnoho důležitých funkcí.

Obvodový pláště, někdy též nazývaný fasáda, chrání vnitřní prostory budovy před deštěm, větrem, sněhem, sluncem a dalšími povětrnostními vlivy, které by mohly způsobit poškození konstrukce a interiéru. Poskytuje tepelnou a zvukovou izolaci, což je klíčové pro udržení pohodlného a energeticky nenáročného vnitřního prostředí. Fasáda může ovlivnit vzhled budovy a přispět k její architektonické hodnotě a estetice. Může být vyrobena z různých materiálů a má různé povrchové úpravy, které mohou být přizpůsobeny stylu a designu budovy. V neposlední řadě obvodový pláště plní statickou neboli konstrukční část budovy.

Obvodový plášť může být vyroben z různých materiálů, například z tvárnice, betonu, dřeva, kovů, skla, plastů a kompozitních materiálů. Volba materiálu závisí na vzhledu, izolačních vlastnostech, odolnosti proti povětrnostním vlivům, pořizovacích nákladech a dalších faktorech. Každý materiál má své výhody a nevýhody, a proto je důležité zvážit tyto faktory při výběru vhodného obvodového pláště pro danou budovu.

1.1 Důraz na energetiku a životní prostředí

Stavebnictví hraje klíčovou roli v úsilí snižování energetické náročnosti a ochraně životního prostředí. Budovy představují významný podíl na celkové spotřebě energie, a proto se klade velký důraz na optimalizaci energetické náročnosti budov. To zahrnuje použití moderních izolačních materiálů, kvalitních oken a dveří, moderních systémů vytápění a chlazení. Existuje řada certifikací a standardů, které hodnotí energetickou náročnost a udržitelnost budov. Tyto certifikace motivují developery a majitele budov k investicím do energeticky účinných a udržitelných systémů.

Stavebnictví se stále více obrací k využívání obnovitelných zdrojů energie jako je solární a větrná energie. Instalace solárních panelů na střechy budov a využití větrných turbín na vhodných lokalitách může snížit spotřebu konvenčních zdrojů energie. Použití udržitelných a recyklovatelných materiálů při konstrukci budov může

snížit jejich ekologický dopad na životní prostředí. Doporučuje se používat dřevo z certifikovaných lesů, beton s recyklovaným kamenivem a materiály z recyklovaných surovin. Stavebnictví se také zaměřuje na minimalizaci stavebního odpadu a zavádění recyklace odpadů, to pomáhá snižovat zátěž životního prostředí a optimalizuje využití zdrojů.

Obvodové pláště budov hrají klíčovou roli v energetické náročnosti a udržitelnosti budov a mají významný vliv na životní prostředí. Kvalitní tepelná izolace v obvodovém plášti snižuje tepelné ztráty budovy v zimě a tepelný příjem v létě, což vede ke snížení spotřeby elektrické energie pro vytápění a chlazení. Pravidelná údržba pláště budovy může přispět k zachování tepelné účinnosti budovy a minimalizaci ztrát energie.

1.2 Požadavky na obvodové pláště z hlediska stavební fyziky

Důležitým faktorem omezení přenosu tepla obvodovým pláštěm je jeho součinitel prostupu tepla. Tato fyzikální veličina udává, jak dobře materiál nebo konstrukce izoluje (nebo vede) teplo. Čím nižší je hodnota součinitele prostupu tepla, tím lépe materiál izoluje. Je označen písmenem U a vyjádřen v jednotkách $[W/(m^2 \cdot K)]$, tedy kolik tepelné energie ve wattech se ztrácí při přenosu přes m^2 dané konstrukce při teplotním rozdílu 1K. (1) (2)

Nižších hodnot součinitele prostupu tepla se dosahuje například použitím dostatečné tloušťky tepelné izolace v konstrukci obvodového pláště a minimalizací tepelných mostů. I při extrémně nízkých venkovních teplotách v zimním období je nutné zajistit dostatečně vysokou povrchovou teplotu vnitřního povrchu budovy. Tato teplota nesmí klesnout pod rosný bod, obvykle kolem 12 – 13 °C za běžných podmínek vnitřní vlhkosti a teploty. Nejrizikovějšími místy jsou často rohy místností, nadpraží okenních otvorů a soklová část objektu. (1) (2)

Dalším požadavkem je vyloučení, případně alespoň omezení kondenzace vodních par v konstrukci obvodového pláště. Ověřuje se výpočtově pomocí softwarového programu pro všechna období roku s využitím takzvané roční bilance z kondenzovaného a odpařitelného množství vodní páry. Pro ovlivnění tohoto parametru je klíčový správný návrh a provedení skladby obvodového pláště, parozábrany nebo parobrzdy. Tedy celistvé vrstvy umístěné obvykle u vnitřního líce konstrukce, která brání, nebo alespoň omezuje průchod vodních par, které vznikají

provozem v objektu, do konstrukce obvodového pláště vlivem rozdílů tlaků v exteriéru a interiéru. Jedním z možných a bezpečných řešení je návrh difuzně otevřené skladby obvodového pláště. (1) (2)

1.3 Požadavky na obvodové pláště z hlediska právních předpisů

Pro jednotlivé konstrukce budov platí, že musí splňovat požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Na konstrukce nízkoenergetických objektů jsou kladeny vyšší požadavky a proto jejich konstrukce musí splňovat alespoň doporučené normové hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$.

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechem bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechem bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

Obr. 1: Hodnoty součinitele prostupu tepla

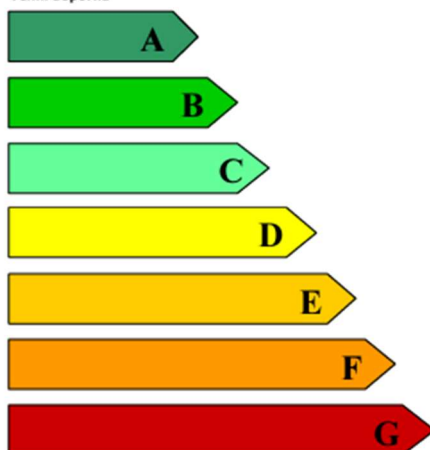
Zdroj: (ČSN 73 0540-2)

1.4 Možnosti hodnocení kvality obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy (EŠOB) je dokument, který poskytuje informace o energetické náročnosti budovy z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla skrz obvodové konstrukce, jako jsou stěny, střecha, podlaha, okna a dveře. Tento štítek je zpravidla povinným prvkem při prodeji nebo pronájmu

nemovitosti v mnoha zemích, včetně zemí Evropské unie. Budova je zařazena do určité energetické třídy na základě své energetické náročnosti. EŠOB rozlišuje sedm klasifikačních tříd, od A (velmi úsporná) do G (mimořádně neekonomická). (3)

Energetický štítek obálky budovy slouží k informování budoucích majitelů nebo zájemců o energetické náročnosti budovy a umožňuje jim porovnávat různé nemovitosti z hlediska energetické náročnosti. (3)

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy, místní označení				Hodnocení obálky budovy		
Adresa budovy				stavající		
Celková podlahová plocha $A_c = \text{_____m}^2$				doporučení		
C/	Velmi úsporná					
						
0,5	A					
0,75	B					
1,0	C					
1,5	D					
2,0	E					
2,5	F					
	G					
	Mimořádně neekonomická					
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{en} ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{en} = H/A$						
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{en,H}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$						
Klasifikační ukazatele C/ a jim odpovídající hodnoty U_{en}						
C/	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{en}						
Platnost štítku do			Datum			
Jméno a příjmení						

Obr. 2: Energetický štítek obálky budovy Zdroj: (www.hrouda.cz, 2024)

Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) je dokument, který poskytuje informace o energetické náročnosti budovy a její energetické efektivitě. Je to jeden z klíčových nástrojů pro hodnocení energetické účinnosti budov. PENB slouží k porovnání objektů mezi sebou na základě zařazení do klasifikačních tříd A (mimořádně úsporná) až G (mimořádně neekonomická). Zařazení do klasifikační

třídy je provedeno výpočtem, na základě typu, účelu užívání, tvaru a velikosti objektu, tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí, účinností instalovaných technických systémů, druhu paliva, který je v objektu spotřebováván a dalších vstupních údajů. (3)

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov	
Ulice, č.p./č.o.:	FOTO
PSČ, obec:	
K.ú., parcelní č.:	
Typ budovy:	
Celková energeticky vztažná plocha:	
KLASIFIKAČNÍ TŘÍDA Primární energie z neobnovitelných zdrojů kWh/(m ² ·rok)	
ROZDĚLENÍ DODANÉ ENERGIE MWh/rok	
■ Elektrizace ze sítě – XX,X ■ Slunce a en. prostředí – XX,X ■ Zemní plyn – XX,X ■ Biomasa – XX,X	
UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	XXX W/(m ² ·K) C
Měrná potřeba tepla na vytápění	XXX kWh/(m ² ·rok)
Celková dodaná energie XXX kWh/(m ² ·rok) B	
Vytápění	XXX kWh/(m ² ·rok) A
Chlazení	XXX kWh/(m ² ·rok) C
Nucené větrání	XXX kWh/(m ² ·rok) D
Úprava vlhkosti	XXX kWh/(m ² ·rok) C
Příprava teplé vody	XXX kWh/(m ² ·rok) C
Osvětlení	XXX kWh/(m ² ·rok) F
Energetický specialista:	Ev. č. průkazu:
Osvědčení č.:	Vyhotoveno dne:
Kontakt:	Podpis:

Obr. 3: Průkaz energetické náročnosti budovy Zdroj: (cs.wikipedia.org, 2024)

2. Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov

Tato problematika se řeší již několik let. Motivace k tomu vždy vycházela ze snahy o snížení energetické náročnosti budov, zajištění kvalitního větrání, vyšší spolehlivosti a delší životnosti konstrukcí. Postupně se vyvíjely diagnostické a výpočtové metody, hledala se technická řešení pro dosažení vzduchotěsnosti a zdokonalovaly se výrobky, které mají vzduchotěsnost zajistit. V posledních letech však dostala tato problematika nový a silný impuls zejména díky rostoucímu zájmu o nízkoenergetickou výstavbu, především v oblasti pasivních domů. (4) (5)

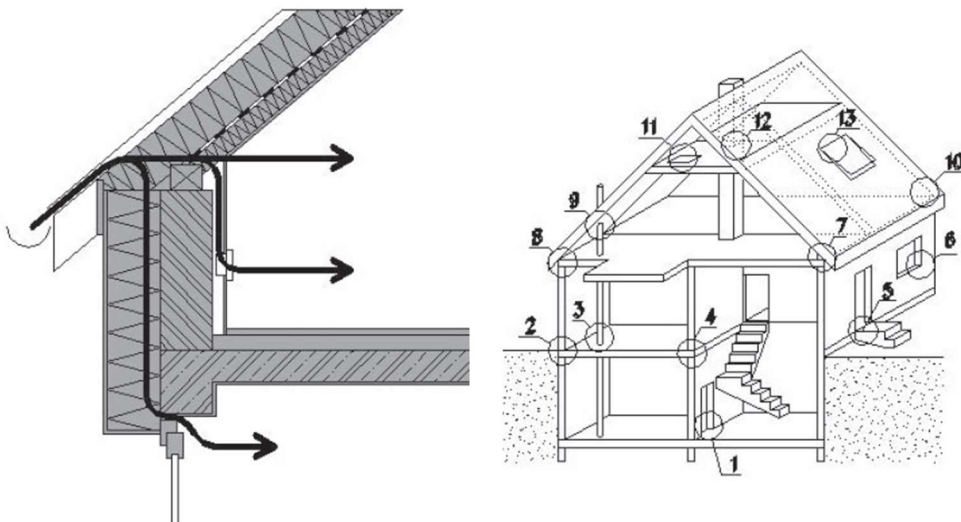
V České republice byla vzduchotěsnost donedávna vnímána především jako problém spojený s okenními spárami a styky obvodových dílců panelových objektů. Avšak v posledních letech se stává stále aktuálnější a diskutovanější tématem, které se řeší na mnohem obecnější úrovni. To souvisí s významnými změnami ve struktuře českého stavebnictví, kde se stále více uplatňují lehké skládané konstrukce, jež jsou citlivé na vznik netěsností (například dřevostavby, podstřešní obytné prostory atd.). Dále se stupňuje snaha o lepší tepelnou ochranu budov, často motivovaná osobním přesvědčením investorů, jejichž cíle přesahují legislativní požadavky. (4) (5)

Obálka budovy není nikdy dokonale vzduchotěsná, vždy do určité míry propouští vzduch. I přes to, že ve složení obvodových konstrukcí často nalezneme vrstvy porézních materiálů propustných pro vzduch (např. tepelná izolace), celková konstrukce bývá v ploše vzduchotěsná. To je dáno tím, že obvodové konstrukce jsou úmyslně (pro zajištění vzduchotěsnosti) nebo z jiných důvodů vybaveny vrstvami, které jsou vzduchotěsné (např. omítky, parozábrany). Proudění vzduchu skrz obálku budovy tedy nastává především v místech netěsných spojů mezi konstrukcemi a tam, kde je přerušena spojitost vzduchotěsných vrstev – tedy v netěsných spojích, napojeních na sousední a prostupující prvky a v místech lokálních defektů. Z toho vyplývá, že vzduchotěsnost obálky budovy představuje hlavně problém v konstrukci stavebních detailů. (4) (5)

Uvedené netěsnosti v obálce budovy vznikají neplánovaně a zpravidla jsou způsobeny chybami při návrhu budovy nebo nedůsledností během výstavby. Proudění vzduchu skrze tyto netěsnosti může mít negativní důsledky na tepelně vlhkostní režim konstrukce a tepelné chování budovy jako celku. Proto je důležité systematicky eliminovat výskyt podobných netěsností v obálce budovy. I přesto, že proudění vzduchu skrz netěsnosti může přispět k výměně vzduchu v budově (někdy významně), není snaha o jejich dokonalé utěsnění v rozporu s hygienickými požadavky na dostatečný přísun čerstvého vzduchu. Názor, že utěsnění obálky budovy vede k poklesu kvality vnitřního prostředí a hygienickým problémům, je často mylný a vyplývá z nedostatečného pochopení fyzikálních základů výměny vzduchu v budově a souvisejících aspektů. Snaha o zajištění vzduchotěsnosti musí být integrována do všech fází přípravy a výstavby budovy. Stejně jako byla zdokonalena kontrola integrity tepelně-izolační vrstvy, bude nutné zdokonalit konstrukci a ověřování vzduchotěsnosti obvodových plášťů budov. (4) (5)

2.1 Přehled typických netěsností

- defekt hlavní vzduchotěsnicí vrstvy
- styk obvodová stěna – podlaha na terénu
- styk obvodová stěna – vnitřní strop
- přípojovací spára oken a dveří
- montážní otvory – spoje panelů
- elektroinstalační prvky
- prostupy konstrukčních prvků vzduchotěsnicí vrstvou
- prostupy rozvodů podlahou na terénu
- prostupy rozvodů obvodovými konstrukcemi
- funkční spára okna
- roletové boxy
- plášť komínového tělesa (5)



Obr. 4: Přehled typických netěsností Zdroj: (Novák, 2024)

2.2 Měření vzduchotěsnosti

Vzduchotěsnost obálky budovy nebo jejích dílčích částí lze spolehlivě určit pouze měřením. Netěsnosti v obálce budovy se často objevují náhodně během projektování a výstavby, což komplikuje přesnou předpověď jejich četnosti a charakteru. Výpočetní odhady jsou často zatíženy významnou mírou nejistoty. Proto je pro ověření skutečné vzduchotěsnosti obálky budovy klíčové provést měření. (5)

Nejrozšířenější metoda pro měření vzduchotěsnosti obálky budovy je tzv. blower door test. V principu se jedná o metodu tlakového spádu s použitím externího ventilátoru. Postup měření je detailně propracovaný a v řadě zemí standardizovaný. V České republice se řídí normou ČSN EN ISO 13829. Měření se typicky používá pro kontrolu kvality vzduchotěsnicího systému v průběhu výstavby a po úplném dokončení výstavby objektu pro deklaraci dosažené úrovně vzduchotěsnosti. (5)

3. Vady a poruchy obvodových plášťů budov

V průběhu času mohou být obvodové pláště budov postiženy celou řadou vad a poruch. Jejich původ může být způsoben například stárnutím materiálů, špatným provedením v průběhu výstavby, nevhodným použitím stavebních materiálů, povětrnostními vlivy nebo nedostatečnou údržbou. Níže jsou popsány nejčastější vady a poruchy obvodových plášťů.

3.1 Tepelné mosty

Tepelný most je místo, v němž dochází k vícerozměrnému vedení tepla. Tepelné mosty mohou být způsobeny vedením, prouděním a sáláním. Ve stavební praxi se lze obvykle setkat s tepelnými mosty způsobenými vedením tepla. Ty lze přesněji rozdělit na tepelné mosty v konstrukci a tepelné vazby. Tepelná vazba je typ tepelného mostu vznikající stykem dvou různých konstrukcí. Jedná se například o okenní ostění, roh budovy, kde je styk dvou stěn apod. Tepelné mosty v konstrukci mohou být nahodilé (např. způsobené nepravidelným promaltováním cihel nebo konzolou jdoucí skrz tepelnou izolaci) nebo systematické (např. krokve nebo hmoždinky kotvící tepelnou izolaci). (6, s. 9)

a) Nahodilé tepelné mosty

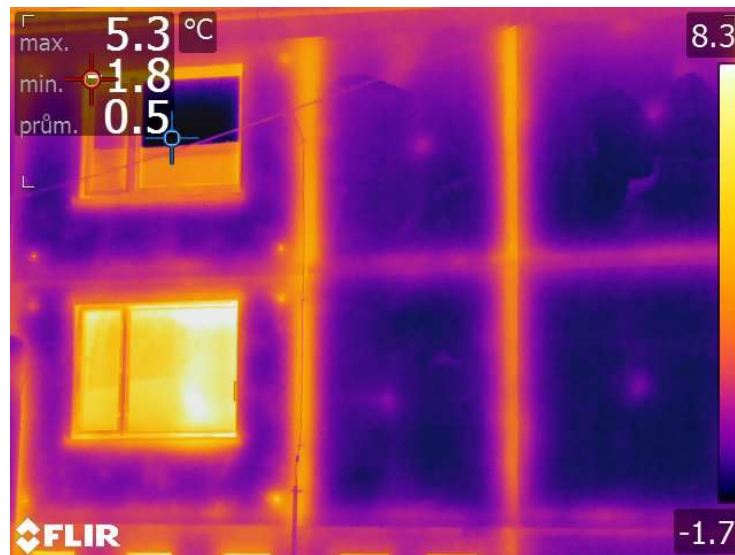
Nahodilé tepelné mosty v konstrukci budovy jsou takové tepelné mosty, které nejsou součástí plánovaného konstrukčního detailu a objevují se náhodně či neplánovaně. Mohou být způsobeny chybami v instalaci, nedodržením projektové dokumentace, nedostatečnou izolací, nevhodným materiálem nebo jinými faktory.

Nahodilé tepelné mosty mohou vznikat různými způsoby, například:

- nevhodnou instalací izolačních materiálů – pokud není izolační materiál nainstalován správně nebo není řádně spojen

- průnikem vzduchu – tepelné mosty mohou vzniknout v místech, kde dochází k průniku vzduchu, např. neúplné utěsnění oken a dveří
- spoji mezi různými materiály – nedostatečně zajištěné spoje mezi jednotlivými materiály, např. není zajištěna vzduchotěsnost obvodového pláště budovy
- konstrukčními chybami

Tyto tepelné mosty mohou mít negativní dopad na energetickou náročnost budovy, protože umožňují nekontrolovatelné úniky tepla a zvyšují náklady na vytápění nebo chlazení. Je důležité při návrhu a realizaci stavby pečlivě sledovat a minimalizovat riziko vzniku těchto tepelných mostů. (6)



Obr. 5: Tepelný most, netěsnost obvodového pláště Zdroj: (autor, 2024)

b) Systematické (systémové) tepelné mosty

Systematické tepelné mosty jsou takové tepelné mosty, které jsou součástí konstrukce a vyskytují se v pravidelném vzoru nebo opakujícím se způsobem. Například může jít o tepelné mosty v důsledku konstrukčních detailů jako jsou sloupy nebo trámy, které jsou přímo propojeny s obvodovou konstrukcí a vytvářejí tepelné cesty z interiéru do exteriéru. Tyto systematické tepelné mosty jsou důležité při navrhování a stavbě energeticky úsporných budov, protože mohou výrazně ovlivnit celkovou energetickou náročnost budovy. Jejich minimalizace vyžaduje pečlivé plánování, správný výběr materiálu a konstrukčních detailů a důkladnou tepelnou izolaci, aby se minimalizovaly tepelné ztráty a snížila energetická náročnost budovy.

Jedním z typických systematických tepelných mostů jsou talířové hmoždinky s trnem procházející skrz tepelný izolant. Význam těchto tepelných mostů roste z několika důvodů. Prvním důvodem je nutnost navrhovat větší počty kotvicích hmoždinek v důsledku změny normy pro zatížení větrem. Tím se tepelné mosty, které byly dříve zanedbávané kvůli svému malému rozsahu, stávají významnými. Druhým důvodem je instalace větších tloušťek tepelných izolantů, což vede k používání kotvicích hmoždinek s kovovým prvkem (trn, vrut). Tyto prvky představují větší tepelný most než kotvy s plastovým trnem. Třetím důvodem je, že bodové tepelné mosty vytvořené hmoždinkami jsou minimálně závislé na tloušťce tepelného izolantu. Tam, kde při použití slabších tepelných izolantů tyto tepelné mosty představovaly pouze malé zhoršení tepelně izolačních vlastností, u větších tloušťek tepelného izolantu je toto zhoršení výraznější. (7)

Intenzita tepelného toku v místě tepelného mostu je dána nejen typem hmoždinky a tloušťkou tepelného izolantu (i když její vliv je minimální), ale také hloubkou ukotvení do podkladu a samozřejmě i konstrukcí, do které je hmoždinka kotvena. (7)



Obr. 6: Tepelný most, kotvení tepelného izolantu Zdroj: (autor, 2024)

Mezi další typické příklady systematických tepelných mostů patří:

- sloupy a trámy – pokud jsou v konstrukci budovy využívány sloupy nebo trámy, které jsou v přímém styku s exteriérem, potom mohou vytvářet tepelné mosty

- rámy oken a dveří – rámy oken a dveří mohou představovat další místa, kde mohou vznikat systematické tepelné mosty, pokud nejsou rámy řádně izolovány nebo jsou vyrobeny z materiálů s vysokou tepelnou vodivostí, může docházet k tepelným únikům nebo pronikání chladu
- přesahy stropů (konzoly) – při návrhu budovy mohou být stropní konstrukce navrženy tak, že přesahují přes obvodovou konstrukci, tento konstrukční detail může vést k vytvoření tepelných mostů, zejména pokud není dostatečně zajištěna tepelná izolace
- překlady nad otvory, ztužující věnce, krokve mezi tepelnou izolací v šikmé střeše, maltové lože mezi cihlami

3.2 Nedostatečná nebo nekvalitní tepelná izolace

Tepelná izolace obvodového pláště je klíčový prvek, který pomáhá minimalizovat tepelné ztráty budovy. Tvoří vnější ochrannou vrstvu budovy a brání přenosu tepla mezi vnitřním a vnějším prostředím. Správně navrhovaná a instalovaná tepelná izolace obvodového pláště má významný vliv na pohodlí uvnitř budovy a na energetickou náročnost vytápění a chlazení. Nedostatečná nebo nekvalitní tepelná izolace obvodového pláště budovy je jedním z hlavních faktorů, který vede ke vzniku tepelných mostů.

Nekvalitní nebo nedostatečná tepelná izolace obvodového pláště může mít různé příčiny a negativní dopady:

- nesprávný výběr izolačního materiálu – použití izolačního materiálu s nedostatečnými tepelně izolačními vlastnostmi může vést k vytvoření tepelných mostů
- špatná instalace izolace – nekvalitní instalace tepelné izolace nebo špatné spoje mezi izolačními panely mohou vést k vytvoření trhlin a dutin, které umožňují průnik tepla
- přerušení izolace – kdekoliv je tepelná izolace přerušena, například kolem oken, dveří nebo při spojích mezi stěnami a stropem, může dojít k vytvoření tepelných mostů, pokud nejsou provedeny správné izolační opatření
- poškození izolace – fyzické poškození izolačního materiálu, například vlhkostí nebo mechanickým poškozením

Nedostatečná tepelná izolace obvodového pláště může vést k vysokým nákladům na vytápění a chlazení budovy, nepříjemným teplotním rozdílům v interiéru, problémům s vlhkostí a kondenzací a v konečném důsledku ke snížení celkové energetické účinnosti budovy. Je proto důležité zajistit, aby byla tepelná izolace správně navržena, instalována a udržována, aby se minimalizovalo riziko vzniku tepelných mostů.

3.3 Vlhkost a kondenzace

Difúzní tok a kondenzace vodní páry jsou důležité jevy, které mohou ovlivnit konstrukci a skladbu stěny, zejména pokud jde o tepelnou izolaci a ochranu proti vlhkosti. Difúzní tok vodní páry je proces, při kterém se vodní pára přirozeně pohybuje skrze materiály s cílem vyrovnat rozdíly ve vlhkosti mezi různými prostředními. V praxi to znamená, že vlhkost se může přemisťovat z interiéru budovy do exteriéru nebo naopak, v závislosti na rozdílu ve vlhkosti a tlaku mezi oběma stranami konstrukce. Pokud je vnitřní prostředí vlhčí než vnější, vodní pára se bude snažit proniknout ven, což může vést k různým problémům, včetně kondenzace, pokud je stěna nedostatečně izolována nebo není-li skladba obvodového pláště budovy navržena správně. (5)

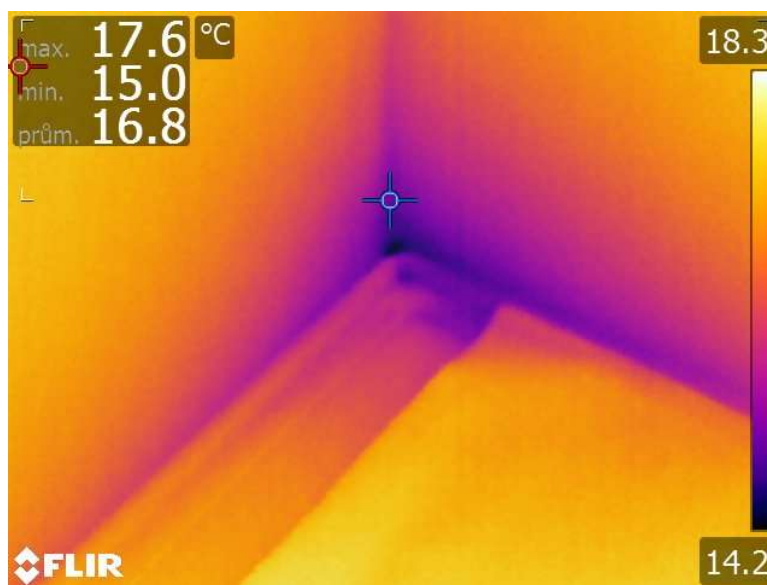
Kondenzace vodní páry nastává, když teplý vzduch s vysokou vlhkostí přichází do kontaktu s chladným povrchem a ztrácí svou tepelnou energii, což vede k přeměně vodní páry na kapalinu. Tento jev se nejčastěji vyskytuje na chladných površích stěn nebo oken, zejména pokud jsou tyto povrchy nedostatečně izolovány nebo zde dochází ke vzniku tepelných mostů. Kondenzace může způsobit různé problémy, včetně vlhkosti a růstu plísní v konstrukci stěny a na jejím povrchu. (5)

Pro minimalizaci problémů s difúzním tokem a kondenzací vodní páry v konstrukci stěny je důležité správně navrhnout a implementovat izolační materiály a parozábrany. Návrh vhodné izolace a parozábrany pomůže minimalizovat difúzní tok vodní páry a zabránit kondenzaci vodní páry uvnitř stěny. Je také důležité zajistit, aby byla konstrukce stěny dostatečně vzduchotěsná a aby bylo řešeno vhodné větrání prostoru, a tím se minimalizovaly problémy s vlhkostí a kondenzací. (5)

Kritická místa vzniku povrchové kondenzace vodní páry jsou místa, kde jsou v budově největší pravděpodobnosti podmínky pro kondenzaci vlhkosti. Tyto oblasti

jsou obvykle chladnější než okolní prostředí a jsou vystaveny vysoké vlhkosti vzduchu. Některá z hlavních kritických míst jsou:

- okna a skla – skla a okenní rámy jsou často nejchladnějšími povrchy v budově, pokud je venkovní teplota nižší než teplota v interiéru a vlhký vzduch se dostane do kontaktu s povrchem okna, může docházet k povrchové kondenzaci vodní páry
- ostění a nadpraží oken a dveří – okolí oken a dveří může být náchylné ke kondenzaci, protože tyto oblasti mohou být méně tepelně izolované než okolní stěna
- rohy místností
- stropy a podlahy
- chladné povrchy vytvořené klimatizačními zařízeními
- stěny a stropy v místnostech s vysokou vlhkostí – koupelny a kuchyně mohou mít zvýšené riziko kondenzace vlhkosti (5)



Obr. 7: Kritické místo, roh místnosti Zdroj: (autor, 2024)

Vady a poruchy obvodových plášťů budov mohou vznikat také v důsledku zatékání vody. Zatékání do konstrukce stěny a zejména pak do tepelné izolace je problém, který může mít vážné důsledky pro energetickou účinnost a stavební integritu budovy. Tepelná izolace, pokud je mokrá, ztrácí svou schopnost efektivně

izolovat, a to může vést k různým problémům, jakou je zvýšená tepelná vodivost, růst plísní, hniloba a degradace izolačního materiálu.

Existuje několik příčin, které mohou vést k zatékání do konstrukce obvodového pláště:

- nedostatečná ochrana před vnějšími vlivy
- poškození povrchového obalu – poškození vnějšího obalu budovy, například poškození střešní krytiny nebo omítek, může umožnit pronikání vody do izolačních vrstev
- chybné provedení spojů a detailů – nekvalitně provedené spoje a detaily v konstrukci, například špatné utěsnění spoje oken nebo dveří
- poškození nebo porušení parozábrany

Pro prevenci zatékání do tepelné izolace je důležité zajistit správné provedení a údržbu vnějšího pláště budovy, včetně střechy, fasády a kritických detailů. Správná instalace parozábrany a větracích systémů může také pomoci minimalizovat riziko pronikání vlhkosti do izolace. Pokud je zjištěno zatékání do konstrukce stěny a izolace, je důležité problém co nejdříve opravit a konstrukci vysušit, aby se zabránilo dalším škodám a zhoršení stavu budovy.

3.4 Výplně stavebních otvorů

Izolační vlastnosti okenních a dveřních výplní jsou klíčové pro energetickou náročnost budovy a pohodlí v interiéru. Níže jsou uvedeny některé důležité faktory, které ovlivňují izolační vlastnosti výplní stavebních (okenních a dveřních) otvorů.

- materiál rámu – materiál, ze kterého je rám okna vyroben, má vliv na jeho tepelnou vodivost a tedy i na jeho izolační schopnosti, například dřevěné rámy obvykle poskytují lepší izolaci než hliníkové rámy, jelikož má dřevo nižší tepelnou vodivost
- typ skla – typ skla použitého ve výplni okenního otvoru má významný vliv na jeho izolační schopnosti, dvojskla nebo trojskla s izolačním plnivem (inertní plyn) mezi skly poskytují lepší tepelnou izolaci než obyčejná skla

- výplň mezery mezi skly – pokud je prostor mezi skly naplněn inertním plynem typu argon nebo krypton, získá se tím lepší izolace, protože tyto plyny mají nižší tepelnou vodivost než vzduch
- těsnění – kvalitní těsnění okolo oken výplně je důležité pro minimalizaci úniku tepla a prodění vzduchu, špatné těsnění může vést k tepelným mostům
- konstrukční parametry – geometrie a design okenních a dveřních výplní může mít také vliv na jejich izolační vlastnosti, například okna s vícekomorovými rámy a lepšími konstrukčními detaily obvykle poskytují lepší tepelnou izolaci

Poruchy a vady okenních a dveřních otvorů mohou být zdrojem řady problémů v budově. Zde jsou některé běžné poruchy, které mohou postihnout výplně otvorů.

- praskliny a deformace ráků – praskliny v rámech nebo jejich deformace mohou vést k úniku tepla a chladu, průniku vlhkosti a zhoršení celkové stability a funkčnosti okna
- špatné těsnění – nedostatečné utěsnění otvorů může vést k tepelným únikům a průvanu, což může být nepříjemné a nepohodlné pro uživatele budovy
- ztráta izolačních vlastností – poškození izolačních materiálů a spojů může vést ke ztrátě tepelné izolace a zvýšené propustnosti okenních otvorů, to má za následek zvýšené energetické náklady a sníženou pohodu uvnitř budovy
- neodborná montáž – nevhodná instalace oken a dveří může přinést řadu problémů s těsností, správným fungováním mechanismů a bezpečností, důkladná a profesionální montáž je klíčová

Řešením těchto problémů je pravidelná údržba a kontrola stavu výplní stavebních otvorů, oprava nebo výměna poškozených součástí a správné provedení izolace a těsnění. Kvalitní a správně funkční výplně otvorů jsou klíčovým prvkem pro energetickou účinnost, pohodlí a bezpečnost budovy.

3.5 Použití nevhodných stavebních materiálů

Používání nevhodných stavebních materiálů při výstavbě obvodových konstrukcí může mít vážné důsledky pro stabilitu, izolační vlastnosti a celkovou

bezpečnost budovy. Je důležité, aby stavební materiály používané pro obvodové konstrukce byly vybrány s ohledem na jejich izolační vlastnosti, pevnost, odolnost vůči povětrnostním podmínkám a požární odolnost. Dodržování stavebních předpisů a norem je klíčové pro zajištění bezpečnosti a dlouhodobé udržitelnosti budovy.

4. Principy termografického snímkování

Termografické snímkování budov je technika, která využívá infračerveného záření k detekci tepelných rozdílů na povrchu budov. Tato technika poskytuje užitečné informace o tepelných anomáliích, které mohou naznačovat problémy s izolací, netěsnostmi, vlhkostí nebo jinými skrytými nedostatky v konstrukci budovy. Tento přístup poskytuje rychlý a neinvazivní způsob, jak získat informace o stavu budovy a případných problémech, které by mohly vyžadovat údržbu nebo opravu. (8)

4.1 Infračervené záření

Většina objektů emituje infračervené záření v závislosti na jejich teplotě. Termografická kamera zachycuje toto záření a převádí ho na obraz, který zobrazuje různé teploty různých částí budovy. Infračervené záření je forma elektromagnetického záření, která má delší vlnovou délku než viditelné světlo, a proto není zaznamenatelné lidským okem. Téměř všechny objekty emitují toto záření v závislosti na jejich teplotě. Čím vyšší je teplota objektu, tím více infračerveného záření vydává. (9)

Termografická kamera je zařízení navržené k zachycení infračerveného záření, které je emitováno povrchem objektů. Tato kamera obsahuje senzor, který přijímá infračervené záření a přeměňuje ho na elektrický signál. Tento signál je následně zpracován a převeden na obraz, který zobrazuje různé teploty různých částí sledovaného objektu. Princip fungování termografické kamery spočívá v tom, že každý pixel na senzoru kamery představuje určitou oblast povrchu sledovaného objektu. Infračervené záření, které dopadá na tento pixel, je převedeno na elektrický signál, jehož intenzita odpovídá teplotě této oblasti. Tímto způsobem je vytvořen obraz, který zobrazuje teplotní distribuci na povrchu sledovaného objektu. Výsledný obraz, který je získán pomocí termografické kamery, může být barevný nebo monochromatický a je obvykle doplněn legendou barev nebo stupnicí teplot, která umožňuje interpretaci teplot jednotlivých oblastí objektu. Tento obraz umožňuje

detekci tepelných anomálií, jako jsou chladné nebo teplé skvrny, které mohou naznačovat problémy s izolací, netěsnostmi, vlhkostí nebo jinými nedostatky v konstrukci budovy.

4.2 Detekce infračerveného záření

Detekce infračerveného záření se provádí pomocí zařízení nazývané infračervené senzory nebo detektory, které jsou schopny přeměnit infračervené záření na elektrický signál. (10)

a) Termoelektrické senzory

Tyto senzory využívají efektu termoelektrického jevu, kdy je infračervené záření absorbováno termoelektricky citlivým materiálem a tím vzniká malé elektrické napětí. Toto napětí je pak měřeno a zpracováno k vytvoření obrazu nebo k získání informací o teplotě. (10)

Termoelektrické senzory mají různé formy a použití v závislosti na konkrétním účelu. Mohou být součástí teploměrů, termografických kamer, termostatů, bezpečnostních systémů a dalších zařízení, která vyžadují detekci teplotních změn. Jsou také používány v průmyslových aplikacích pro měření teploty, monitorování procesů a kontrolu kvality. Termoelektrické senzory mají několik výhod, například jednoduchou konstrukci, spolehlivost a schopnost měřit teplotu bez kontaktu s měřeným objektem. Jsou také odolné vůči mechanickému poškození a mají rychlou odezvu. (10)

b) Pyroelektrické senzory

Pyroelektrické senzory využívají pyroelektrický jev, který umožňuje materiálům generovat elektrický náboj v důsledku změn teploty. Infračervené záření způsobuje změny teploty v pyroelektrickém materiálu, což vede ke generování elektrického signálu, který je poté detekován a zpracován. (10)

c) Bolometry

Bolometry jsou senzory, které měří změny teploty v důsledku absorpce infračerveného záření. Tato změna teploty způsobuje změnu odporu v citlivém materiálu, která je poté měřena a interpretována. (10)

Bolometry jsou často využívány v aplikacích, kde je potřeba měřit intenzitu elektromagnetického záření s vysokou citlivostí a přesností, jako jsou termografické kamery, spektrometry, detektory ionizujícího záření a další. Jsou schopny detekovat velmi malé změny teploty a poskytují spolehlivé měření i v extrémních podmínkách. (10)

d) Polovodičové senzory

Tyto senzory využívají polovodičových materiálů, které mají schopnost absorbovat infračervené záření a generovat elektrický signál. (10)

Detekce infračerveného záření je klíčová pro mnoho aplikací, včetně termografie, bezpečnostního monitorování, průmyslových měření teploty a mnoho dalších. Různé typy senzorů jsou optimalizovány pro různé aplikace a poskytují rozmanité úrovně citlivosti, rozlišení a rychlosti odezvy. (10)

4.3 Emisivita materiálů

Emisivita materiálů je měřítko, které popisuje schopnost povrchu materiálu emitovat (sálat) teplo ve formě infračerveného záření. Je to poměr mezi reálným tepelným zářením povrchu materiálu a tepelným zářením černého tělesa při stejné teplotě a podobných podmínkách. (9)

Emisivita materiálů se obvykle vyjadřuje jako číslo mezi 0 a 1, kde 0 představuje materiál, který nevyzařuje infračervené záření vůbec (například dokonalé zrcadlo), a 1 představuje materiál, který vyzařuje infračervené záření stejně jako černé těleso při stejné teplotě. Emisivita povrchu materiálu závisí na jeho vlastnostech, jako je hrubost, barva, textura a chemické složení. Hladké, lesklé povrchy mají obvykle nižší emisivitu než hrubé nebo matné povrchy. (9)

Emisivita materiálů je důležitým faktorem v termografii, kde je potřeba přesně měřit teploty povrchů různých materiálů. Správné znalosti emisivity jsou klíčové pro přesné interpretace termografických snímků a získání spolehlivých dat. Emisivita materiálů může být proměnlivá v závislosti na různých faktorech, jako je teplota, povětrnostní podmínky a stav povrchu. Proto je důležité brát v úvahu tyto faktory při měření a interpretaci emisivity. Vzhledem k tomu, že emisivita povrchu má významný vliv na výsledky termografických měření, je důležité ji pečlivě zohlednit a provádět měření s co největší přesností. (9)

4.4 Princip fungování termokamery

a) Detekce infračerveného záření

Termokamera obsahuje senzor, který je citlivý na infračervené záření. Tento senzor může být termoelektrický (pyroelektrický) nebo mikrobolometrický. Když tepelné záření dopadá na senzor, generuje se elektrický signál v závislosti na intenzitě infračerveného záření. (10)

b) Optický systém

Infračervené záření, které je absorbováno senzorem, prochází optickým systémem, který může zahrnovat čočky, zrcadla a další optické prvky. Tento optický systém se používá k zachycení infračerveného záření na senzor, aby byl zachycen co nejpřesněji a co nejčitelněji.

c) Konverze na elektrický signál

Když infračervené záření dopadne na senzor, generuje se malý elektrický signál, který je proporcionální k intenzitě infračerveného záření. Tento signál je analogový a musí být dále zpracován, aby bylo možné z něj vytvořit obraz.

d) Analogové a digitální zpracování

Analogový signál získaný ze senzoru je zesílen a digitalizován pomocí analogově-digitálního převodníku. Poté jsou digitální data zpracována pomocí různých algoritmů, které korigují šum, kalibrují teplotu a transformují data do podoby, která je vhodná pro vizualizaci.

e) Vytvoření tepelného obrazu

Digitálně zpracovaná data jsou následně použita k vytvoření tepelného obrazu. V této fázi jsou datům přiřazeny barvy, které odpovídají teplotám detekovaným na jednotlivých místech ve scéně. Nejčastěji se používá barevná škála, kde teplá místa jsou obvykle zobrazena červeně nebo žlutě a chladná místa jsou obvykle zobrazena modře nebo fialově.

f) Zobrazení na displeji

Výsledný obraz je zobrazen na displeji termokamery, který je většinou LCD nebo OLED. Displej umožňuje uživateli vizuálně identifikovat tepelné rozdíly a

anomálie ve sledované scéně. Některé termokamery také umožňují uživatelům zaznamenávat a ukládat snímky nebo videa pro další analýzu.

5. Zásady pro provádění termografického měření

Termografické snímkování budov je postup, který umožňuje vizuální detekci tepelných mostů, vad a poruch obvodových plášťů budov. Níže jsou popsány základní zásady ovlivňující provádění termografického snímkování budov.

5.1 Příprava – před měřením

Kontrola povětrnostních podmínek. Teplota, vlhkost a sluneční záření mohou významně ovlivnit výsledky měření. Další podmínky, které mohou ovlivnit měření jsou extrémně nízké nebo extrémně vysoké teploty.

5.2 Denní doba

Nejvhodnější denní doba pro termografické snímkování je brzy ráno nebo pozdě večer, kdy je rozdíl teplot v interiéru a exteriéru největší. Důležitou podmínkou je rozdíl teplot mezi interiérem a exteriérem, který by měl činit minimálně 15 °C, optimálně 20 °C.

5.3 Povětrnostní podmínky

Ideální meteorologické podmínky jsou minimum slunečního záření, bez dešťových a sněhových srážek. Mokrý nebo vlhký povrch obvodových plášťů budov mohou zkreslit výsledky termografického měření.

5.4 Kalibrace termokamery

Dalším důležitým krokem je kalibrace termokamery. Řada současných termokamer provádí kalibraci automaticky během měření. Kalibrace stroje zaručuje přesnější výsledky a hodnoty měření.

5.5 Vyloučení reflexí

Zamezit odleskům a reflexím na povrchu budovy, které by mohly vést k chybným závěrům měření. (9)

5.6 Přístrojové nastavení termokamery

Přístrojové nastavení termokamery je klíčové pro získání přesných a spolehlivých termografických snímků. Každá termokamera má svá specifická nastavení, v následující části jsou popsány obecné kategorie nastavení.

- emisivita – nastavení emisivity na správnou hodnotu je důležité pro přesné měření teploty povrchů
- teplotní rozsah termokamery
- vzdálenost posuzovaného objektu od objektivu termokamery
- teplotní rozlišení – čím vyšší je rozlišení termokamery, tím detailnější jsou snímky
- automatická nebo manuální expozice – manuální expozice umožňuje větší kontrolu nad nastavením, automatická expozice zvolí ideální nastavení snímku a urychlí celý proces měření
- fokus neboli zaostření – velmi důležitým nastavením je přesné zaostření při pořizování termografického snímku, vlivem nedostatečného prostorového rozlišení termokamery a špatného zaostření může docházet k chybám měření
- palety barev – výběrem vhodné palety barev pro zobrazení teplotních rozdílů, lze lépe zdůraznit určité aspekty měření
- korekce atmosférických podmínek – některé pokročilé termokamery mohou umožňovat korekci atmosférických podmínek, což je užitečné při práci v náročných podmínkách

6. Zhodnocení výhod a nevýhod termografie

Termografie se ve stavebnictví využívá k diagnostice, prevenci a monitorování různých aspektů stavebních a technických systémů. Tato technologie má řadu výhod i nevýhod, které je důležité zvážit při jejím využívání.

6.1 Výhody termografie

- detekce tepelných ztrát – termografie umožňuje snadnou identifikaci tepelných ztrát (tepelných mostů) v budovách
- nenáročnost a rychlost – termografie umožňuje rychlé a nenáročné skenování objektů nebo povrchů
- nekontaktní měření – tato technologie nevyžaduje fyzický kontakt s měřeným objektem
- nedestruktivní metoda

- široké spektrum aplikací – termografie se používá v různých oblastech, včetně stavebnictví, elektrotechniky, medicíny, průmyslové údržby a mnoha dalších
- prevence nehod a havárií

6.2 Nevýhody termografie

- vysoké pořizovací náklady – kvalitní termokamery mohou být poměrně nákladné
- nutnost odborného školení – interpretace termografických obrazů vyžaduje odborné znalosti a zkušenosti
- vliv okolního prostředí – okolní teplota, vlhkost a další faktory mohou ovlivnit přesnost termografického snímku
- nízká citlivost na určité materiály – některé materiály mohou mít nízkou tepelnou vodivost nebo emisivitu, což může omezit schopnost termografie detekovat teplotní změny na těchto materiálech
- omezená hloubka detekce (průniku)

7. Další využití termografie

Termografické měření, které využívá infračerveného záření k mapování teploty povrchů má široké uplatnění v různých odvětvích. Níže je uvedeno několik příkladů využití termografie kromě stavebnictví.

a) elektrické a mechanické systémy (průmysl)

Termografie umožňuje identifikaci přetížení, vad spojení a přehřívání v elektrických panelech, transformátorech, motorech a jiných zařízeních. Tímto způsobem lze předcházet požárům a selháním.

b) medicína

V lékařství se termografie používá k detekci anomálií teploty v lidském těle. Může pomoci při diagnostice zánětů, nádorů a jiných zdravotních problémů, jako je artritida nebo cévní onemocnění.

c) bezpečnost

Termografie se využívá v bezpečnostních systémech k monitorování prostorů a detekci osob nebo objektů na základě jejich teploty. Tento typ technologie se často využívá v zařízeních pro noční vidění. Termografické kamery jsou často používány záchranáři při hledání osob.

d) zemědělství

V zemědělství může termografie pomoci v monitorování zdraví rostlin a identifikaci problémů, jako jsou škůdci, nemoci nebo nedostatek vody. Může také pomoci při plánování sklizně a optimalizaci zavlažování.

e) veterinární medicína

Ve veterinární medicíně se termografie používá k diagnostice zdravotních problémů u zvířat, jako jsou záněty, zlomeniny nebo infekce.

8. Praktická část – analýza naměřených dat

8.1 Průvodní text

Bylo provedeno vlastní termografické měření u přibližně 65 vybraných objektů pokrývající širší spektrum lokální výstavby. Byly zaznamenány všechny okolnosti měření, například datum, čas a meteorologické podmínky. Vlastní termografické měření probíhalo během devíti dní v období od 29. ledna 2024 do 24. dubna 2024. Všechny objekty u kterých probíhalo termografické měření se nacházejí v Plzeňském kraji. Nejpočetnějším typem budov u kterého bylo provedeno termografické měření jsou bytové domy, dalšími typy jsou rodinného domy, stavby občanské vybavenosti, stavby pro výrobu a skladování a stavby pro obchod.

Termografické měření bylo provedeno pomocí termokamery Flir T620.



Obr. 8: Termokamera Flir T620 Zdroj: (flir.com, 2024)

8.2 Seznam termografického měření objektů

V této kapitole je uveden seznam objektů, u kterých bylo provedeno termografické měření. Některé objekty nemohly být začleněny do analýzy, jelikož došlo k velké chybě měření, například vlivem nesprávného nastavení termokamery a špatné kompozice snímku. V následujících kapitolách jsou objekty vhodně rozříděny do kategorií bytové domy, rodinné domy a ostatní objekty.

Tab. 1: Seznam termografického měření objektů – řazeno chronologicky Zdroj: (autor, 2024)

Pořadí měření	Adresa	Poznámky
1	Sluneční 1113, 1114 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
2	Polední 898, 899 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
3	Souběžná 1088, 1089 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
4	Nad Dalmatinkou 896, 897 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
5	Nad Dalmatinkou 892, 893 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
6	Revoluční 955 Plzeň 4 - Lobzy	bytový dům
7	Revoluční 953, 954 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
8	Družby 981 Plzeň 4 – Doubravka	bytový dům
9	Družby 982 Plzeň 4 – Doubravka	bytový dům
10	Smrková 963, 964, 965, 966 Plzeň 4 - Doubravka	bytový dům
11	Smrková 959, 960, 961, 962 Plzeň 4 – Doubravka	bytový dům
12	Družby 978, 979 Plzeň 4 – Doubravka	bytový dům
13	Masarykova 914, 915, 916, 918, 921 Plzeň 4 - Doubravka	bytový dům
14	Opavská 823 Plzeň 4 – Doubravka	občanská vybavenost
15	Družby 1057 Plzeň 4 – Doubravka	občanská vybavenost
16	Na Dlouhých 1129 Plzeň 4 – Doubravka	občanská vybavenost
17	Smrková 953, 1020 Plzeň 4 – Doubravka	rodinný dům
18	Smrková 1429 Plzeň 4 – Doubravka	rodinný dům
19	Tylova 2862 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	stavba pro výrobu a skladování
20	Husova 1393 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	bytový dům
21	Skvrňanská 2692 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	bytový dům

22	Komenského 104 Merklín (okr: Plzeň-jih)	rodinný dům
23	Farského 802 Plzeň 2 – Slovany	bytový dům
24	Farského 2674 Plzeň 2 – Slovany	bytový dům
25	Farského 2673 Plzeň 2 – Slovany	bytový dům
26	Farského 638 Plzeň 2 – Slovany	občanská vybavenost
27	Farského 540 Plzeň 2 – Slovany	občanská vybavenost
28	Farského 429 Plzeň 2 – Slovany	rodinný dům
29	Komenského 148 Merklín (okr.: Plzeň-jih)	rodinný dům
30	Zahradní 376 Merklín (okr: Plzeň-jih)	bytový dům
31	Zahradní 377 Merklín (okr: Plzeň-jih)	bytový dům
32	Zahradní 326 Merklín (okr: Plzeň-jih)	bytový dům
33	Zahradní 327 Merklín (okr: Plzeň-jih)	bytový dům
34	Otěšice 69 (okr: Plzeň-jih)	rodinný dům
35	Otěšice 78 (okr: Plzeň-jih)	rodinný dům
36	Železničářská 999, 1000, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006 Plzeň 4 – Doubravka	bytový dům
37	Železničářská 535, 536 Plzeň 4 – Doubravka	rodinný dům
38	Staniční 1012 Plzeň 4 – Doubravka	bytový dům
39	Rokycanská 1171 Plzeň 4 – Lobzy	stavba pro obchod hypermarket
40	Rokycanská 2656 Plzeň 4 – Lobzy	stavba pro obchod hypermarket
41	Inženýrská 3028 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	bytový dům
42	Magisterská 3012 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	bytový dům
43	Magisterská 3014 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	bytový dům
44	Stavební 2957 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	stavba pro obchod hypermarket
45	Pod Vrchem 523, 524, 525, 526 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
46	Pod Vrchem 929, 930 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
47	Pod Vrchem 927, 928 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
48	Pod Vrchem 926 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
49	Pod Švabinami 940 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům

50	Sokolská 521 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
51	Sokolská 518 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
52	Dlouhá 530 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
53	Polední 910 Plzeň 4 – Lobzy	občanská vybavenost městská policie
54	Revoluční 701, 702 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
55	Revoluční 279, 280 Plzeň 4 – Lobzy	bytový dům
56	Revoluční 227 Plzeň 4 – Lobzy	rodinný dům

8.3 Bytové domy (BD)

V této kapitole je uveden seznam bytových domů, u kterých bylo provedeno termografické měření. Přibližně polovinu daných objektů zastupují panelové domy a druhou polovinu zděné domy.

Tab. 2: Seznam termografického měření bytových domů Zdroj: (autor, 2024)

Označení	Adresa	Datum měření	Základní informace
BD – 1	Sluneční 1113, 1114 Plzeň 4 – Lobzy	29. 01. 2024	zděný systém částečně zateplený objekt
BD – 2	Polední 898, 899 Plzeň 4 – Lobzy	29. 01. 2024	panelový systém zateplený objekt
BD – 3	Souběžná 1088, 1089 Plzeň 4 – Lobzy	29. 01. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 4	Nad Dalmatinkou 896, 897 Plzeň 4 – Lobzy	29. 01. 2024	panelový systém zateplený objekt
BD – 5	Nad Dalmatinkou 892, 893 Plzeň 4 – Lobzy	29. 01. 2024	panelový systém zateplený objekt
BD – 6	Revoluční 955 Plzeň 4 - Lobzy	29. 01. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 7	Revoluční 953, 954 Plzeň 4 – Lobzy	29. 01. 2024	zděný systém částečně zateplený objekt
BD – 8	Družby 981 Plzeň 4 – Doubravka	29. 01. 2024	panelový systém zateplený objekt
BD – 9	Družby 982 Plzeň 4 – Doubravka	29. 01. 2024	panelový systém zateplený objekt
BD – 10	Smrková 963, 964, 965, 966 Plzeň 4 - Doubravka	29. 01. 2024	panelový systém zateplený objekt
BD – 11	Smrková 959, 960, 961, 962 Plzeň 4 – Doubravka	29. 01. 2024	panelový systém zateplený objekt
BD – 12	Družby 978, 979 Plzeň 4 – Doubravka	29. 01. 2024	panelový systém zateplený objekt
BD – 13	Masarykova 914, 915, 916, 918, 921 Plzeň 4 - Doubravka	29. 01. 2024	zděný systém nezateplený objekt

BD – 14	Husova 1393 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	30. 01. 2024	zděný systém zateplený objekt
BD – 15	Skvrňanská 2692 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	30. 01. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 16	Farského 802 Plzeň 2 – Slovany	13. 02. 2024	zděný systém částečně zateplený objekt
BD – 17	Farského 2674 Plzeň 2 – Slovany	13. 02. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 18	Farského 2673 Plzeň 2 – Slovany	13. 02. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 19	Zahradní 376 Merklín (okr: Plzeň-jih)	25. 02. 2024	panelový systém zateplený objekt
BD – 20	Zahradní 377 Merklín (okr: Plzeň-jih)	25. 02. 2024	panelový systém nezateplený objekt
BD – 21	Zahradní 326 Merklín (okr: Plzeň-jih)	25. 02. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 22	Zahradní 327 Merklín (okr: Plzeň-jih)	25. 02. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 23	Železničářská 999, 1000, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006 Plzeň 4 – Doubravka	07. 03. 2024	panelový systém nezateplený objekt
BD – 24	Staniční 1012 Plzeň 4 – Doubravka	07. 03. 2024	panelový systém zateplený objekt
BD – 25	Inženýrská 3028 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	07. 03. 2024	železobetonový prefa. zateplený objekt
BD – 26	Magisterská 3012 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	07. 03. 2024	železobetonový prefa. zateplený objekt
BD – 27	Magisterská 3014 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	07. 03. 2024	železobetonový prefa. zateplený objekt
BD – 28	Pod Vrchem 523, 524, 525, 526 Plzeň 4 – Lobzy	08. 03. 2024	zděný systém zateplený objekt
BD – 29	Pod Vrchem 929, 930 Plzeň 4 – Lobzy	08. 03. 2024	zděný systém zateplený objekt

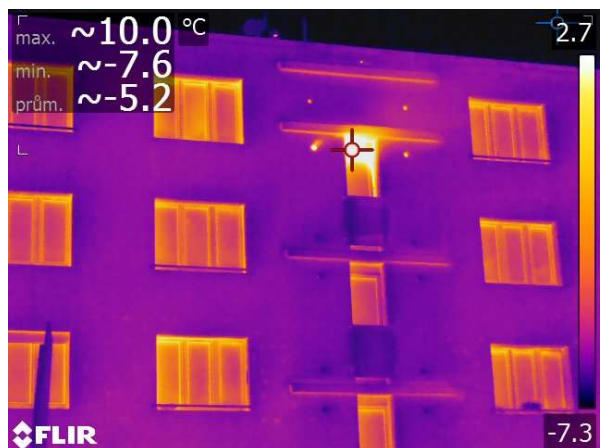
BD – 30	Pod Vrchem 927, 928 Plzeň 4 – Lobzy	08. 03. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 31	Pod Vrchem 926 Plzeň 4 – Lobzy	08. 03. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 32	Pod Švabinami 940 Plzeň 4 – Lobzy	08. 03. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 33	Sokolská 521 Plzeň 4 – Lobzy	08. 03. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 34	Sokolská 518 Plzeň 4 – Lobzy	08. 03. 2024	zděný systém zateplený objekt
BD – 35	Dlouhá 530 Plzeň 4 – Lobzy	08. 03. 2024	zděný systém zateplený objekt
BD – 36	Revoluční 701, 702 Plzeň 4 – Lobzy	24. 04. 2024	zděný systém nezateplený objekt
BD – 37	Revoluční 279, 280 Plzeň 4 – Lobzy	24. 04. 2024	zděný systém nezateplený objekt

Označení:	BD – 1
Adresa:	Sluneční 1113, 1114 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 8,45 – 9,45
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, mírné sněžení, teplota -4°C
Základní informace:	zděný systém, podélné obvodové stěny nezateplené, příčné (štitové) stěny zateplené, etážové vytápění, rok výstavby cca. 1980
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	původní dřevěné výplně okenních otvorů v některých bytech, parapetní zdivo (uskočený parapet), větrací průduchy (odvětrání spíže, přívod vzduchu k plynovému kotli), překlady nad okenními otvory, styk lodžie a obvodové nosné stěny



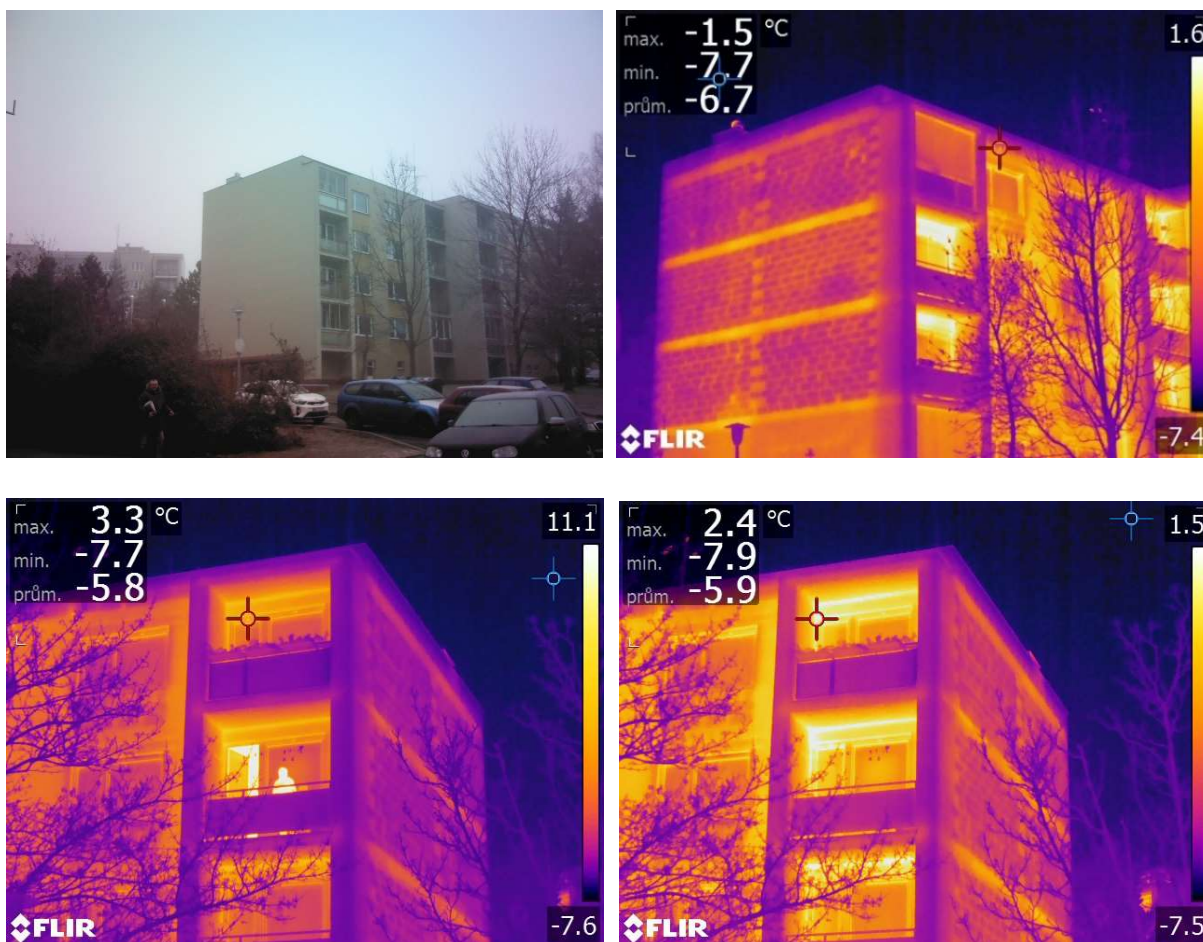
Obr. 9: Snímky BD – 1 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 2
Adresa:	Polední 898, 899 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 8,45 – 9,45
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, mírné sněžení, teplota -4°C
Základní informace:	panelový systém, dálkové ústřední vytápění, zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	větrací průduchy, předstupující konstrukce (mezipodesty schodiště), ostění okenních otvorů, kotvení zateplovacího systému



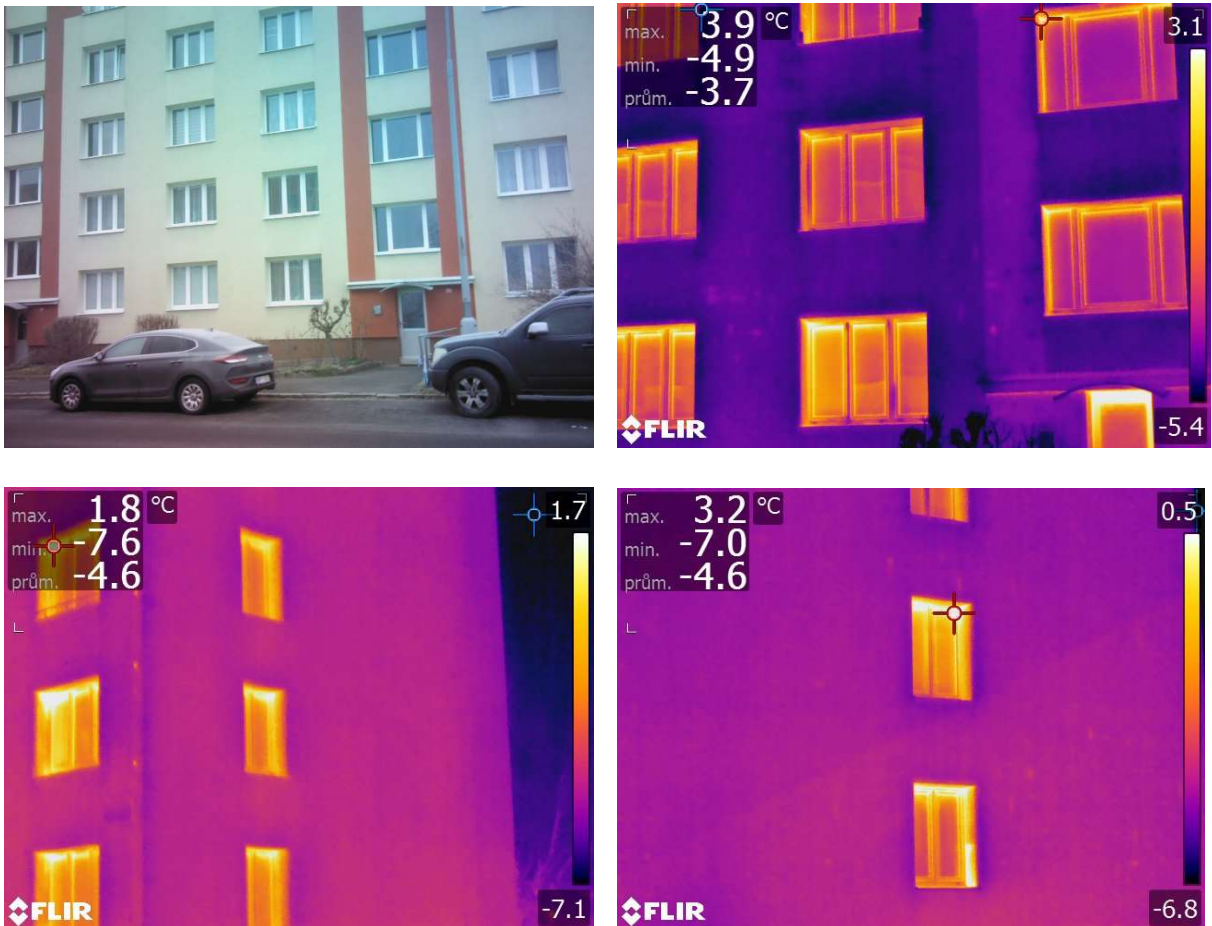
Obr. 10: Snímky BD – 2 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 3
Adresa:	Souběžná 1088, 1089 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 8,45 – 9,45
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, mírné sněžení, teplota -4°C
Základní informace:	zděný podélný systém, nezateplený objekt, rok výstavby cca. 1980
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	nezateplené obvodové stěny, uložení stropní konstrukce, parapetní zdivo, překlady nad okenními otvory, styk lodžie a obvodové nosné stěny, původní dřevěné výplně okenních otvorů v některých bytových jednotkách



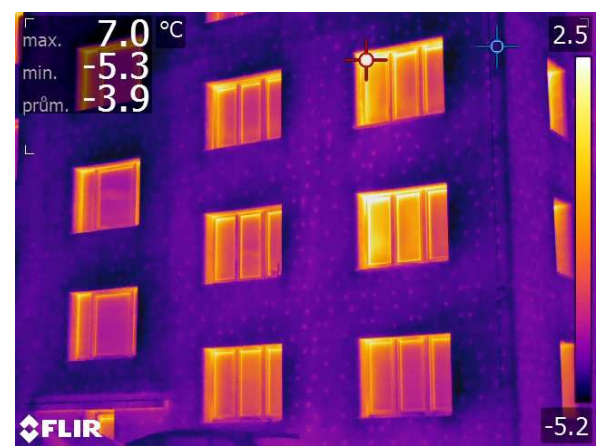
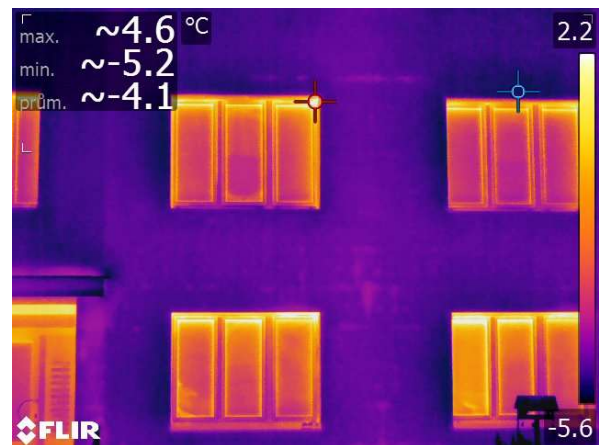
Obr. 11: Snímky BD – 3 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 4
Adresa:	Nad Dalmatinkou 896, 897 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 8,45 – 9,45
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, mírné sněžení, teplota -4°C
Základní informace:	panelový systém, zateplený objekt, dálkové ústřední vytápění
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, ostění okenních otvorů, trhliny v zateplovacím systému



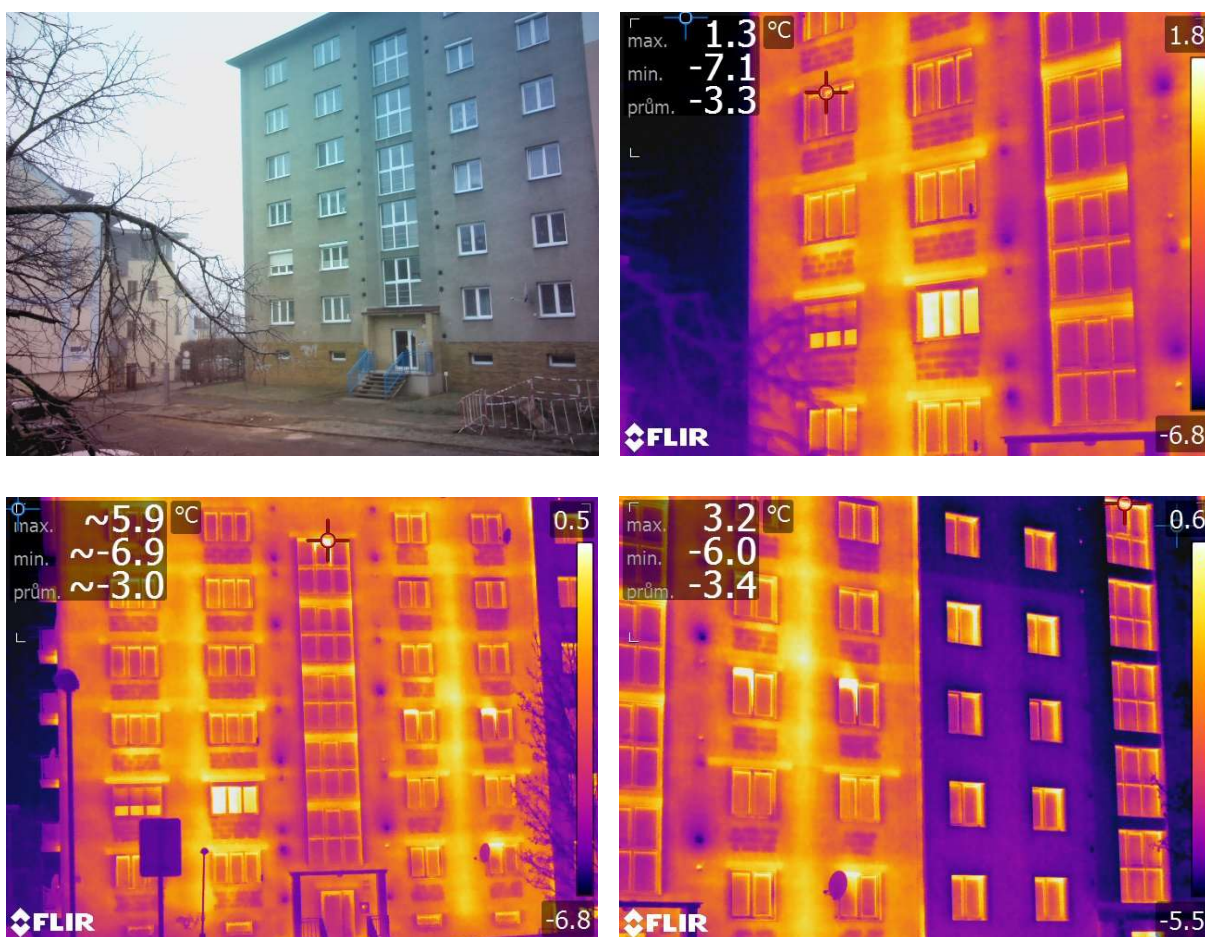
Obr. 12: Snímky BD – 4 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 5
Adresa:	Nad Dalmatinkou 892, 893 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 8,45 – 9,45
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, mírné sněžení, teplota -4°C
Základní informace:	panelový systém, zateplený objekt, dálkové ústřední vytápění
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, trhliny v zateplovacím systému, ostění okenních otvorů



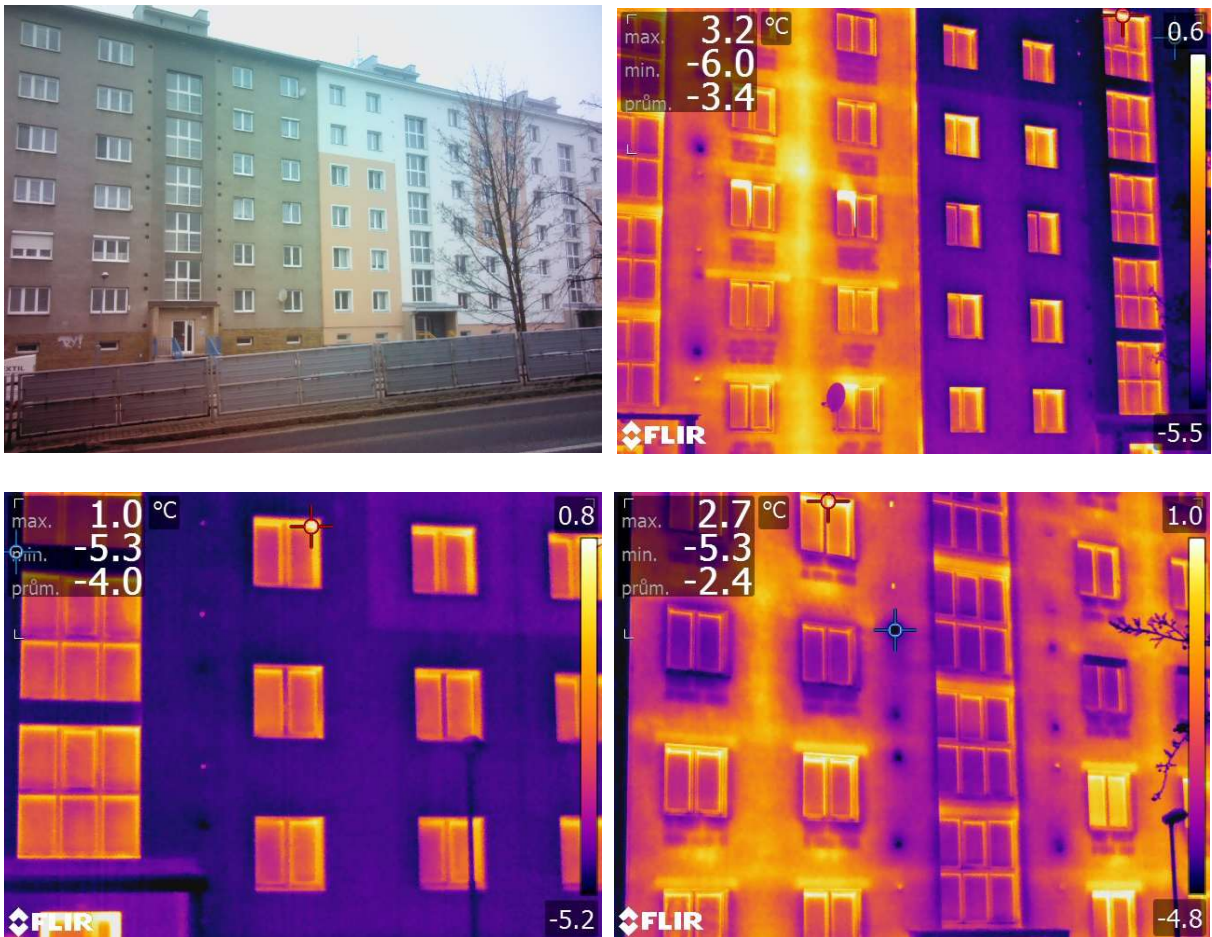
Obr. 13: Snímky BD – 5 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 6
Adresa:	Revoluční 955 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 8,45 – 9,45
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, mírné sněžení, teplota -4°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	nezateplené obvodové stěny, uložení stropní konstrukce, provázání vnitřních a vnějších stěn, parapetní zdivo, překlady nad okenními otvory



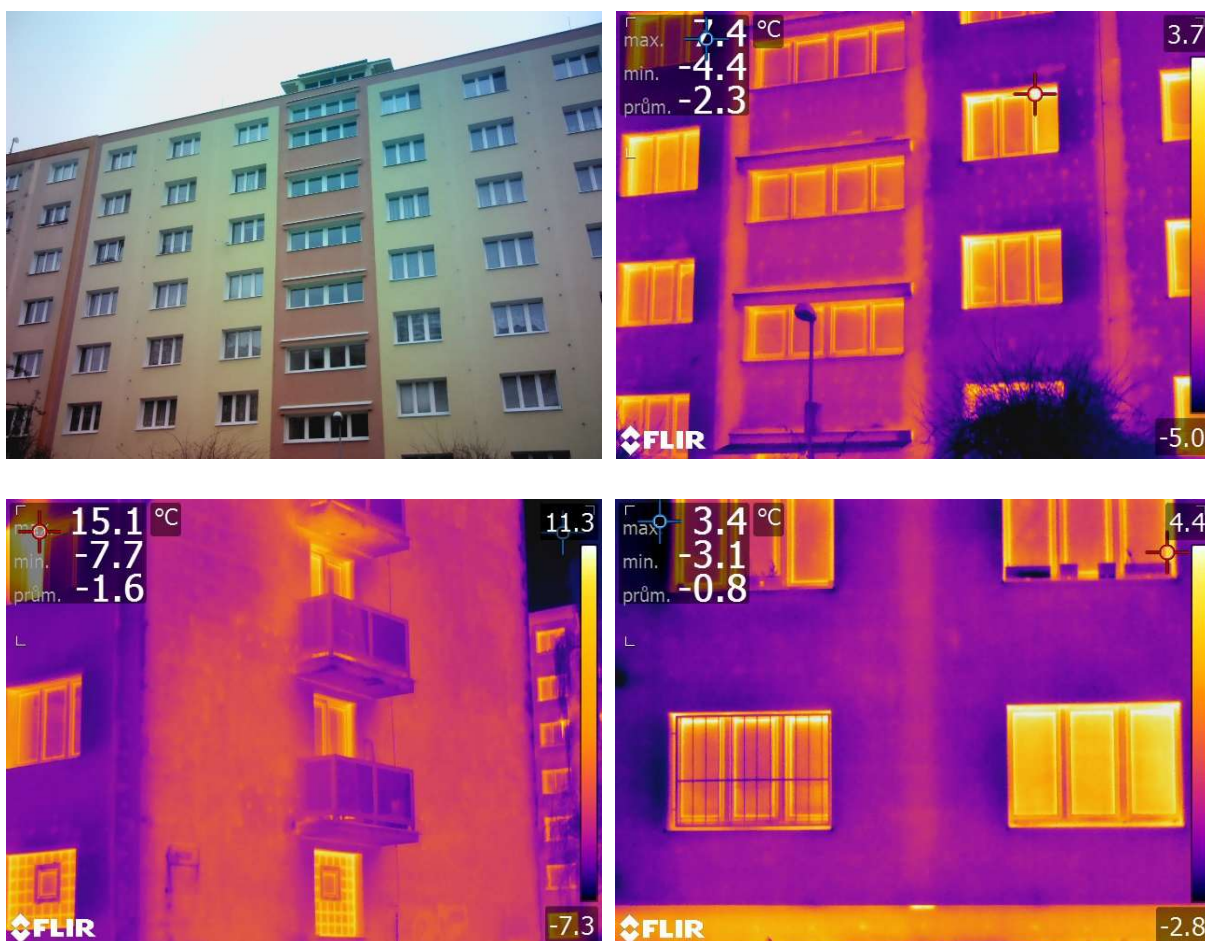
Obr. 14: Snímky BD – 6 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 7
Adresa:	Revoluční 953, 954 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 8,45 – 9,45
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, mírné sněžení, teplota -4°C
Základní informace:	zděný systém, částečně zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	nezateplené obvodové stěny, uložení stropní konstrukce, provázání vnitřních a vnějších stěn, parapetní zdivo, překlady nad okenními otvory



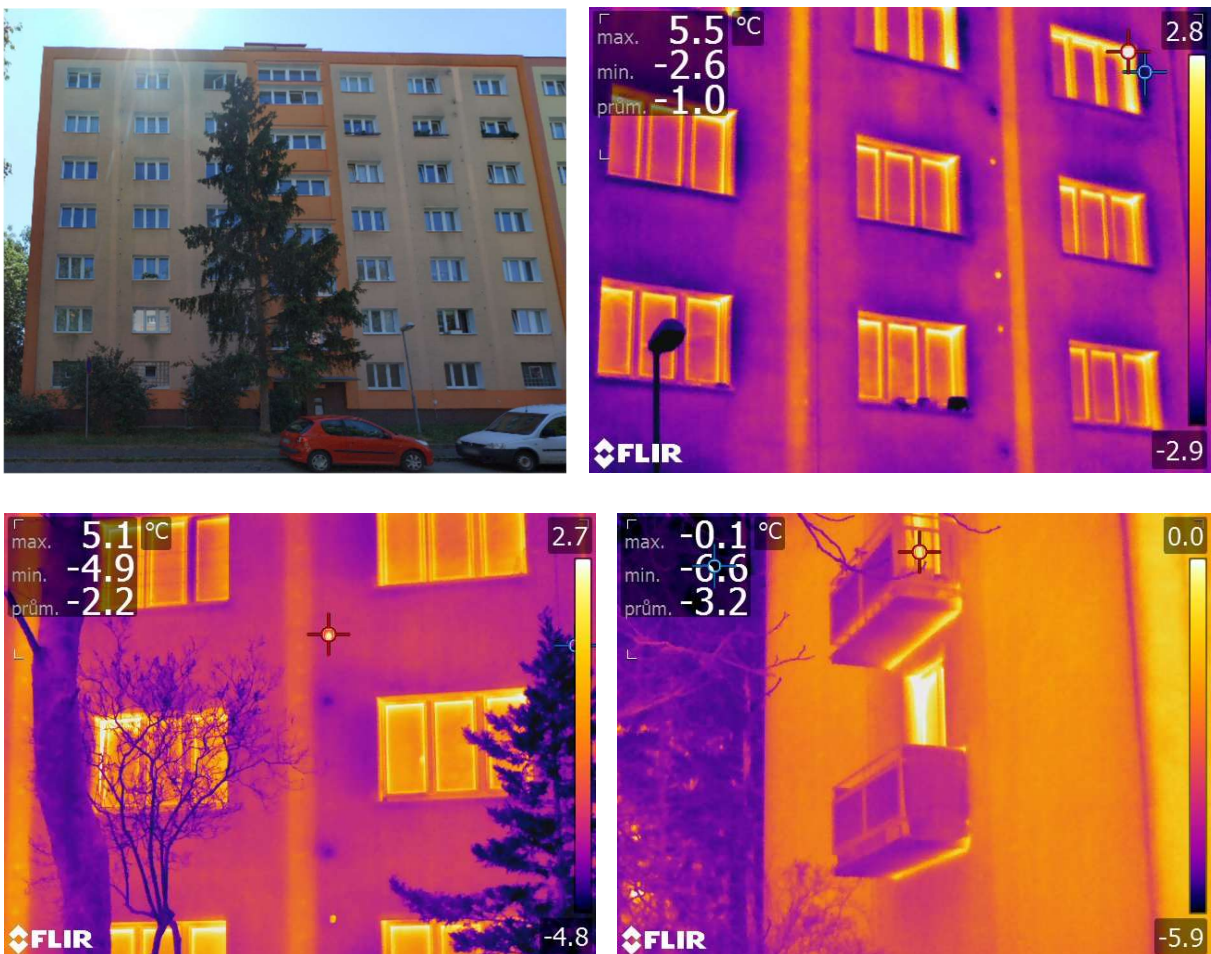
Obr. 15: Snímky BD – 7 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 8
Adresa:	Družby 981 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	panelový systém PS61, zateplený objekt (rok 2017), ústřední dálkové vytápění, rok výstavby cca 1962-65
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, předstupující vnitřní příčné nosné stěny, tloušťka tepelné izolace soklu, luxfery ve společných prostorech (sušárna, kolárna, sklepy), předstupující konstrukce (mezipodesty schodiště, balkony)



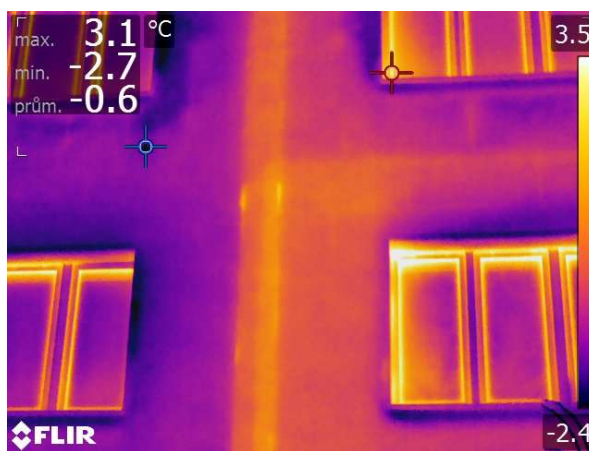
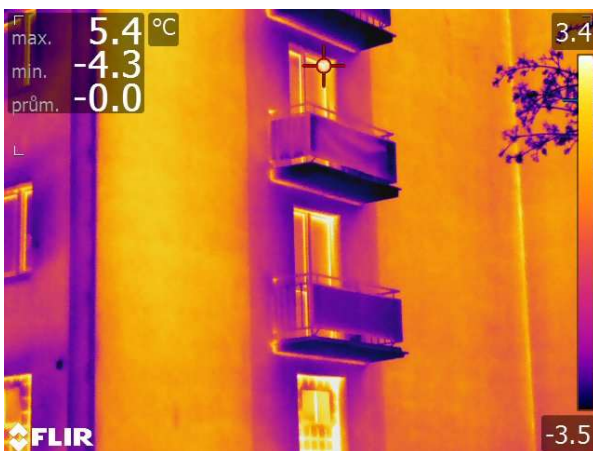
Obr. 16: Snímky BD – 8 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 9
Adresa:	Družby 982 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	panelový systém PS61, zateplený objekt (rok 2018), ústřední dálkové vytápění, rok výstavby cca 1962-65
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	předstupující vnitřní příčné nosné stěny, tloušťka tepelné izolace soklu, luxfery ve společných prostorech (sušárna, kolárna, sklepy), předstupující konstrukce (mezipodesty schodiště, balkony)



Obr. 17: Snímky BD – 9 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 10
Adresa:	Smrková 963, 964, 965, 966 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	panelový systém PS61, zateplený objekt, ústřední dálkové vytápění, rok výstavby cca 1962-65
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zábradlí balkonů, předstupující vnitřní příčné nosné stěny, tloušťka tepelné izolace soklu, luxfery ve společných prostorech (sušárna, kolárna, sklepy), předstupující konstrukce (mezipodesty schodiště, balkony), výplně okenních otvorů



Obr. 18: Snímky BD – 10 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 11
Adresa:	Smrková 959, 960, 961, 962 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	panelový systém PS61, zateplený objekt, ústřední dálkové vytápění, rok výstavby cca 1962-65
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	předstupující vnitřní příčné nosné stěny, tloušťka tepelné izolace soklu, předstupující konstrukce (mezipodesty schodiště, balkony), kotvení zábradlí balkonů



Obr. 19: Snímky BD – 11 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 12
Adresa:	Družby 987, 979 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	panelový systém PS61, zateplený objekt, ústřední dálkové vytápění, rok výstavby cca 1962-65
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, trhliny v zateplovacím systému, předstupující vnitřní příčné nosné stěny, tloušťka tepelné izolace soklu, luxfery ve společných prostorech (sušárna, kolárna, sklepy), předstupující konstrukce (mezipodesty schodiště, balkony)



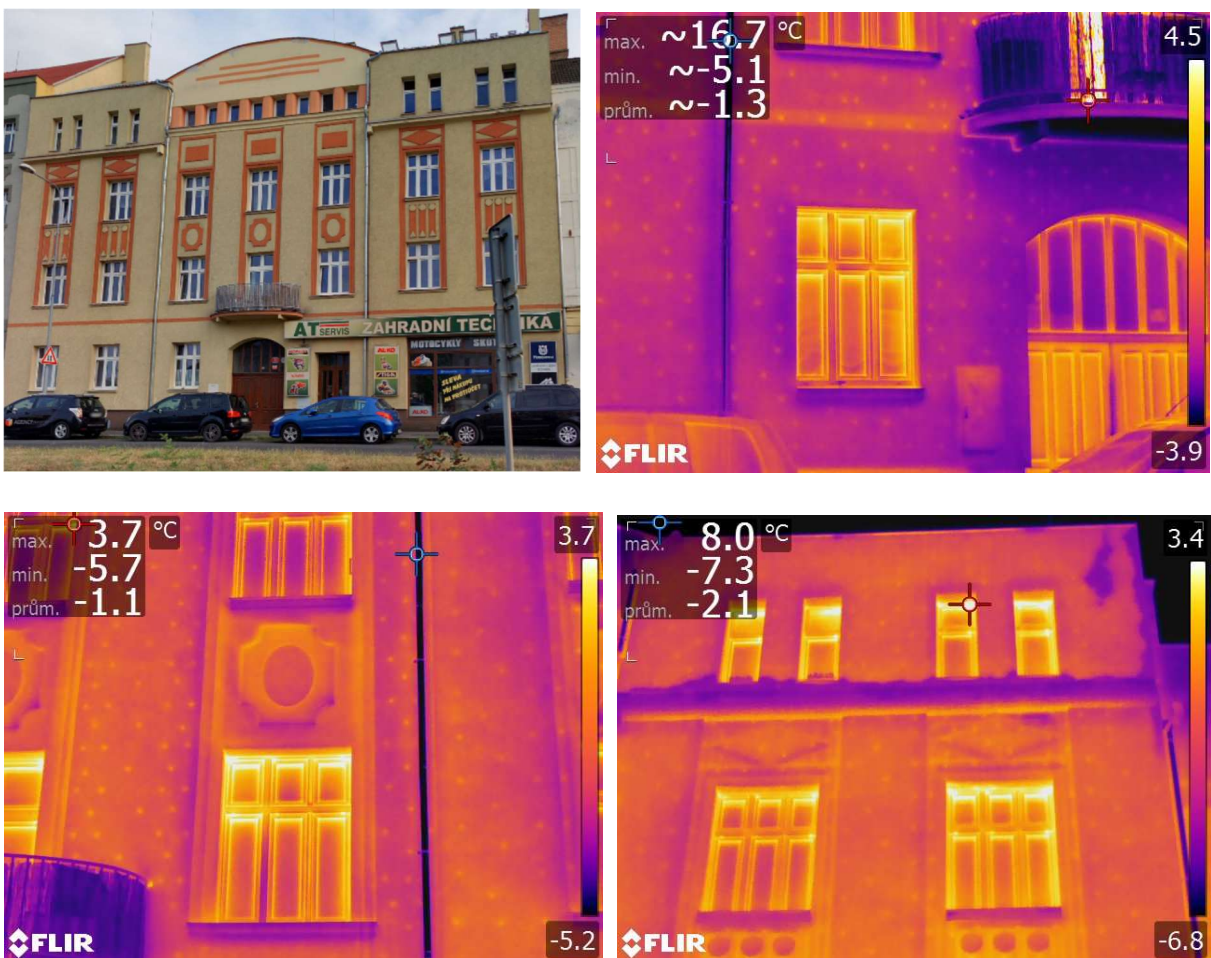
Obr. 20: Snímky BD – 12 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 13
Adresa:	Masarykova 914, 915, 916, 918, 921 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	uložení stropní konstrukce, ostění a nadpraží okenních otvorů, absence tepelné izolace obvodového pláště



Obr. 21: Snímky BD – 13 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 14
Adresa:	Husova 1393 Plzeň 3 – Jižní Předměstí
Datum měření:	30. 01. 2024 – čas: 12,00 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota 0°C
Základní informace:	zděný systém, zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, výplně okenních otvorů



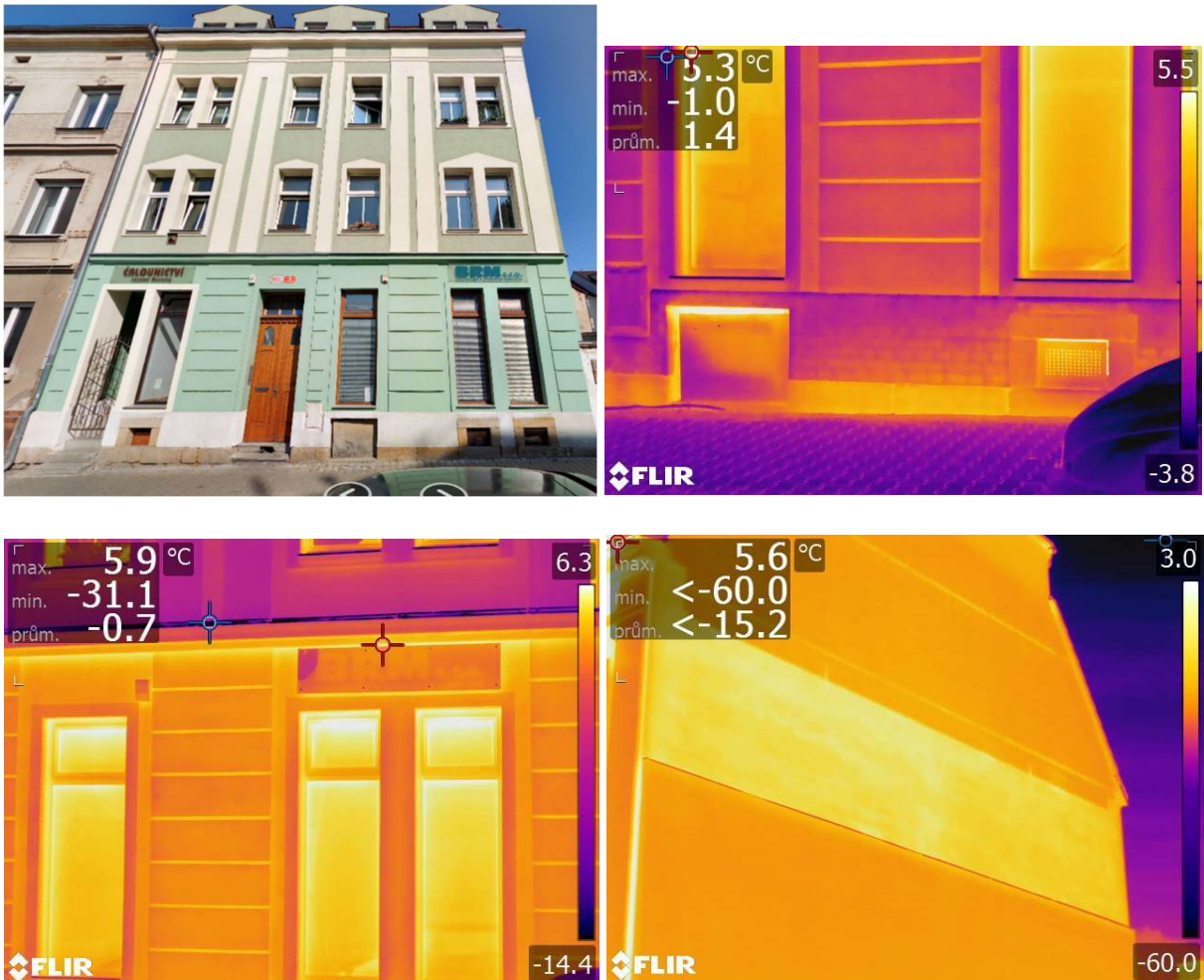
Obr. 22: Snímky BD – 14 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 15
Adresa:	Skvrňanská 2692 Plzeň 3 – Jižní Předměstí
Datum měření:	30. 01. 2024 – čas: 12,00 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota 0°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace)



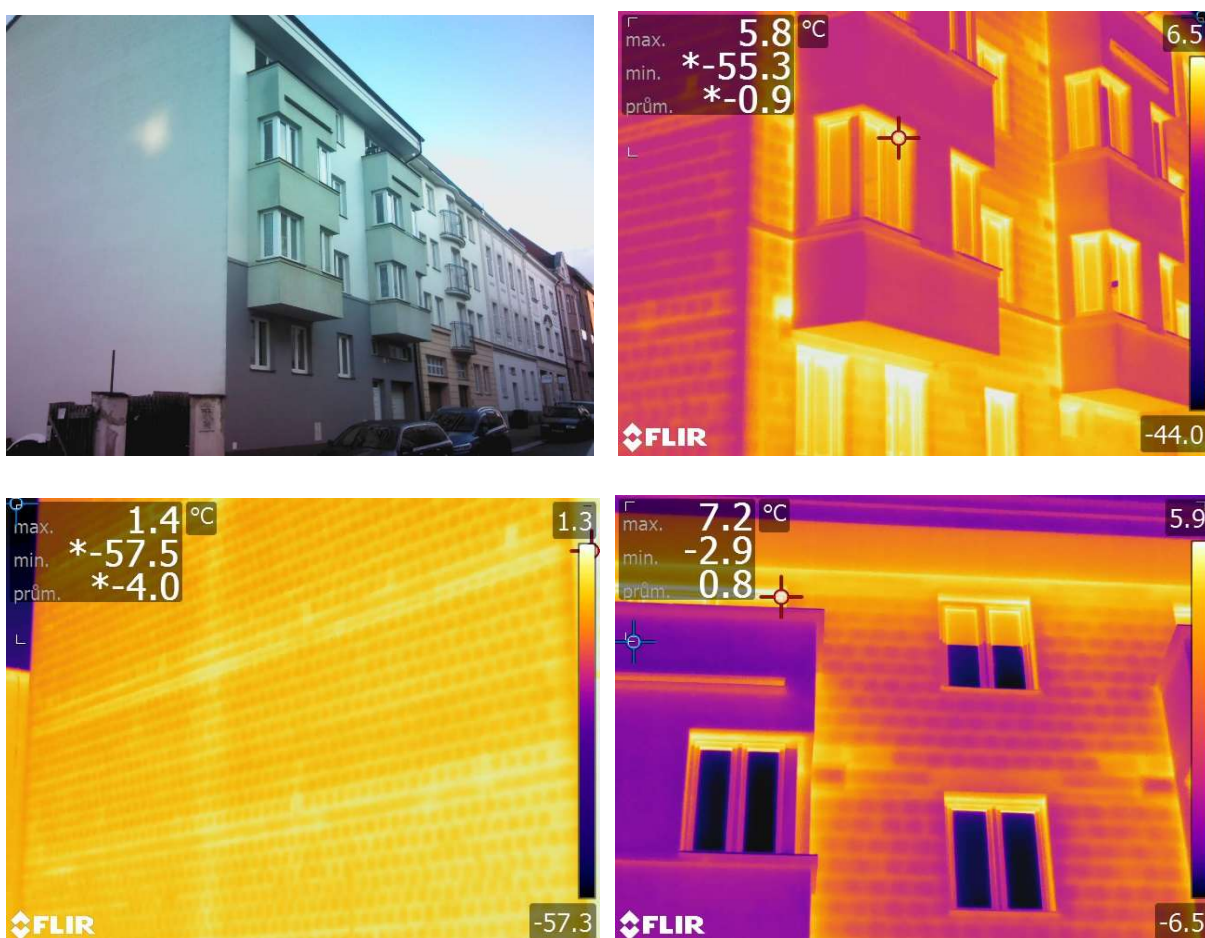
Obr. 23: Snímky BD – 15 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 16
Adresa:	Farského 802 Plzeň 2 – Slovany
Datum měření:	13. 02. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2°C
Základní informace:	zděný systém, částečně zateplený, na počátku 21. století realizována nástavba (4. NP)
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	nezateplený sokl a čelní stěna v 1. NP, dřevěné výplně okenních otvorů v 1. NP, od 2. NP nezateplená štítová stěna



Obr. 24: Snímky BD – 16 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 17
Adresa:	Farského 2674 Plzeň 2 – Slovany
Datum měření:	13. 02. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt,
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace)



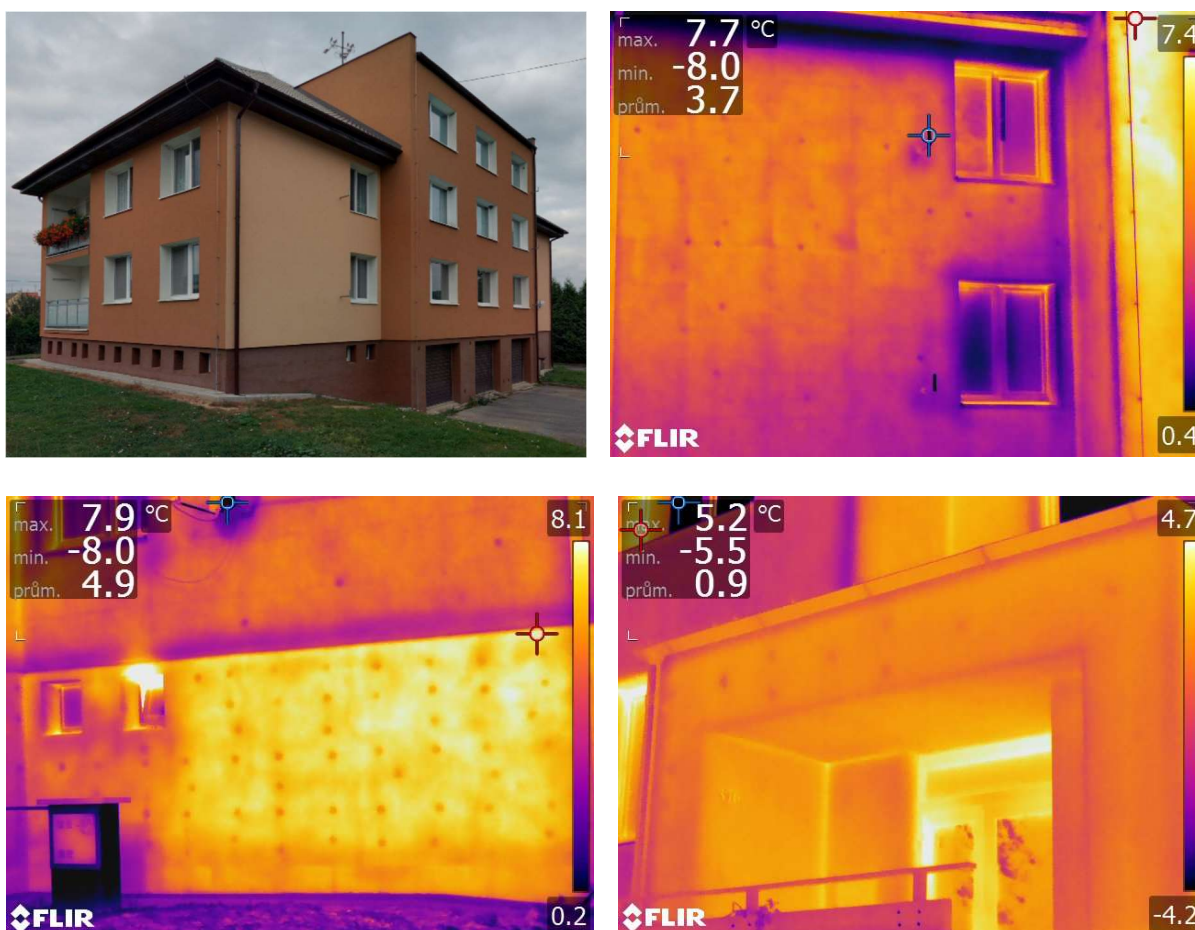
Obr. 25: Snímky BD – 17 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 18
Adresa:	Farského 2673 Plzeň 2 – Slovany
Datum měření:	13. 02. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt, řadová zástavba
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace)



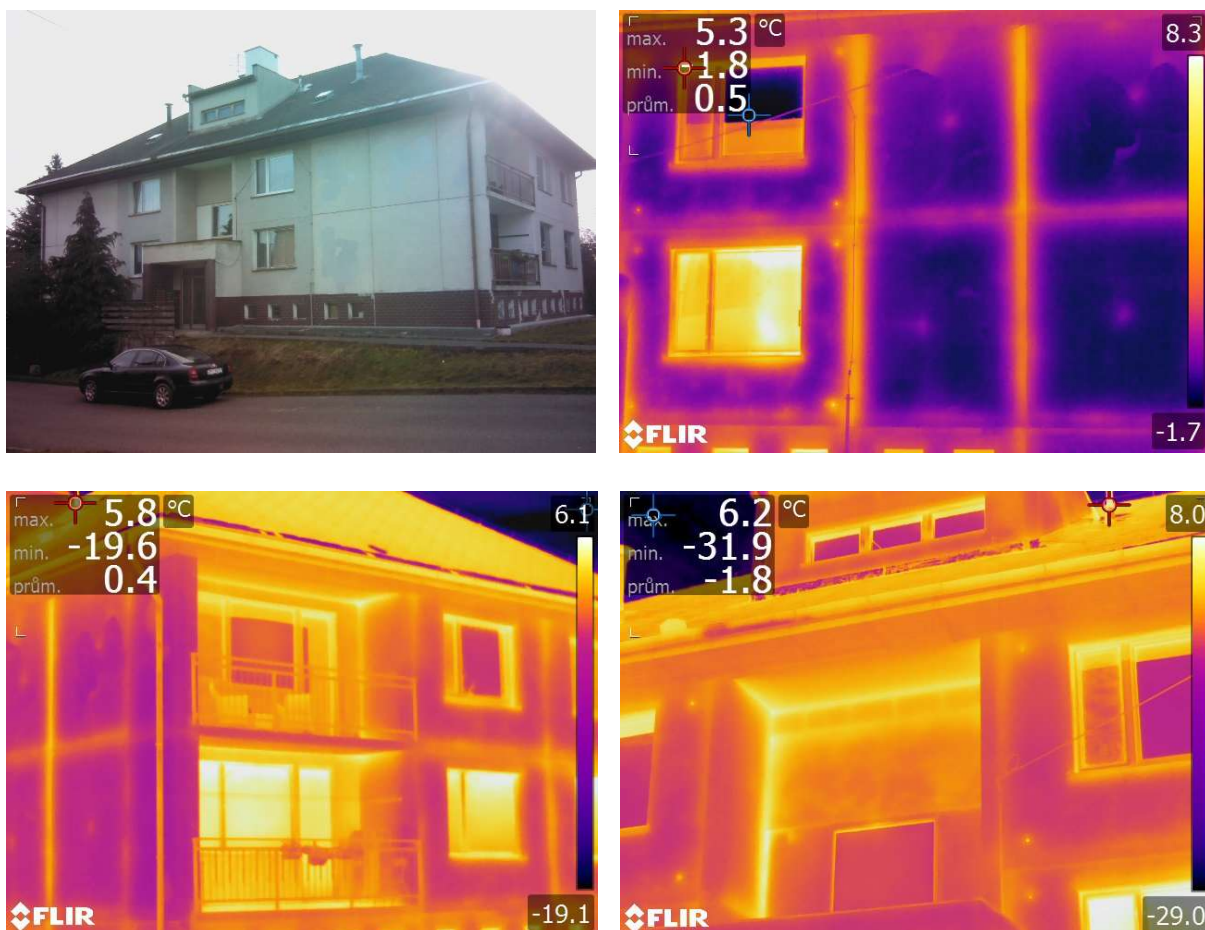
Obr. 26: Snímky BD – 18 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 19
Adresa:	Zahradní 376 Merklín (okr.: Plzeň-jih)
Datum měření:	25. 02. 2024 – čas: 9,00 – 9,30
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 1,5°C
Základní informace:	panelový systém, zateplený objekt (r. 2014), rok výstavby 1993-94
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, nekvalitní spoje v zateplovacím systému, ostění okenních otvorů, menší tloušťka tepelné izolace v 1. PP (sklepy, garáže)



Obr. 27: Snímky BD – 19 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 20
Adresa:	Zahradní 377 Merklín (okr.: Plzeň-jih)
Datum měření:	25. 02. 2024 – čas: 9,00 – 9,30
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 1,5°C
Základní informace:	panelový systém, nezateplený objekt, rok výstavby 1993-94
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), v některých bytových jednotkách původní dřevěné výplně otvorů, nefunkční těsnění mezi jednotlivými panely



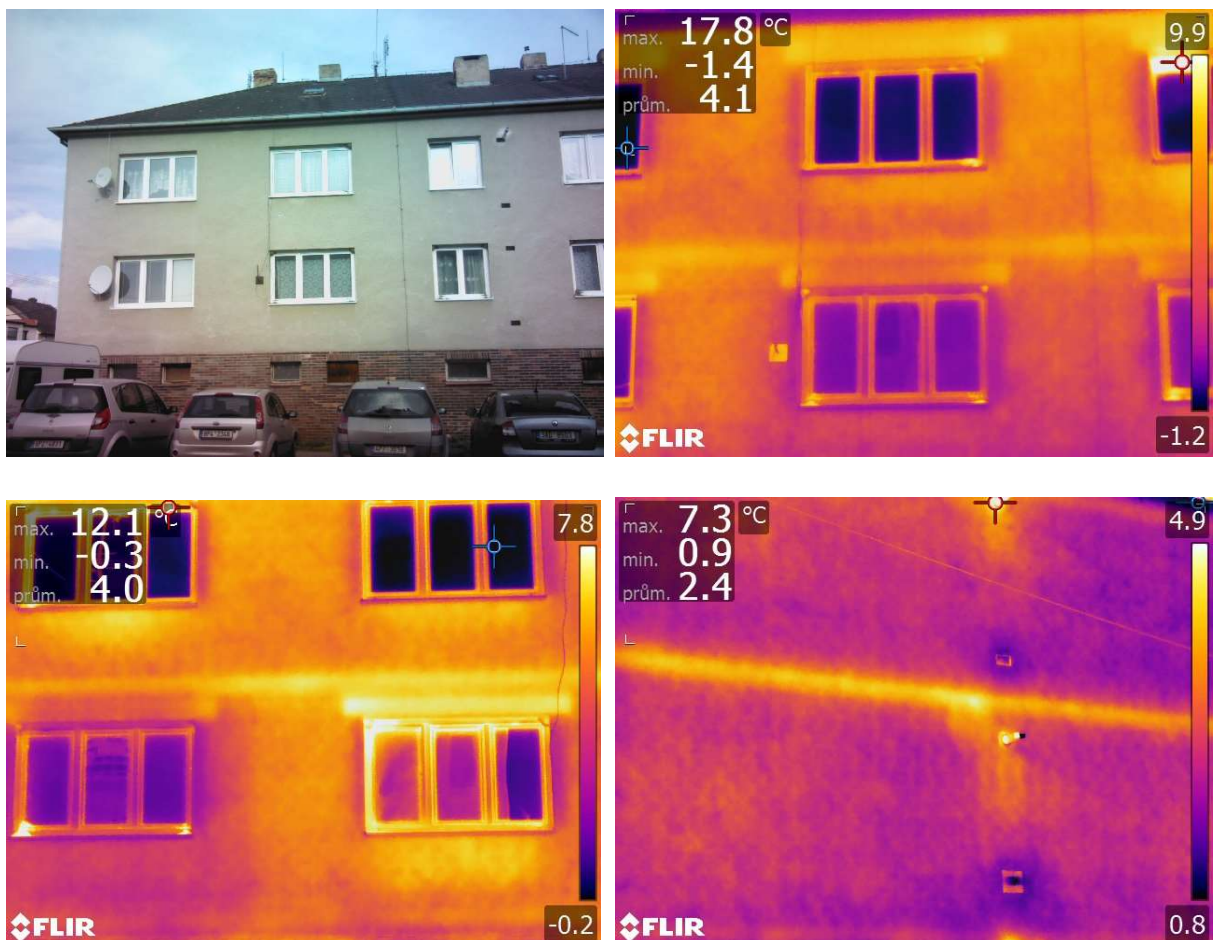
Obr. 28: Snímky BD – 20 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 21
Adresa:	Zahradní 326 Merklín (okr.: Plzeň-jih)
Datum měření:	25. 02. 2024 – čas: 9,00 – 9,30
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 1,5°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), uložení stropních konstrukcí, nadpraží (překlady) okenních otvorů, předsazené konstrukce (balkony)



Obr. 29: Snímky BD – 21 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 22
Adresa:	Zahradní 327 Merklín (okr.: Plzeň-jih)
Datum měření:	25. 02. 2024 – čas: 9,00 – 9,30
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 1,5°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), uložení stropních konstrukcí, nadpraží (překlady) okenních otvorů, předsazené konstrukce (balkony)



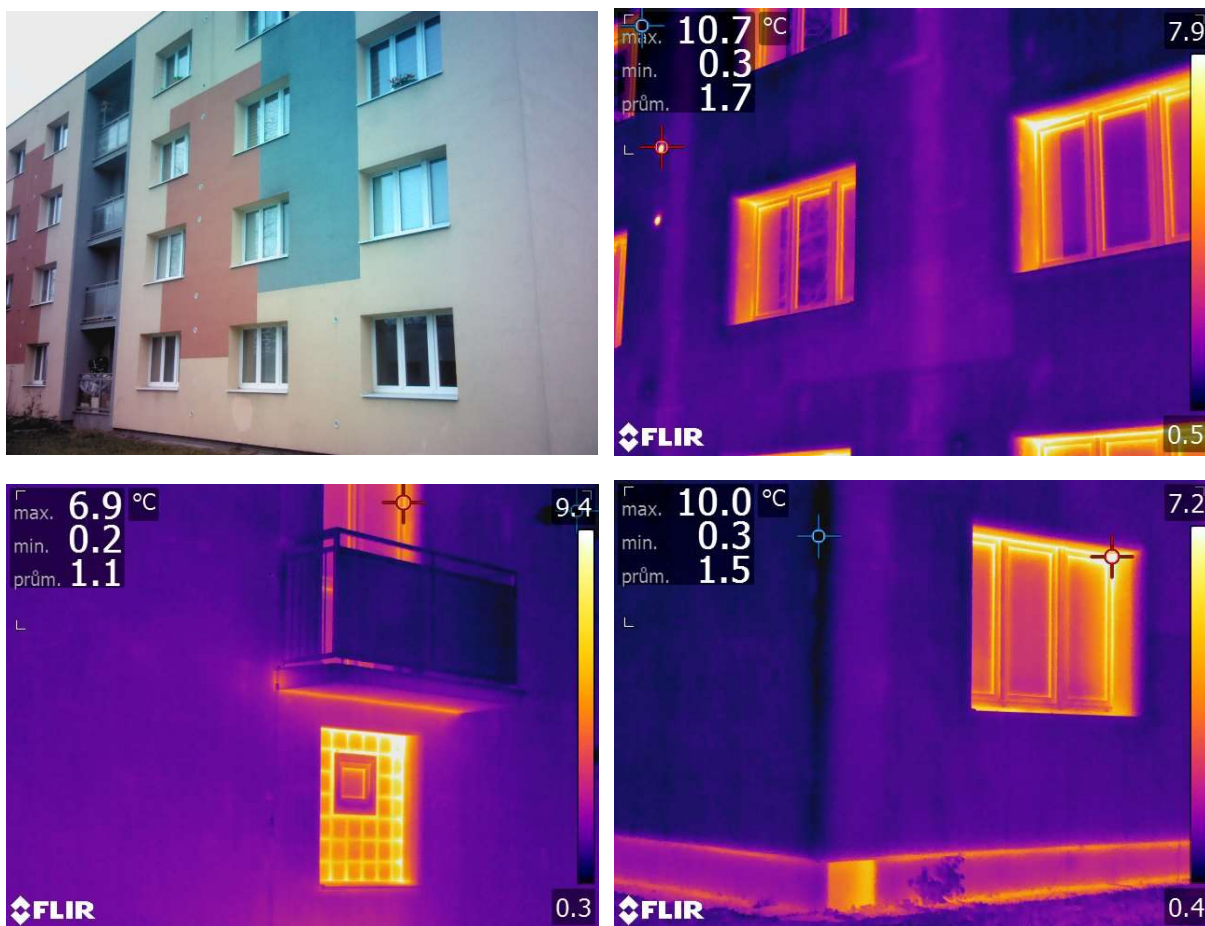
Obr. 30: Snímky BD – 22 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 23
Adresa:	Železničářská 999, 1000, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	07. 03. 2024 – čas: 8,30 – 9,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, teplota 2,5°C
Základní informace:	panelový systém PS61, nezateplený objekt, ústřední dálkové vytápění, rok výstavby cca 1962-65
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace)



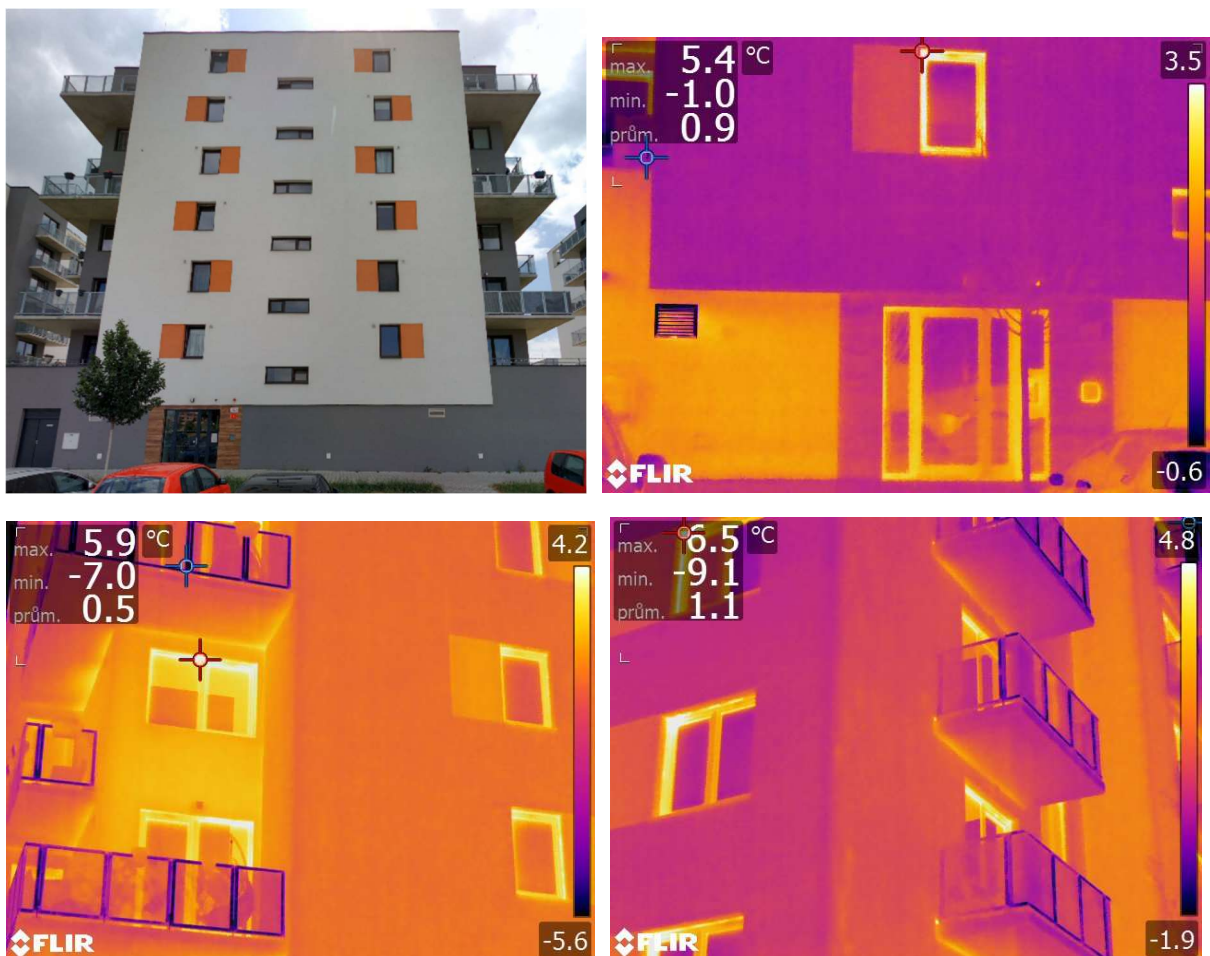
Obr. 31: Snímky BD – 23 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 24
Adresa:	Staniční 1012 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	07. 03. 2024 – čas: 8,30 – 9,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, teplota 2,5°C
Základní informace:	panelový systém PS61, zateplený objekt, ústřední dálkové vytápění, rok výstavby cca 1962-65
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	předsazené konstrukce (spoj balkonu a obvodové stěny), luxfery ve společných prostorech (sušárna, sklepy), zateplení soklu, předstupující vnitřní příčné nosné stěny, větrací otvory



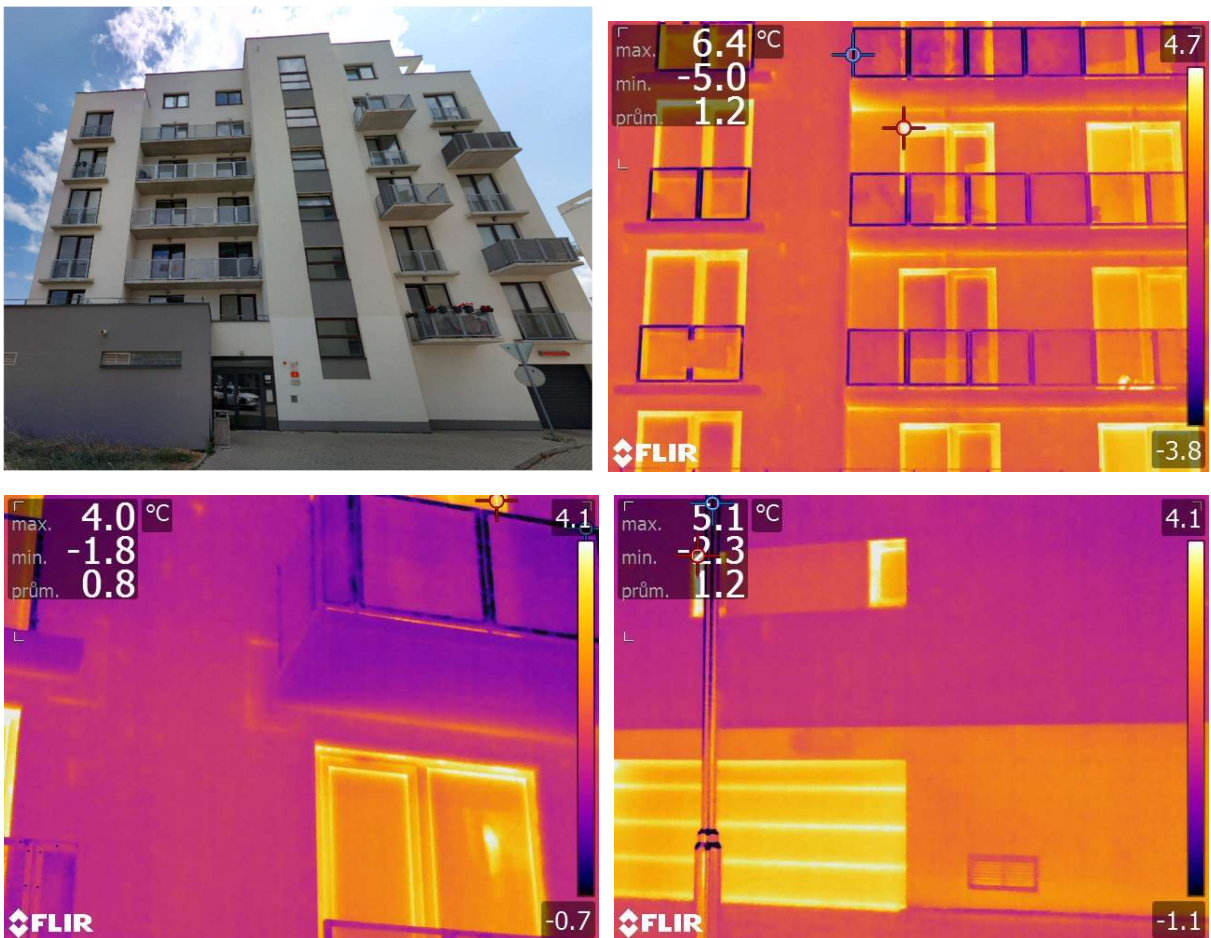
Obr. 32: Snímky BD – 24 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 25
Adresa:	Inženýrská 3028 Plzeň 3 – Jižní Předměstí
Datum měření:	07. 03. 2024 – čas: 9,30 – 10,00
Meteorologické podmínky:	zataženo, teplota 2,5°C
Základní informace:	novostavba, zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	předsazené konstrukce (spoj balkonu a obvodové stěny)



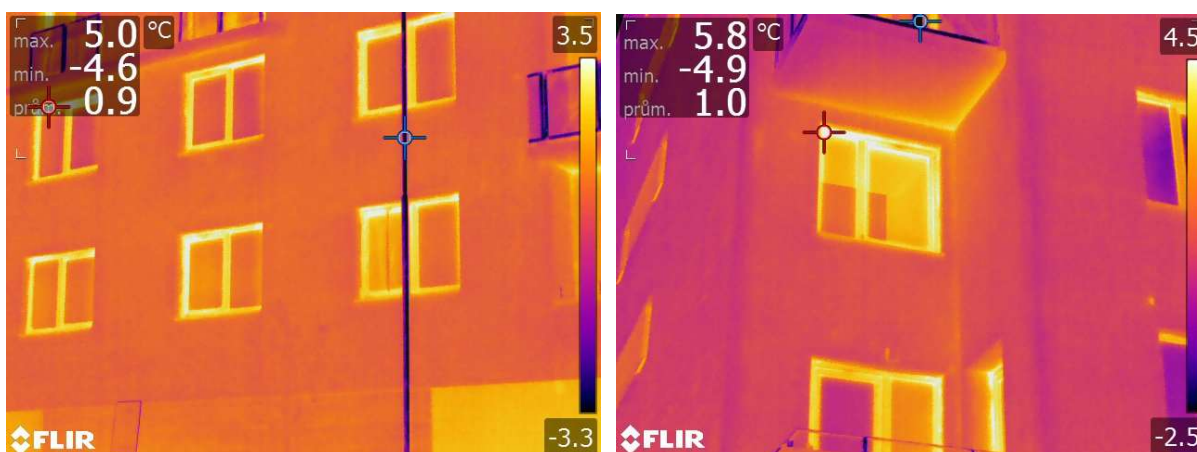
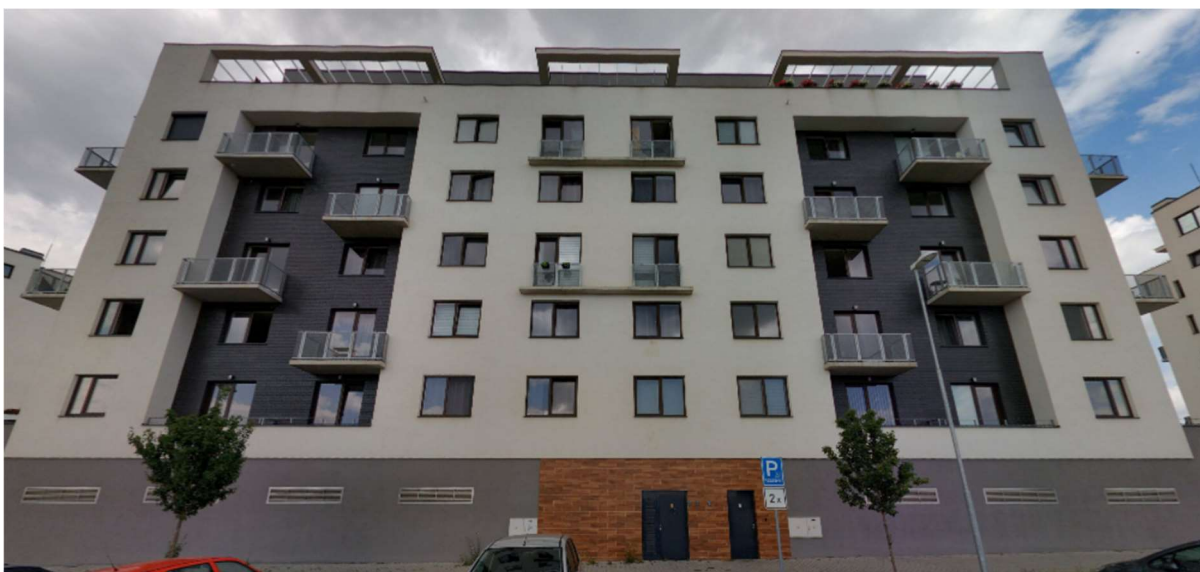
Obr. 33: Snímky BD – 25 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 26
Adresa:	Magisterská 3012 Plzeň 3 – Jižní Předměstí
Datum měření:	07. 03. 2024 – čas: 9,30 – 10,00
Meteorologické podmínky:	zataženo, teplota 2,5°C
Základní informace:	novostavba, zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	předsazené konstrukce (spoj balkonu a obvodové stěny), trhliny v zateplovacím systému



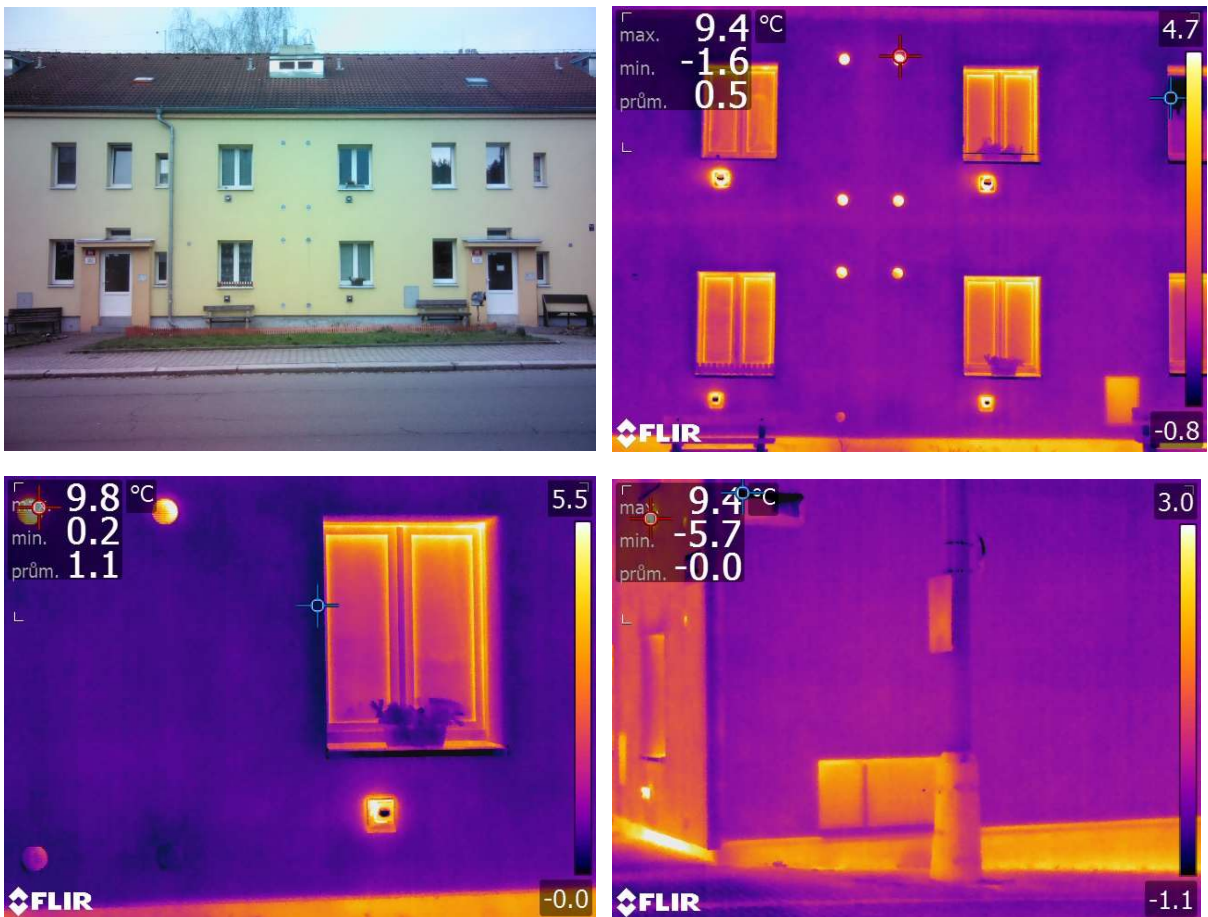
Obr. 34: Snímky BD – 26 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 27
Adresa:	Magisterská 3014 Plzeň 3 – Jižní Předměstí
Datum měření:	07. 03. 2024 – čas: 9,30 – 10,00
Meteorologické podmínky:	zataženo, teplota 2,5°C
Základní informace:	novostavba, zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	předsazené konstrukce (spoj balkonu a obvodové stěny)



Obr. 35: Snímky BD – 27 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 28
Adresa:	Pod Vrchem 523, 524, 525, 526 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	08. 03. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2,0°C
Základní informace:	zděný systém, zateplený objekt, řadová zástavba, lokální plynová topidla
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	větrací otvory, zateplení soklu, pojistková skříň



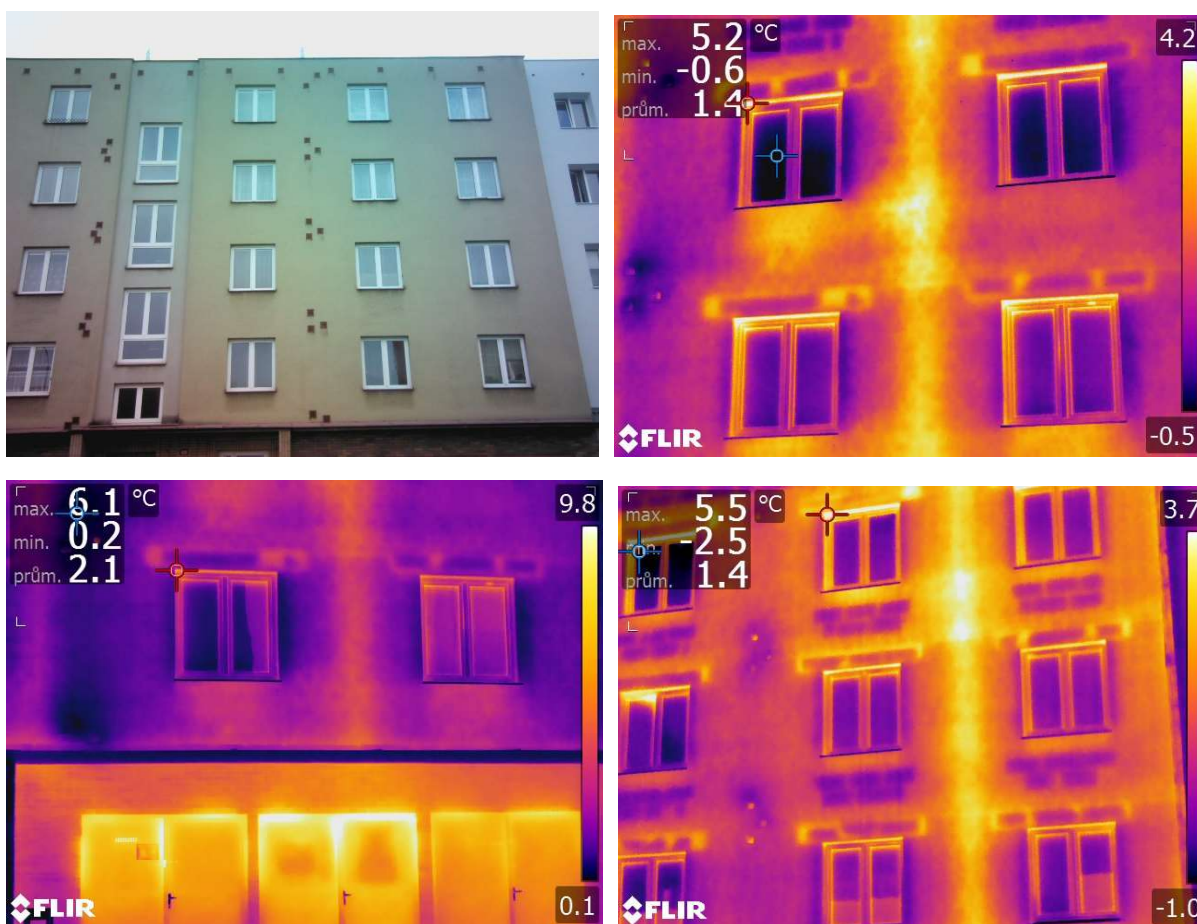
Obr. 36: Snímky BD – 28 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 29
Adresa:	Pod Vrchem 929, 930 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	08. 03. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2,0°C
Základní informace:	zděný systém, zateplený objekt (konec r. 2023)
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	bez zjevných vad a poruch



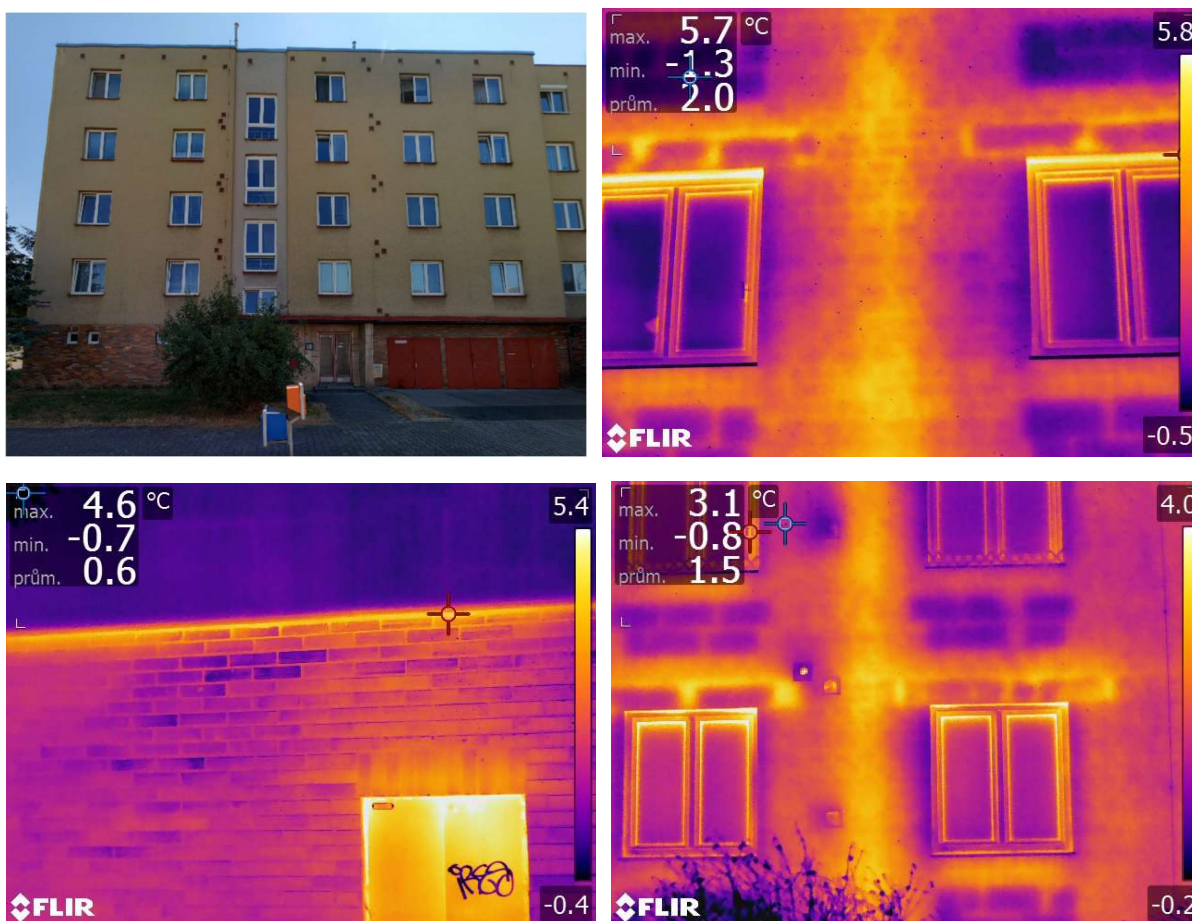
Obr. 37: Snímky BD – 29 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 30
Adresa:	Pod Vrchem 927, 928 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	08. 03. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2,0°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), překlady nad okenními otvory, spojení vnitřní nosné a obvodové stěny, větrací průduchy



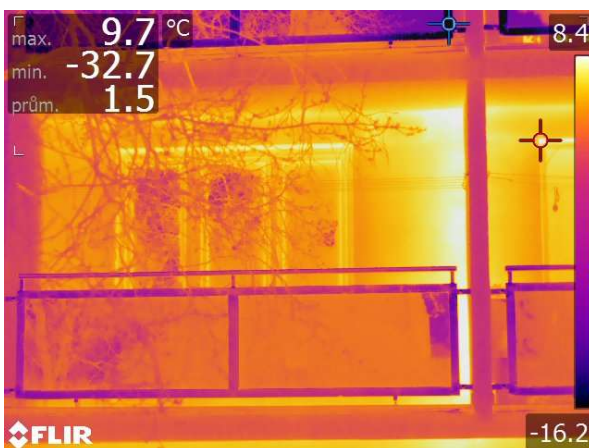
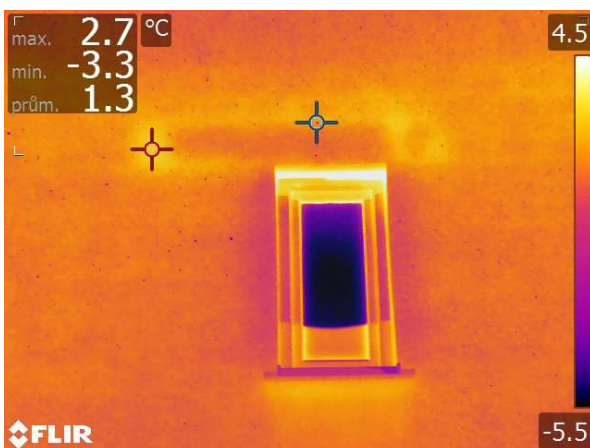
Obr. 38: Snímky BD – 30 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 31
Adresa:	Pod Vrchem 926 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	08. 03. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2,0°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), překlady nad okenními otvory, spojení vnitřní nosné a obvodové stěny, větrací průduchy, pojistková skříň



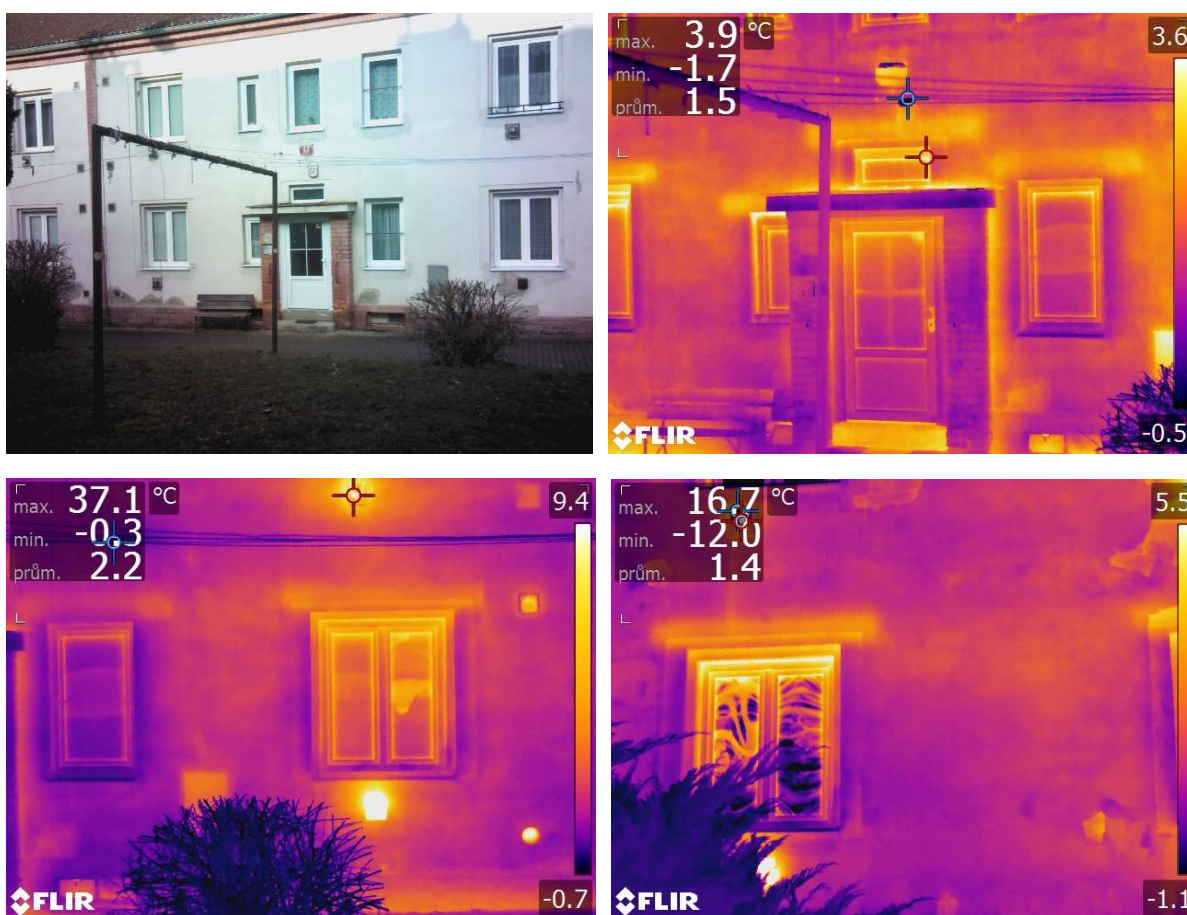
Obr. 39: Snímky BD – 31 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 32
Adresa:	Pod Švabinami 940 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	08. 03. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2,0°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), překlady nad okenními otvory, spojení vnitřní nosné a obvodové stěny, větrací průduchy, spojení lodžie a obvodové stěny, uložení stropní konstrukce



Obr. 40: Snímky BD – 32 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 33
Adresa:	Sokolská 521 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	08. 03. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2,0°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt, lokální plynová topidla
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), překlady nad okenními otvory, větrací průduchy, uložení stropní konstrukce



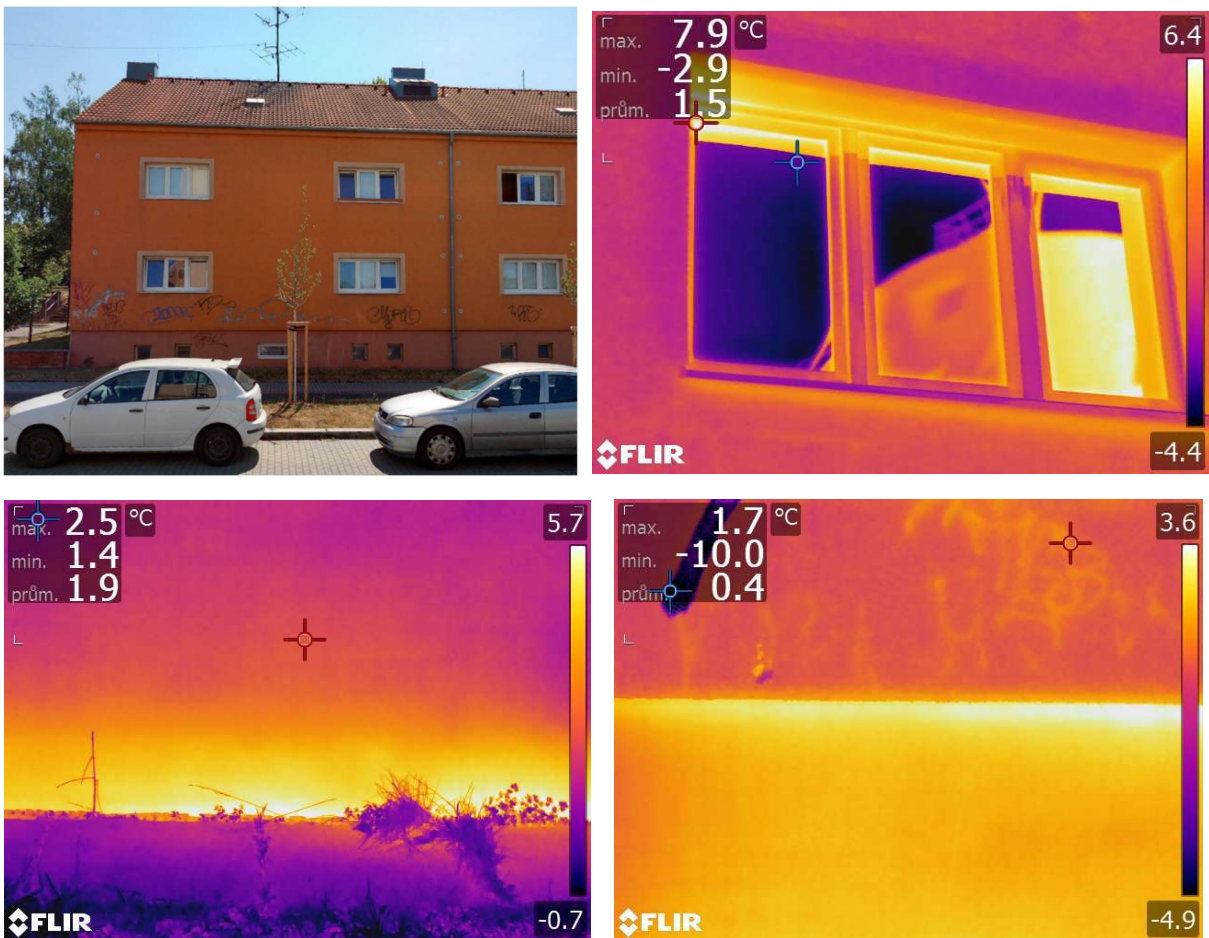
Obr. 41: Snímky BD – 33 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	BD – 34
Adresa:	Sokolská 518 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	08. 03. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2,0°C
Základní informace:	zděný systém, zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	ostění okenních otvorů, dále bez zjevných poruch



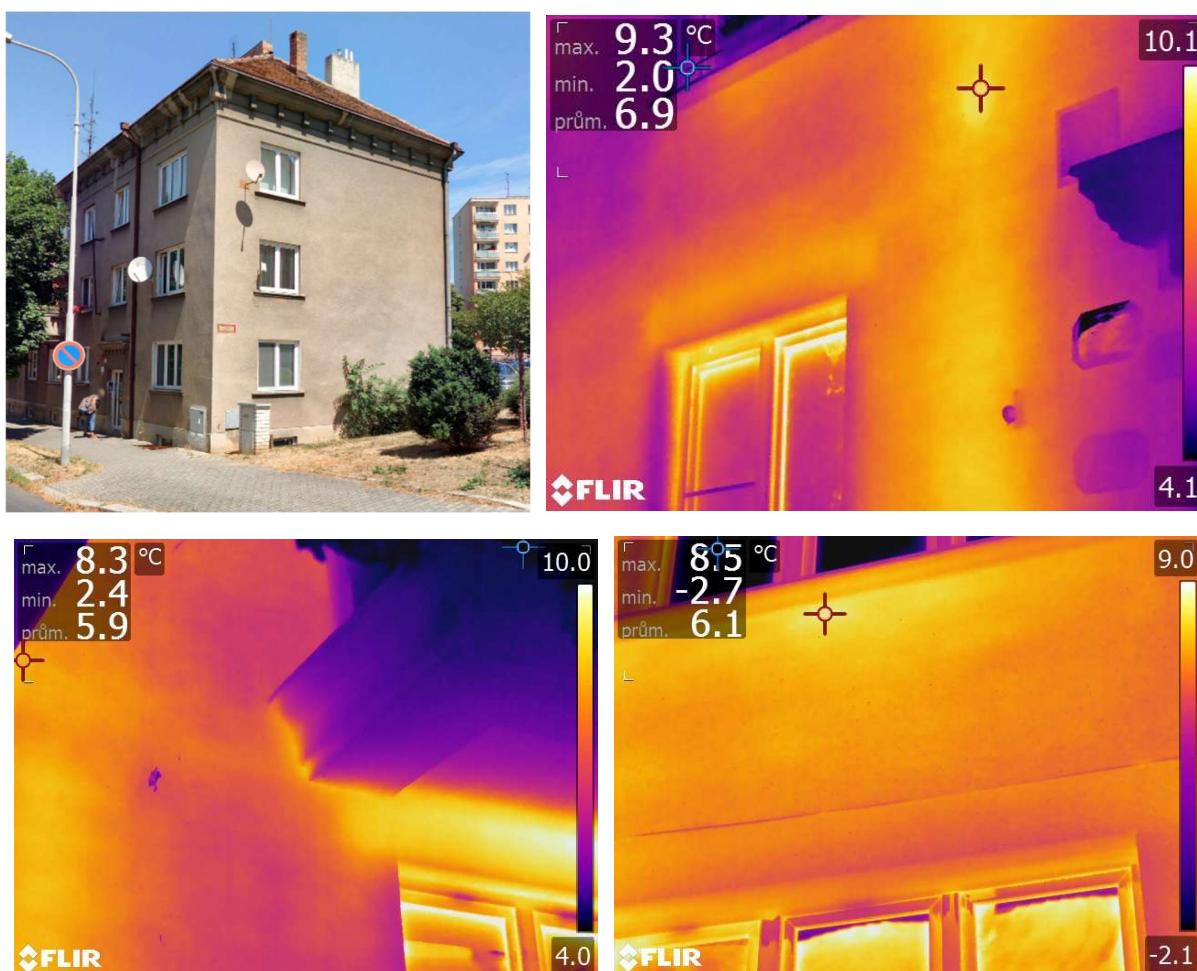
Obr. 42: Snímky BD – 34 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 35
Adresa:	Sokolská 530 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	08. 03. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2,0°C
Základní informace:	zděný systém, zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	ostění okenních otvorů, menší tloušťka tepelné izolace soklu



Obr. 43: Snímky BD – 35 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 36
Adresa:	Revoluční 701, 702 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	24. 04. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 3°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), překlady nad okenními otvory, spojení vnitřní nosné a obvodové stěny, větrací průduchy, předstupující konstrukce (balkony)



Obr. 44: Snímky BD – 36 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	BD – 37
Adresa:	Revoluční 279, 280 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	24. 04. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 3°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), překlady nad okenními otvory



Obr. 45: Snímky BD – 37 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Zhodnocení vad a poruch obvodových plášťů zděných bytových domů

Na závěr této kapitoly lze konstatovat, že většina zděných bytových domů, které byly předmětem termografického měření, je nezateplená nebo má zateplenou pouze část svého obvodového pláště.

Mezi nejčastěji objevující se poruchy a vady patří:

- nekvalitní výplně otvorů (původní dřevěná okna)
- nekvalitně instalované výplně otvorů (porušená vzduchotěsnost)
- nedostatečná izolace překladů nad okenními otvory
- větrací průduchy
- nedostatečná izolace parapetního zdiva
- uložení stropní konstrukce a nedostatečná izolace ztužujícího věnce
- předsazené konstrukce a jejich spojení s obvodovým zdivem



Obr. 46: Řadový bytový dům Zdroj: (autor, 2024)

Ideálním příkladem účinnosti zateplovacího systému je výše uvedený snímek (Obr. 46). Řadový zděný bytový dům, který byl předmětem termografického snímkování, disponuje částečně zatepleným obvodovým pláštěm (pravá polovina snímku). Zateplená část obvodového pláště vykazuje výrazně lepší tepelně technické vlastnosti. Tato zjištění zdůrazňují důležitost kvalitního zateplení pro dosažení optimální energetické účinnosti a komfortu pro obyvatele.

Zhodnocení vad a poruch obvodových plášťů panelových bytových domů

Většina panelových bytových domů, na kterých bylo provedeno termografické měření, disponuje zatepleným obvodovým pláštěm, což přispívá k výraznému zlepšení tepelně izolačních vlastností těchto objektů. Navzdory tomu, že mají tyto objekty zateplený obvodový plášť, byly identifikovány určité vady a poruchy. Mezi nejčastěji nalezené problémy patří trhliny v zateplovacím systému, problémy s kotvením tepelné izolace a její neodborně provedená instalace, která se projevuje viditelnými mezerami mezi jednotlivými prvky.

Tyto zjištěné nedostatky zdůrazňují důležitost kvalitního provedení izolačních prací a správné aplikace materiálů při úpravách panelových domů. Cílem kvalitně provedených zateplovacích systémů je dosažení optimální energetické náročnosti objektu.

8.4 Rodinné domy (RD)

V této kapitole je uveden seznam rodinných domů, u kterých bylo provedeno termografické měření.

Tab. 3: Seznam termografického měření rodinných domů Zdroj: (autor, 2024)

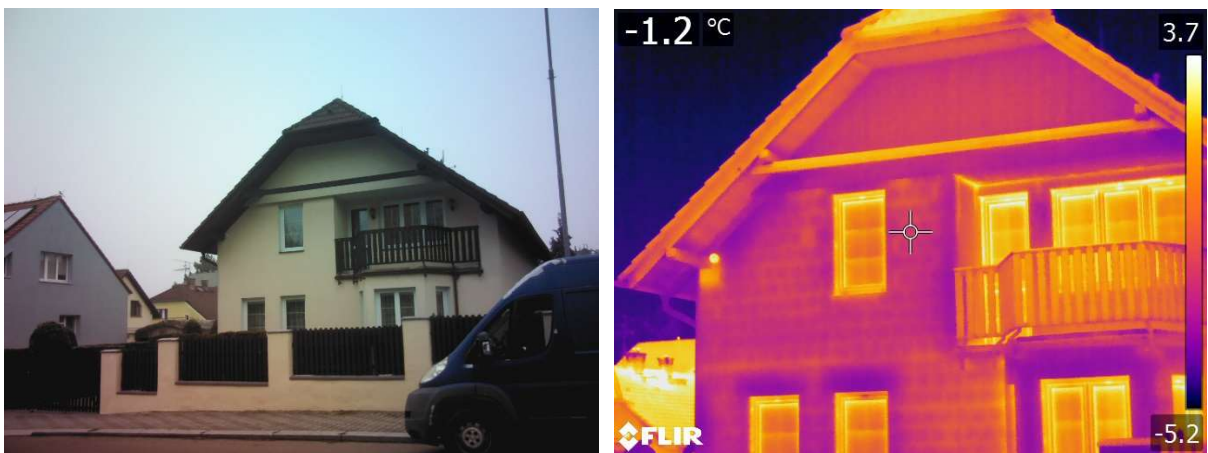
Označení	Adresa	Datum měření	Základní informace
RD – 1	Smrková 953, 1020 Plzeň 4 – Doubravka	29. 01. 2024	nezateplený objekt
RD – 2	Smrková 1429 Plzeň 4 – Doubravka	29. 01. 2024	nezateplený objekt
RD – 3	Komenského 104 Merklín (okr.: Plzeň-jih)	03. 02. 2024 25. 02. 2024	zateplený objekt
RD – 4	Farského 429 Plzeň 2 – Slovany	13. 02. 2024	nezateplený objekt
RD – 5	Komenského 148 Merklín (okr.: Plzeň-jih)	25. 02. 2024	zateplený objekt
RD – 6	Otěšice 69 (okr.: Plzeň-jih)	25. 02. 2024	nezateplený objekt
RD – 7	Otěšice 78 (okr.: Plzeň-jih)	25. 02. 2024	zateplený objekt
RD – 8	Železničářská 535, 536 Plzeň 4 – Doubravka	07. 03. 2024	nezateplený objekt
RD – 9	Revoluční 227 Plzeň 4 – Lobzy	24. 04. 2024	nezateplený objekt

Označení:	RD – 1
Adresa:	Smrková 953, 1020 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	zděný systém, dvojdům, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), uložení stropní konstrukce (pravděpodobně ocelové I nosníky), původní dřevěné okenní výplně, absence tepelné izolace v podkroví



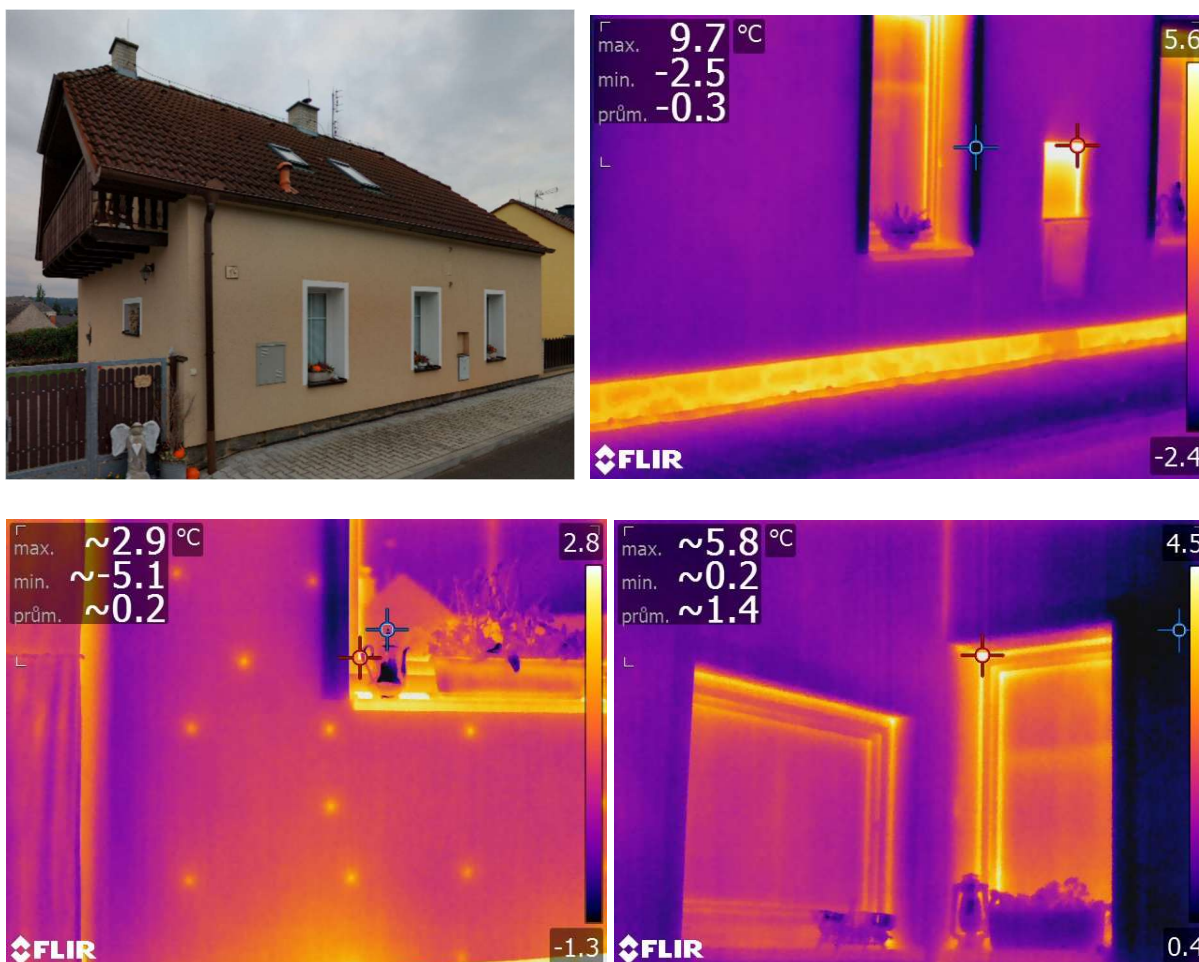
Obr. 47: Snímky RD – 1 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	RD – 2
Adresa:	Smrková 1429 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	nedostatečné tepelně technické vlastnosti obvodového pláště (dle současných požadavků)



Obr. 48: Snímky RD – 2 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	RD – 3
Adresa:	Komenského 104 Merklín (okr.: Plzeň-jih)
Datum měření:	03. 02. 2024 – čas: 8,30 25. 02. 2024 – čas: 9,00
Meteorologické podmínky:	zataženo, teplota 3,0°C polojasno, teplota 1,5°C
Základní informace:	zděný systém, rok výstavby 1932-33, objekt zateplen v roce 2014
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, nezateplený sokl, elektro skříň, ostění okenních otvorů



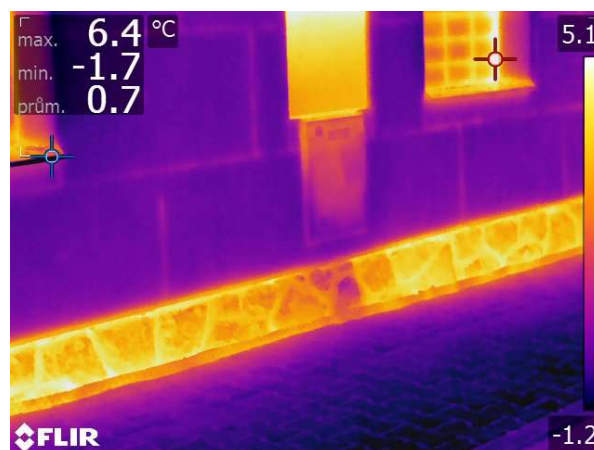
Obr. 49: Snímky RD – 3 Zdroj: (mapy.cz, autor, 2024)

Označení:	RD – 4
Adresa:	Farského 429 Plzeň 2 – Slovany
Datum měření:	13. 02. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	nedostatečné tepelně technické vlastnosti obvodového pláště (dle současných požadavků)



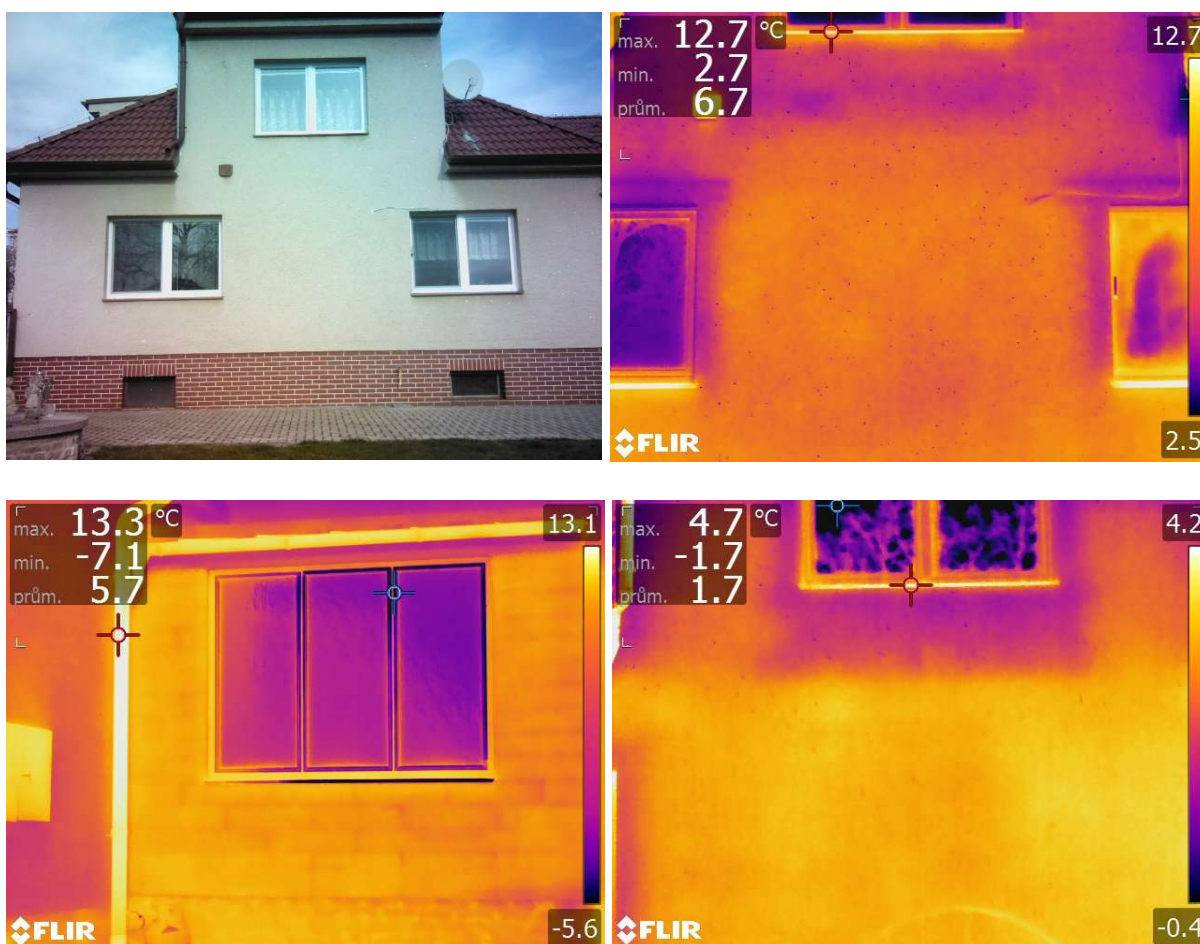
Obr. 50: Snímky RD – 4 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	RD – 5
Adresa:	Komenského 148 Merklín (okr.: Plzeň-jih)
Datum měření:	25. 02. 2024 – čas: 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 1,5°C
Základní informace:	zděný systém, rok výstavby 30. léta 20. století objekt zateplen v roce 2010
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, nezateplený sokl, elektro skříň, ostění okenních otvorů, trhliny v zateplovacím systému



Obr. 51: Snímky RD – 5 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	RD – 6
Adresa:	Otěšice 69 (okr.: Plzeň-jih)
Datum měření:	25. 02. 2024 – čas: 9,30 – 10,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt, rok výstavby 1977-1979
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	nedostatečné tepelně technické vlastnosti obvodového pláště (dle současných požadavků)



Obr. 52: Snímky RD – 6 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	RD – 7
Adresa:	Otěšice 78 (okr.: Plzeň-jih)
Datum měření:	25. 02. 2024 – čas: 9,30 – 10,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2°C
Základní informace:	zděný systém, zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, elektro skříň, ostění okenních otvorů



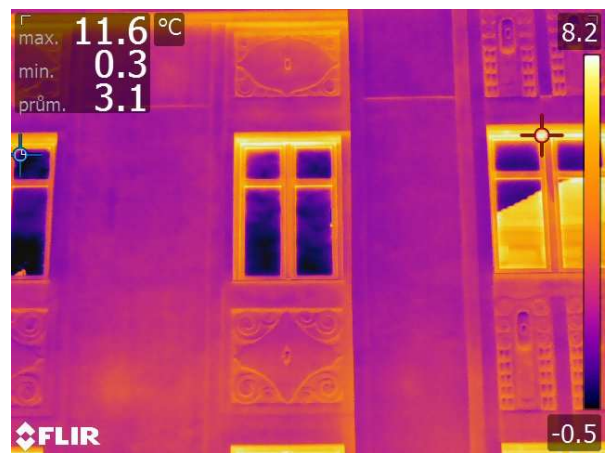
Obr. 53: Snímky RD – 7 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	RD – 8
Adresa:	Železničářská 535, 536 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	07. 03. 2024 – čas: 8,30 – 9,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, teplota 2,5°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	nedostatečné tepelně technické vlastnosti obvodového pláště (dle současných požadavků), překlady nad okenními otvory



Obr. 54: Snímky RD – 8 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	RD – 9
Adresa:	Revoluční 227 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	24. 04. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 3°C
Základní informace:	zděný systém, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	nedostatečné tepelně technické vlastnosti obvodového pláště (dle současných požadavků), ostění okenních otvorů

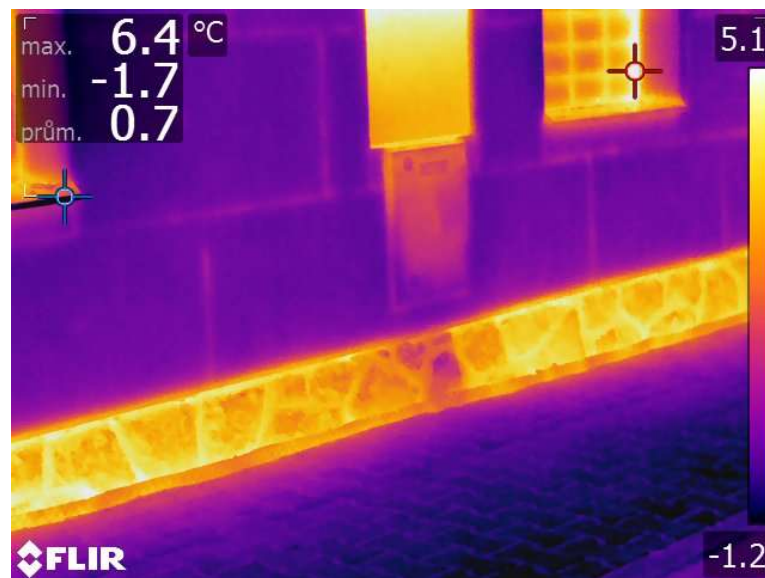


Obr. 55: Snímky RD – 9 Zdroj: (autor, 2024)

Zhodnocení vad a poruch obvodových plášťů rodinných domů

Z této kapitoly vyplývá, že nezateplené rodinné domy, podrobené termografickému měření, trpí nedostatečnou tepelnou izolací obvodového pláště. Tyto objekty vykazují řadu nedostatků, mezi které patří zejména problematické uložení stropní konstrukce a nedostatečná izolace ztužujícího věnce, nedostatečná tepelná izolace půdního prostoru, neizolovaný sokl, osazení elektrické pojistkové skříně do obvodové stěny a nedostatečně izolované překlady nad otvory.

U zateplených rodinných domů, které byly podrobeny termografickému snímkování, je patrné, že jejich obvodový plášť disponuje lepšími tepelně technickými vlastnostmi na rozdíl od nezateplených rodinných domů. Přesto, že mají objekty zateplený obvodový plášť, byly identifikovány určité vady a poruchy. Mezi nejčastěji nalezené problémy patří trhliny v zateplovacím systému, neodborně provedená instalace tepelné izolace, která se projevuje viditelnými mezerami mezi jednotlivými prvky, dále problémy s kotvením tepelné izolace a nedostatečná tepelná izolace soklového zdiva (Obr. 56). Tyto nedostatky zdůrazňují důležitost kvalitního provedení izolačních prací a správné instalace materiálů při úpravách rodinných domů. Účelem kvalitně provedeného zateplení je dosažení optimální energetické účinnosti a komfortu pro obyvatele.



Obr. 56: Nezateplený sokl RD Zdroj: (autor, 2024)

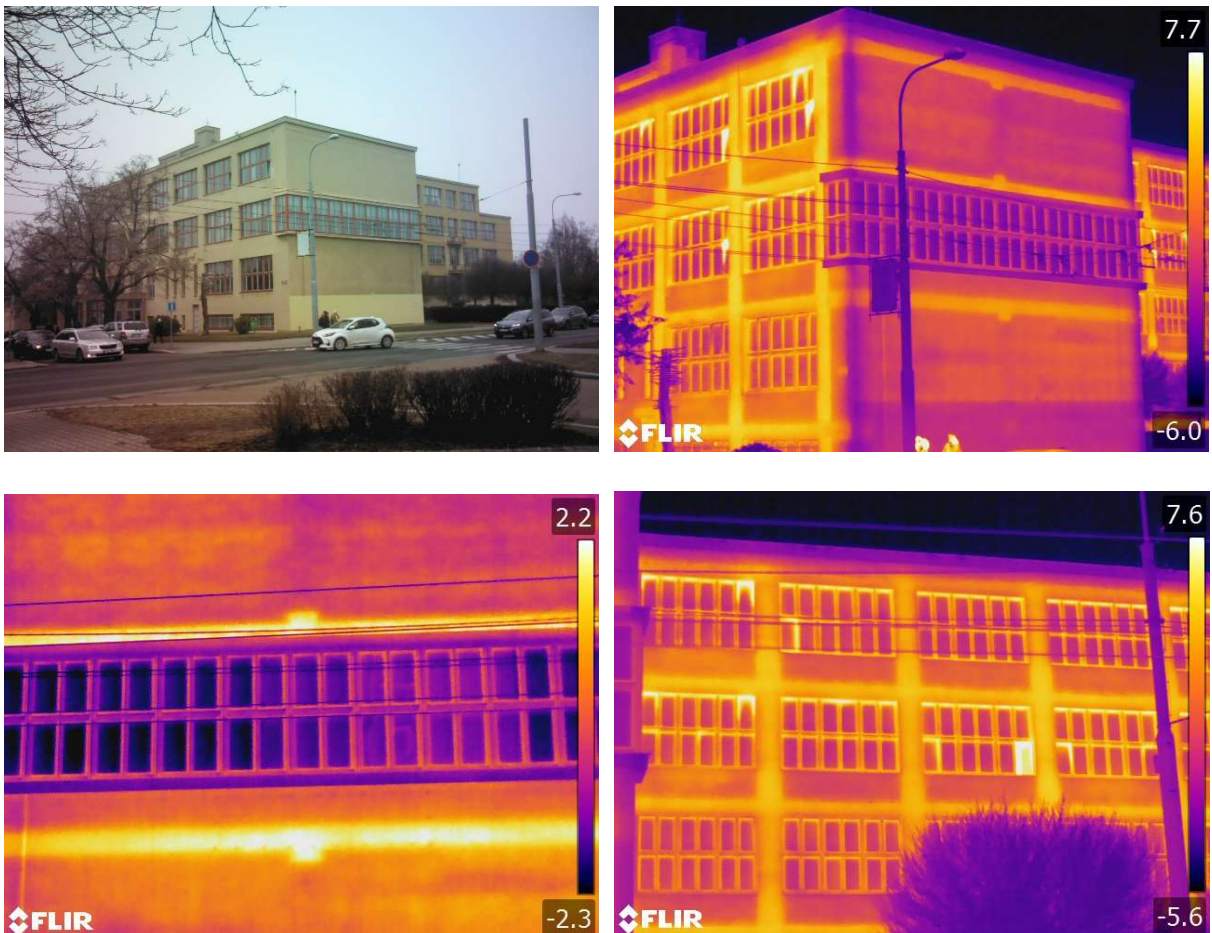
8.5 Ostatní objekty (OS)

V této kapitole je uveden seznam ostatních objektů, u kterých bylo provedeno termografické měření. Jedná se o objekty občanské vybavenosti, stavby pro výrobu a skladování a stavby pro obchod.

Tab. 4: Seznam termografického měření ostatních objektů Zdroj: (autor, 2024)

Označení	Adresa	Datum měření	Základní informace
OS – 1	Opavská 823 Plzeň 4 – Doubravka	29. 01. 2024	gymnázium nezateplený objekt
OS – 2	Družby 1057 Plzeň 4 – Doubravka	29. 01. 2024	mateřská škola zateplený objekt
OS – 3	Na Dlouhých 1129 Plzeň 4 – Doubravka	29. 01. 2024	základní škola nezateplený objekt
OS – 4	Tylova 2862 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	30. 01. 2024	sklad a výroba nezateplený objekt
OS – 5	Farského 638 Plzeň 2 – Slovany	13. 02. 2024	kanceláře nezateplený objekt
OS – 6	Farského 540 Plzeň 2 – Slovany	13. 02. 2024	kanceláře nezateplený objekt
OS – 7	Rokycanská 1171 Plzeň 4 – Lobzy	07. 03. 2024	hypermarket lehký obvodový plášť
OS – 8	Rokycanská 2656 Plzeň 4 – Lobzy	07. 03. 2024	hypermarket lehký obvodový plášť
OS – 9	Stavební 2957 Plzeň 3 – Jižní Předměstí	07. 03. 2024	hypermarket lehký obvodový plášť
OS – 10	Polední 910 Plzeň 4 – Lobzy	24. 04. 2024	městská policie zateplený objekt

Označení:	OS – 1
Adresa:	Opavská 823 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	SS – gymnázium, železobetonový skelet s cihelnou vyzdívkou, nezateplený objekt, rok výstavby 1930-32
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), železobetonová nosná konstrukce, zastaralé výplně okenních otvorů



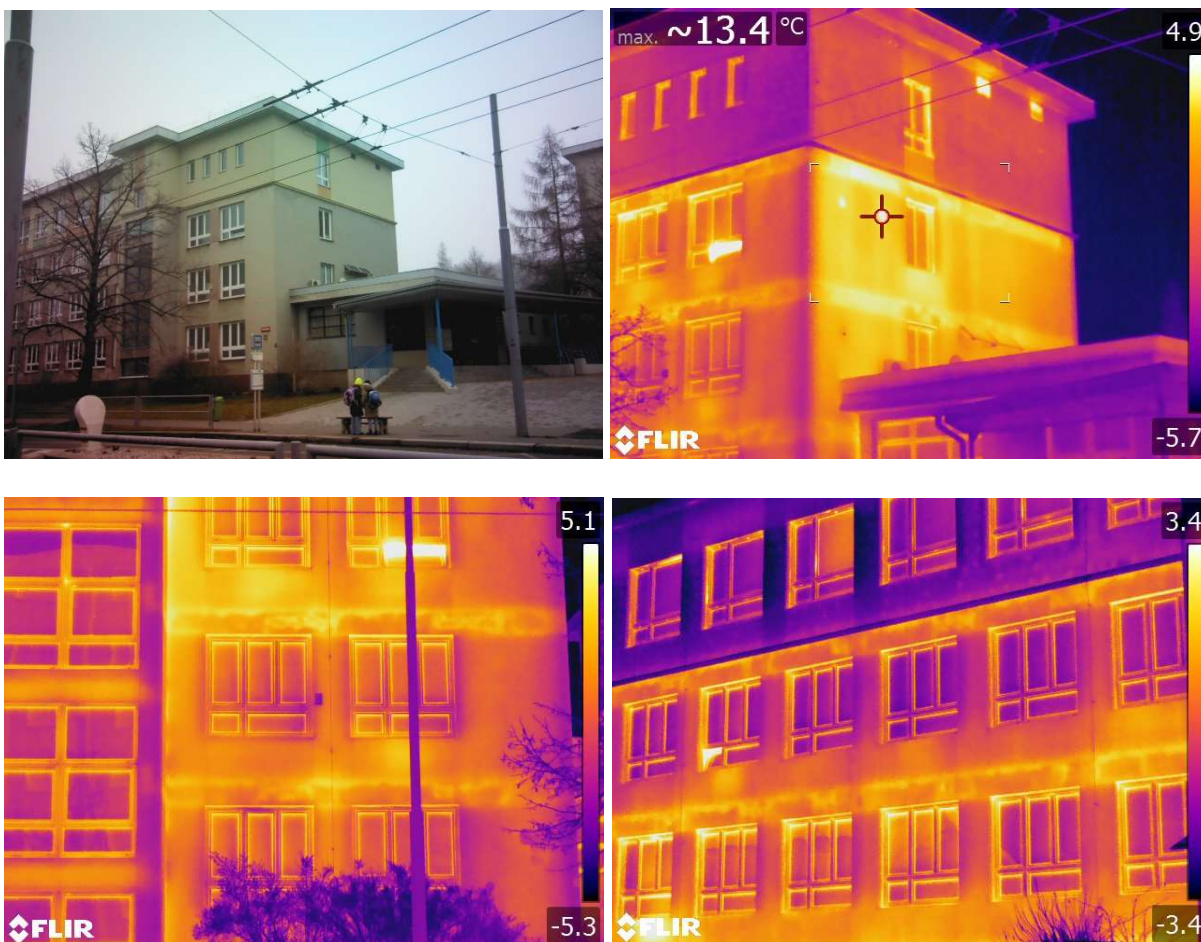
Obr. 57: Snímky OS – 1 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	OS – 2
Adresa:	Družby 1057 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	50. MŠ Plzeň, zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, ostění okenních otvorů, dále bez zjevných poruch



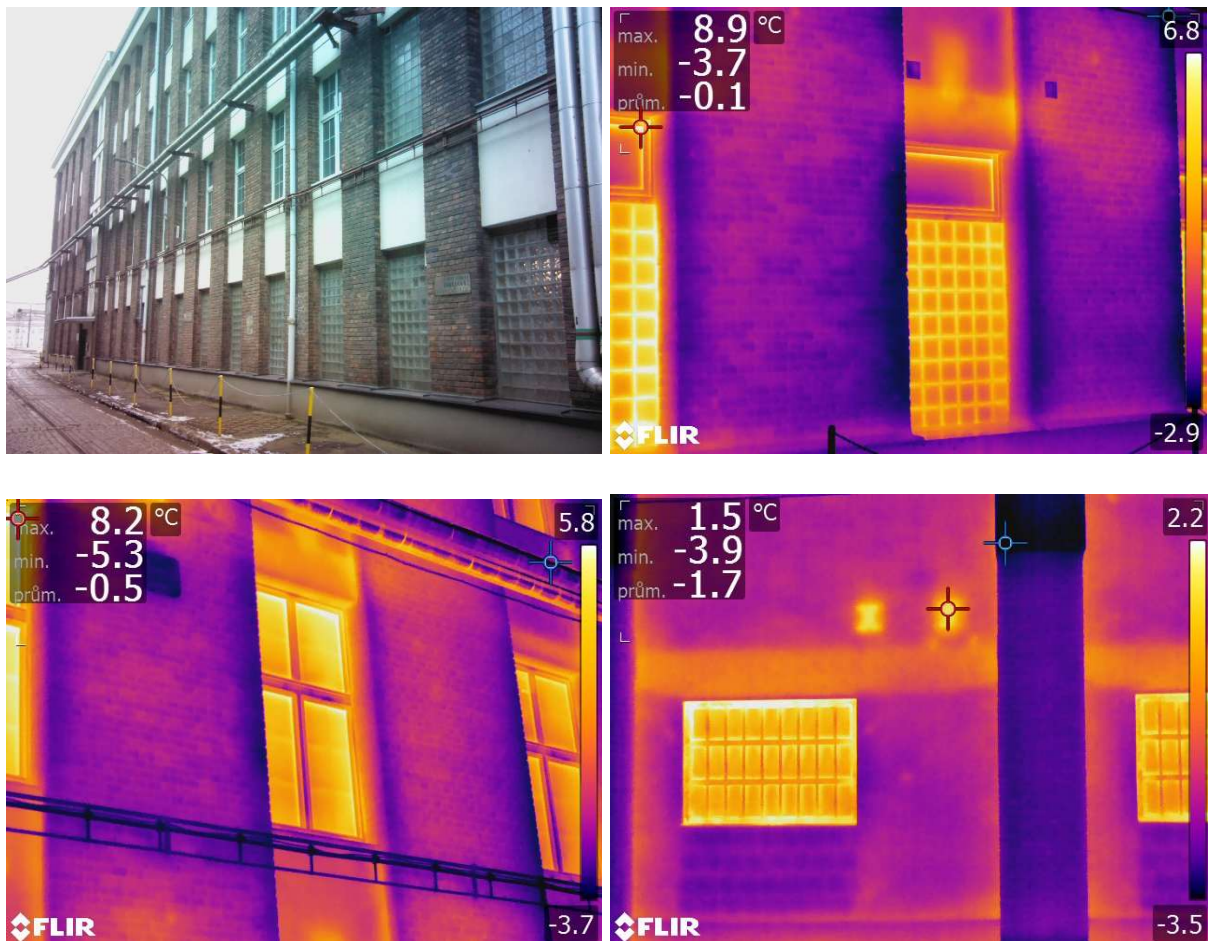
Obr. 58: Snímky OS – 2 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	OS – 3
Adresa:	Na Dlouhých 1129 Plzeň 4 – Doubravka
Datum měření:	29. 01. 2024 – čas: 11,30 – 12,30
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota -1°C
Základní informace:	22. ZŠ Plzeň, nezateplený objekt, nástavba realizována v letech 2011-12 (z keramických tvárnic)
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace 1. a 2. NP), uložení stropní konstrukce



Obr. 59: Snímky OS – 3 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	OS – 4
Adresa:	Tylova 2862 Plzeň 3 – Jižní Předměstí
Datum měření:	30. 01. 2024 – čas: 11,00 – 12,00
Meteorologické podmínky:	zataženo, mlha, teplota 0°C
Základní informace:	budova v areálu bývalých Škodových závodů, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace), uložení stropní konstrukce, luxfery



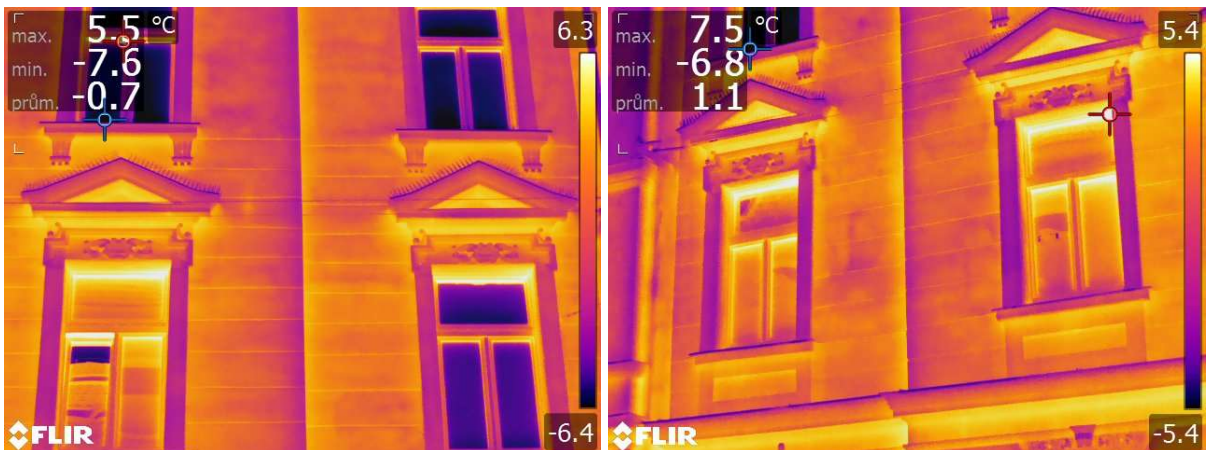
Obr. 60: Snímky OS – 4 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	OS – 5
Adresa:	Farského 638 Plzeň 2 – Slovany
Datum měření:	13. 02. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2°C
Základní informace:	administrativní budova (kanceláře), řadová zástavba, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace)



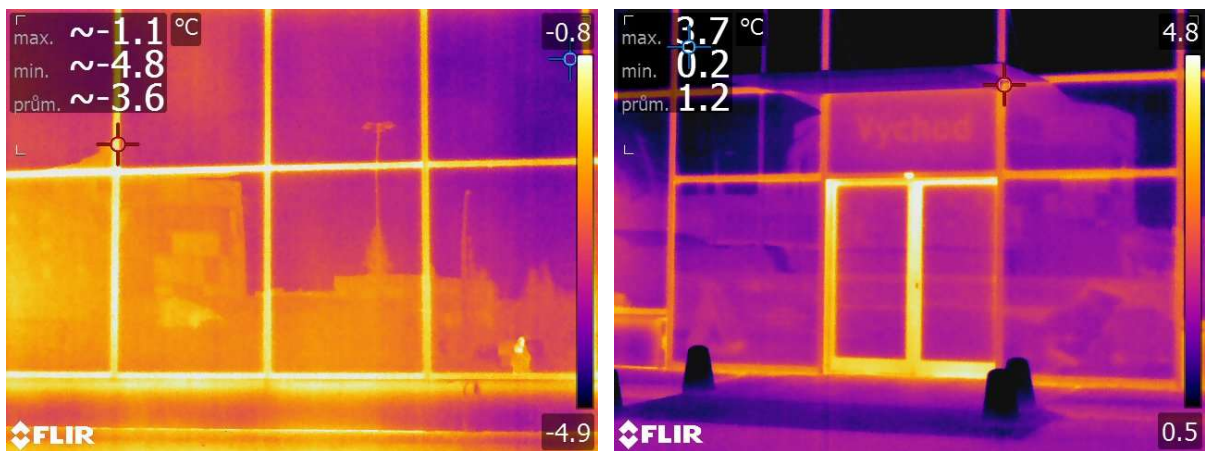
Obr. 61: Snímky OS – 5 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	OS – 6
Adresa:	Farského 540 Plzeň 2 – Slovany
Datum měření:	13. 02. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 2°C
Základní informace:	administrativní budova (kanceláře), řadová zástavba, nezateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	z hlediska tepelné techniky nekvalitní provedení obvodového pláště (absence tepelné izolace)



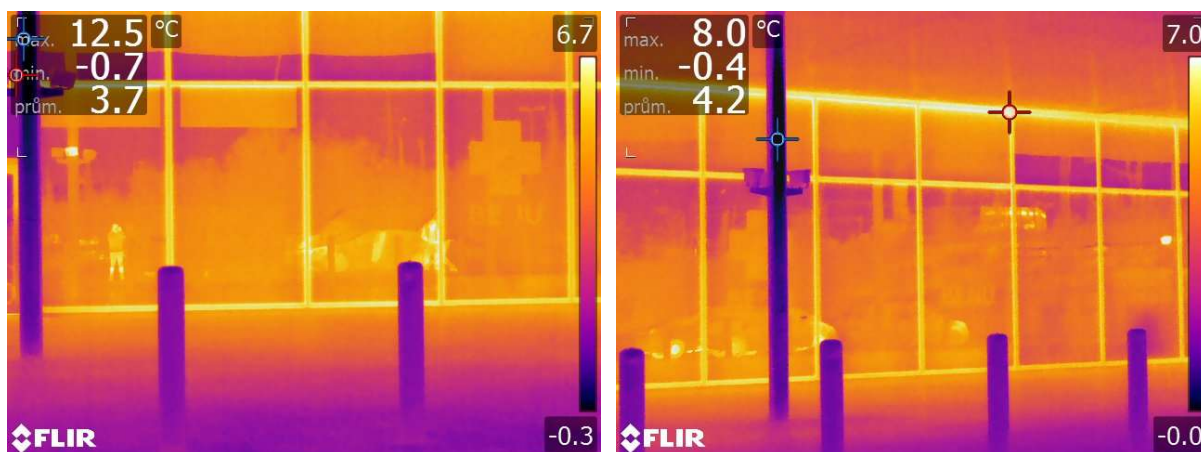
Obr. 62: Snímky OS – 6 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	OS – 7
Adresa:	Rokycanská 1171 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	07. 03. 2024 – čas: 9,30 – 9,45
Meteorologické podmínky:	zataženo, teplota 2°C
Základní informace:	hypermarket, lehký obvodový plášť
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	původní obvodový plášť



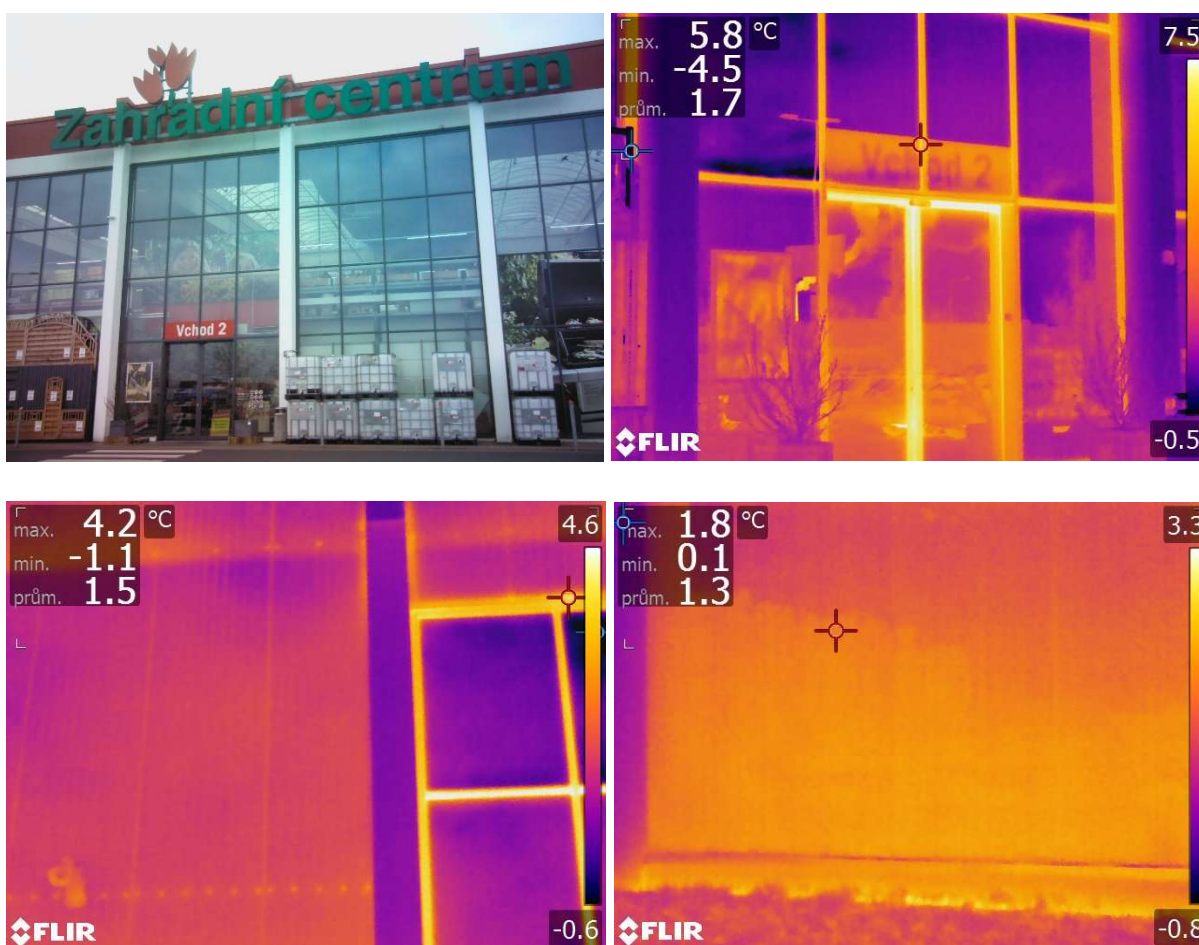
Obr. 63: Snímky OS – 7 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	OS – 8
Adresa:	Rokycanská 2656 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	07. 03. 2024 – čas: 9,30 – 9,45
Meteorologické podmínky:	zataženo, teplota 2°C
Základní informace:	hypermarket, lehký obvodový plášť
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	původní obvodový plášť



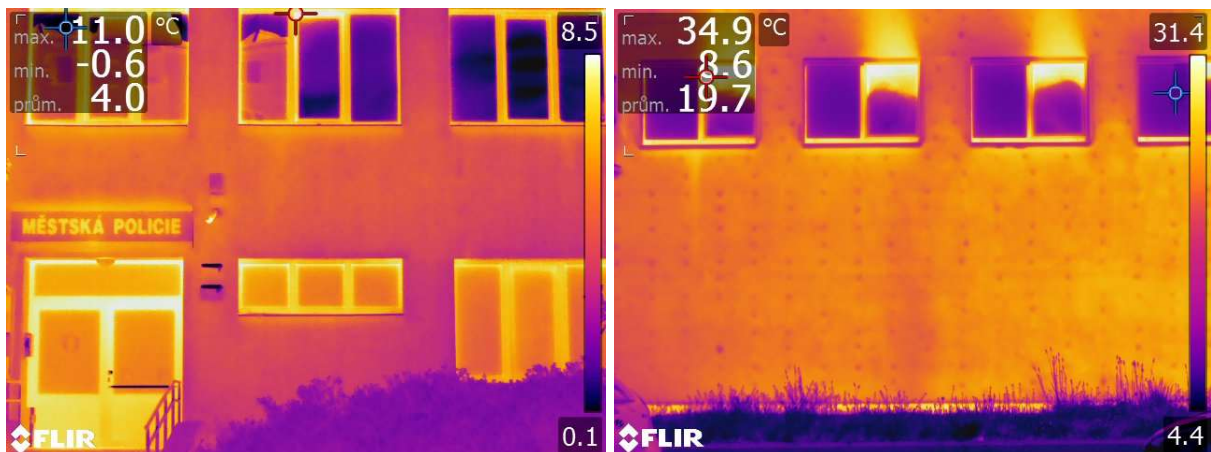
Obr. 64: Snímky OS – 8 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	OS – 9
Adresa:	Stavební 2957 Plzeň 3 – Jižní Předměstí
Datum měření:	07. 03. 2024 – čas: 9,30 – 10,00
Meteorologické podmínky:	zataženo, teplota 2,5°C
Základní informace:	hobbymarket, lehký obvodový plášť
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	základový práh, kotvení obvodového pláště



Obr. 65: Snímky OS – 9 Zdroj: (autor, 2024)

Označení:	OS – 10
Adresa:	Polední 910 Plzeň 4 – Lobzy
Datum měření:	24. 04. 2024 – čas: 8,00 – 9,00
Meteorologické podmínky:	polojasno, teplota 3°C
Základní informace:	služebna městské policie, zateplený objekt
Vady a poruchy obvodového pláště objektu:	kotvení zateplovacího systému, menší tloušťka tepelné izolace soklu



Obr. 66: Snímky OS – 10 Zdroj: (autor, 2024)

Zhodnocení vad a poruch obvodových pláštů ostatních objektů

V této kapitole probíhalo termografické snímkování na různých typech objektů, jako jsou budovy vzdělávacích institucí, obchodní domy, administrativní budovy a výrobní objekt. Každý typ objektu je specifický a má své vlastní požadavky na tepelně technickou kvalitu obvodového pláště. U nezateplených objektů, mezi které patří OS – 1, OS – 3, OS – 4, OS – 5 a OS – 6, byly identifikovány významné nedostatky v tepelné izolaci obvodového pláště.

U objektů OS – 1 a OS – 3, které jsou ve vlastnictví města nebo kraje a slouží jako veřejné budovy, je doporučeno provést dodatečné zateplení obvodového pláště. Tento krok by výrazně snížil energetické nároky na vytápění. Druhým významným přínosem zateplení by byla modernizace obvodové pláště po jeho vizuální stránce.

U obchodních domů (OS – 7 a OS – 8), které mají lehký prosklený obvodový plášť, nebyly zjištěny výrazné nedostatky v jeho kvalitě. Ačkoliv obvodové pláště těchto objektů nevykazují žádné závažné poruchy, bylo by vhodné, vzhledem k jejich stáří (cca 25 let), přistoupit k jejich výměně. Nově zhotovené obvodové pláště by tak lépe vyhovovaly současným tepelně technickým požadavkům na obvodové konstrukce. Před realizací výměny jednotlivých obvodových pláštů by bylo vhodné provést analýzu, která by určila, zda by úspora nákladů související s vytápěním a chlazením, v rozumném časovém horizontu, vykompenzovala náklady spojené s výměnou obvodového pláště.

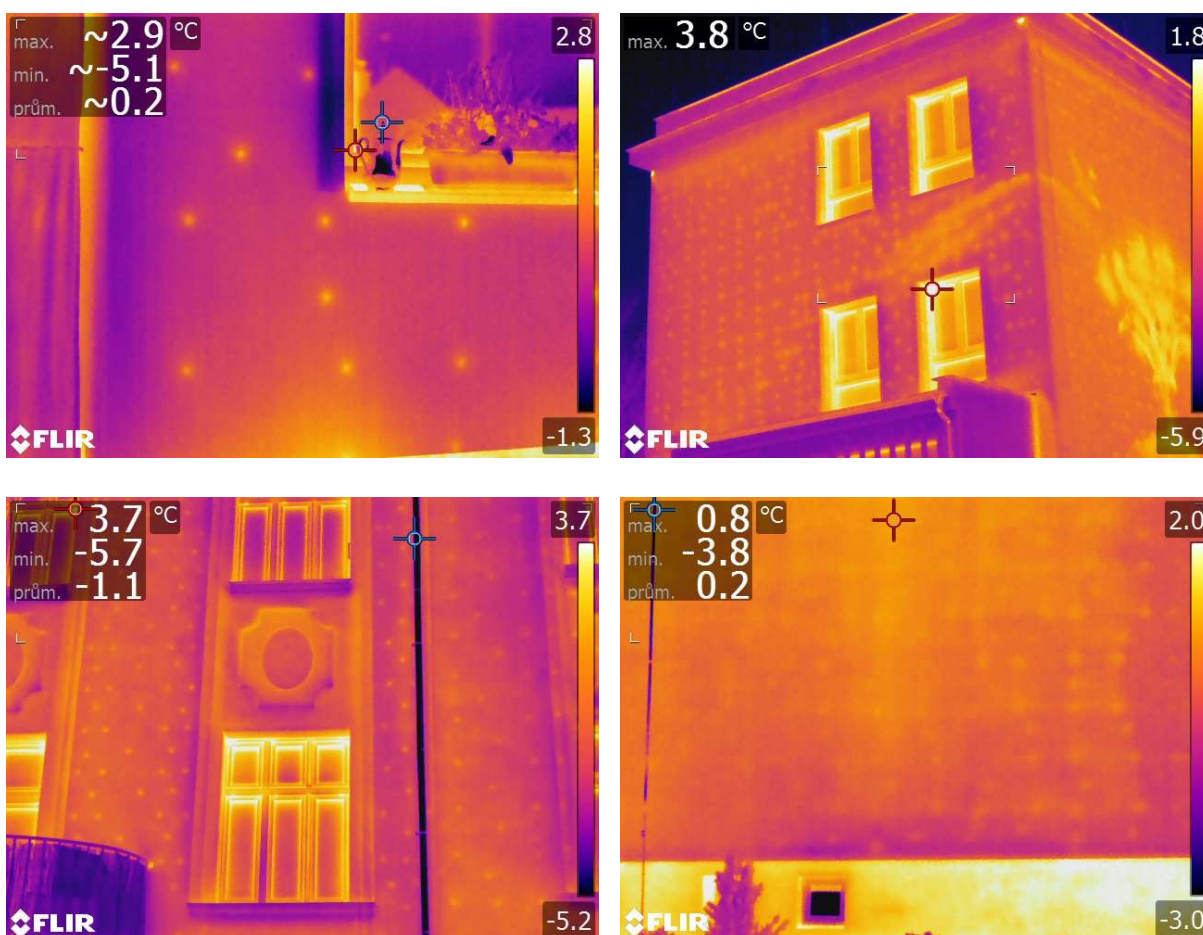
U těchto typů objektů jsou důležitým aspektem finanční náklady související s realizací zateplení a postoj majitele ke snaze snížit energetickou náročnost budovy.

9. Vybrané detaily zpracované v softwaru Area 2017

V následující kapitole jsou vybrané konstrukční detaily zpracovány ve výpočetním programu Area 2017. Jedná se o detaily vad a poruch, které byly zjištěny během termografického měření u většiny objektů.

9.1 Detail A – kotvení zateplovacího systému

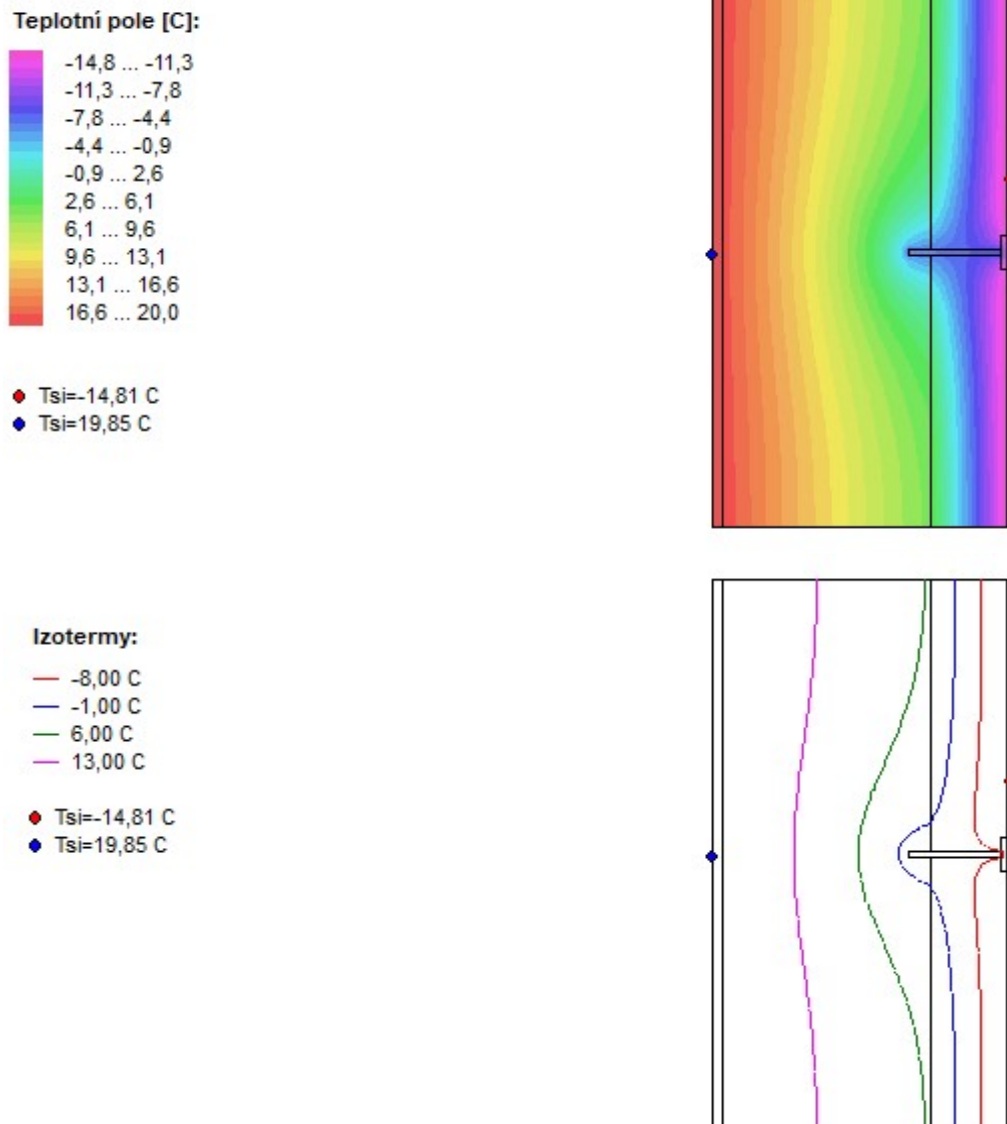
Jednou z častých vad vyskytujících se u značného počtu zateplených objektů je kotvení tepelné izolace. V místě kotvy, která prochází tepelnou izolací a je zakotvená do nosné obvodové stěny objektu, vzniká tepelný most. Tato vada je patrná, při specifických povětrnostních podmínkách, pouhým pohledem na daný objekt i bez použití termokamery.



Obr. 67: Kotvy zateplovacího systému Zdroj: (autor, 2024)

Tato vada vznikla pravděpodobně z několika důvodů:

- použití kotvy s ocelovým trnem
- použití nezápustné montáže talířové kotvy
- hloubka zapuštění kotvy do obvodové nosné konstrukce objektu



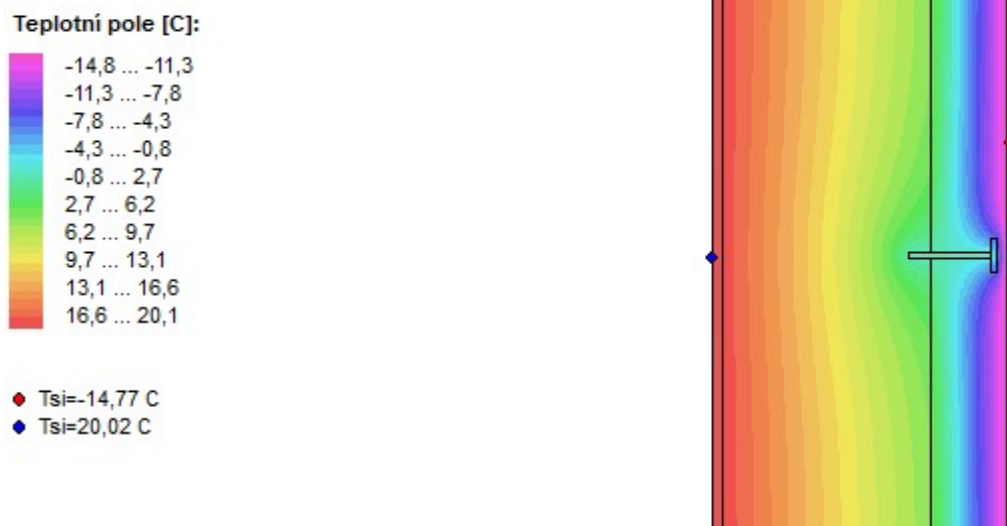
Obr. 68: Detail A – nezapuštěná ocelová kotva Zdroj: (autor, 2024)

Pomocí programu Area 2017 byl zpracován detail kotvení zateplovacího systému nezápustnou kotvou s ocelovým trnem. Z výsledků výpočtu hodnoceného detailu (Obr. 68) je patrné, že způsob kotvení a materiál trnu má značný vliv na rozložení teplotního pole v konstrukci a vznik systematického tepelného mostu.

Význam těchto tepelných mostů roste z několika důvodů. Prvním důvodem je nutnost navrhovat větší počty kotvicích hmoždinek v důsledku změny normy pro zatížení větrem. Tím se tepelné mosty, které byly dříve zanedbávané kvůli svému malému rozsahu, stávají významnými. Druhým důvodem je používání větších tloušťek tepelných izolantů, což vede k použití kotvicích hmoždinek s kovovým trnem. Třetím důvodem je, že bodové tepelné mosty vytvořené hmoždinkami jsou minimálně závislé na tloušťce tepelného izolantu. Tam, kde při použití slabších tepelných izolantů tyto tepelné mosty představovaly pouze malé zhoršení tepelně izolačních vlastností, u větších tloušťek tepelného izolantu je toto zhoršení výraznější.

Pro vyřešení tohoto problému a minimalizaci rozsahu tepelného mostu je vhodné použít kotvy s polyamidovým trnem, které zajišťují přerušování tepelného mostu. Dalším řešením je využití zápusťné montáže kotvicích hmoždinek. Při tomto způsobu kotvení je celá hmoždinka zapuštěna do tepelné izolace a plastový talíř kotvy je překryt zátkou z tepelné izolace.

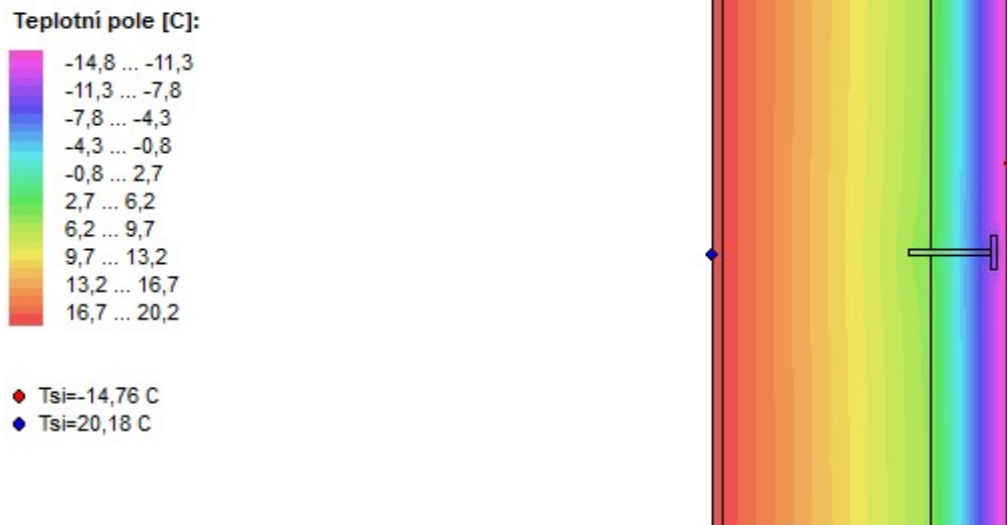
V programu Area 2017 byl zpracován detail kotvení tepelného izolantu s využitím zápusťné kotvy s ocelovým nebo polyamidovým trnem.



Obr. 69: Detail A – zapuštěná ocelová kotva

Zdroj: (autor, 2024)

Z výsledků výpočtu hodnoceného detailu (Obr. 69) je patrné, že využití zápusťné montáže kotvicí hmoždinky s ocelovým trnem snižuje rozsah a vliv tepelného mostu.



Obr. 70: Detail A – zapuštěná polyamidová kotva Zdroj: (autor, 2024)

Nejlepším způsobem kotvení tepelného izolantu je využití zápuštěné montáže kotvicí hmoždinky s polyamidovým trnem. Tento materiál má schopnost přerušit tepelný most. Z výsledků výpočtu hodnoceného detailu (Obr. 70) je zřejmé, že tento způsob montáže téměř minimalizuje vznik tepelného mostu a jeho vliv je tak zanedbatelný.

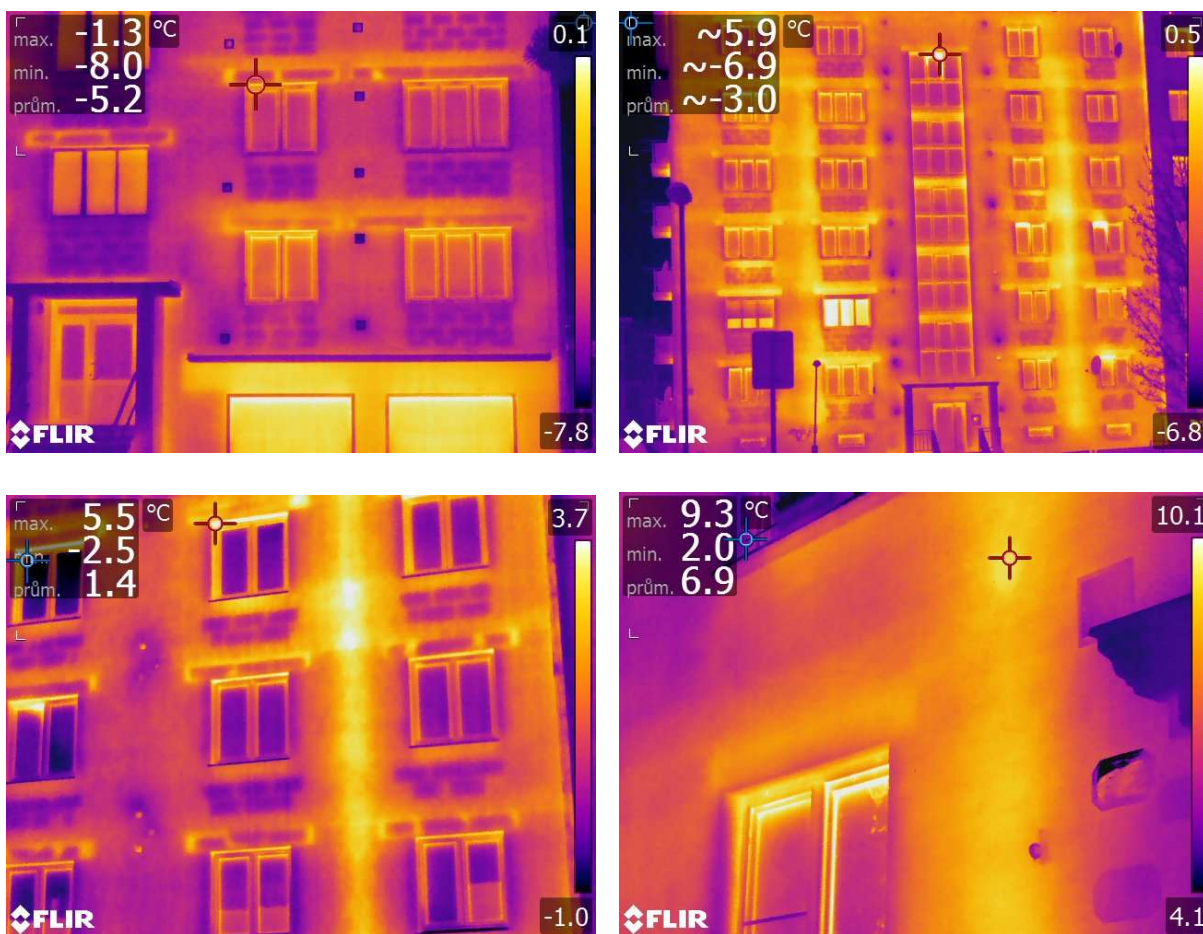
Cena kotvení tepelné izolace se liší v závislosti na typu použité hmoždinky. Kotvy s kovovým trnem bývají obecně dražší než kotvy s plastovým trnem. Například, fasádní hmoždinky s kovovým trnem se pohybují v cenovém rozmezí od 4,20 Kč do 6,60 Kč za kus, zatímco fasádní hmoždinky s plastovým trnem stojí zhruba od 1,75 Kč do 4,20 Kč za kus, ceny jsou závislé na rozměrech kotvy. Počet kotev tepelné izolace na m^2 závisí na několika faktorech, včetně typu budovy, podkladu a použitých materiálech. Nejnižší doporučený počet kotev je 4 kusy na m^2 , což se obvykle vztahuje na objekty nacházející se v méně náročných povětrnostních podmínkách. Pro běžné podmínky se často používá 6 kotev na m^2 , což poskytuje lepší stabilitu a upevnění izolačních desek, zejména v oblastech s vyšším zatížením větrem.

Rozdíl v ceně montáže tepelného izolantu se zapuštěnou a nezapuštěnou kotvou je ovlivněn technikou instalace a dodatečnými pracemi potřebnými k zapuštění kotvy. Zapuštěné kotvy často vyžadují složitější a časově náročnější instalaci, což může zvýšit náklady na práci. Přesné cenové rozdíly však mohou být

velmi variabilní a závisí na konkrétních podmínkách a dodavateli stavebních prací. Pro přesnou kalkulaci je vhodné konzultovat tyto skutečnosti s odborníkem nebo dodavatelem stavebních materiálů a prací.

9.2 Detail B – nadpraží okenních otvorů

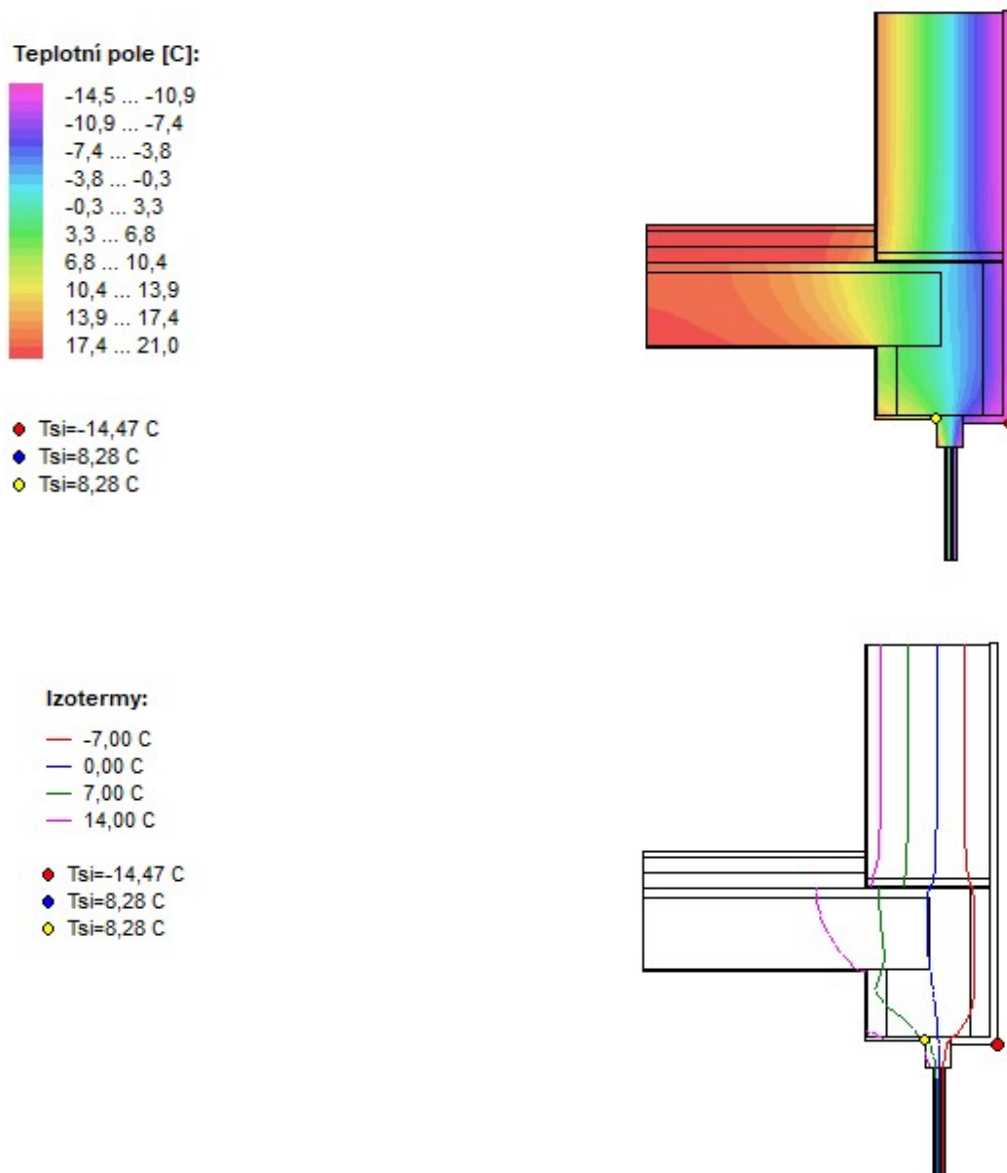
U nezateplených zděných bytových domů jsou velkým problémem nedostatečné tepelně technické vlastnosti obvodového pláště. Hlavním místem těchto nedostatků je nadpraží okenních otvorů ve spojení s uložením stropní konstrukce a provedením ztužujícího věnce objektu.



Obr. 71: Nadpraží okenních otvorů

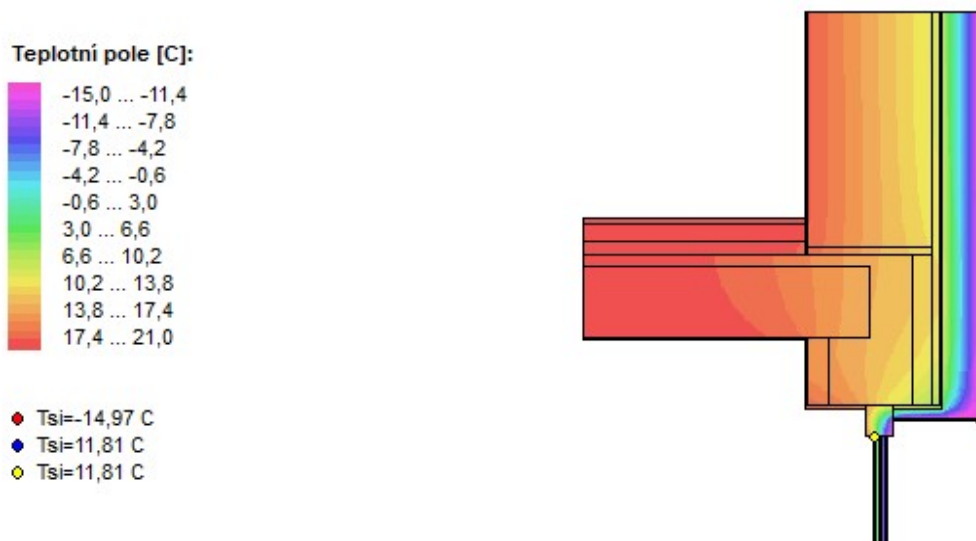
Zdroj: (autor, 2024)

Tento kritický detail byl zpracován pomocí programu Area 2017 a z výsledků výpočtu hodnoceného detailu (Obr. 72) vyplývá, že snímky pořízené pomocí termokamery odpovídají níže uvedeným výsledkům. V místě překladů a ztužujících věnců vznikají značné tepelné mosty, které mohou ovlivnit energetickou náročnost budovy a pohodlí uvnitř objektu.



Obr. 72: Detail B – nadpraží okenních otvorů Zdroj: (autor, 2024)

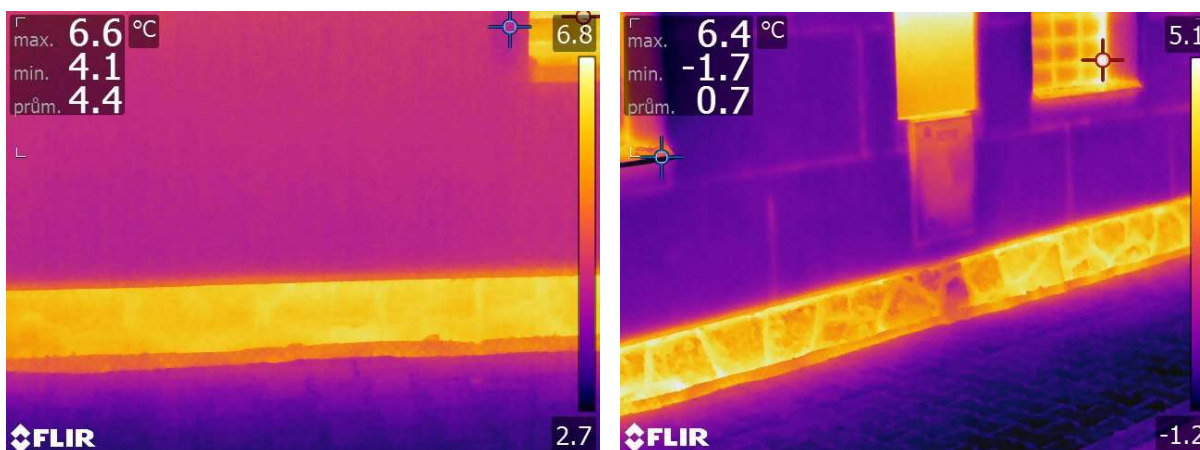
Vhodným řešením tohoto problému je dodatečná instalace tepelné izolace. Tento detail byl zadán do programu Area 2017 a výsledky (Obr. 73) ukazují významné zlepšení tepelně izolačních vlastností daného detailu. Dalším pozitivem je minimalizace vlivu tepelného mostu a tím zlepšení vnitřního prostředí objektu. Obvodový plášť objektu byl zateplen kontaktním zateplovacím systémem s použitím expandovaného polystyrenu o tloušťce 140 mm a nadpraží okenních otvorů polystyrenem o tloušťce 40 mm.



Obr. 73: Detail B – nadpraží okenních otvorů, úprava Zdroj: (autor, 2024)

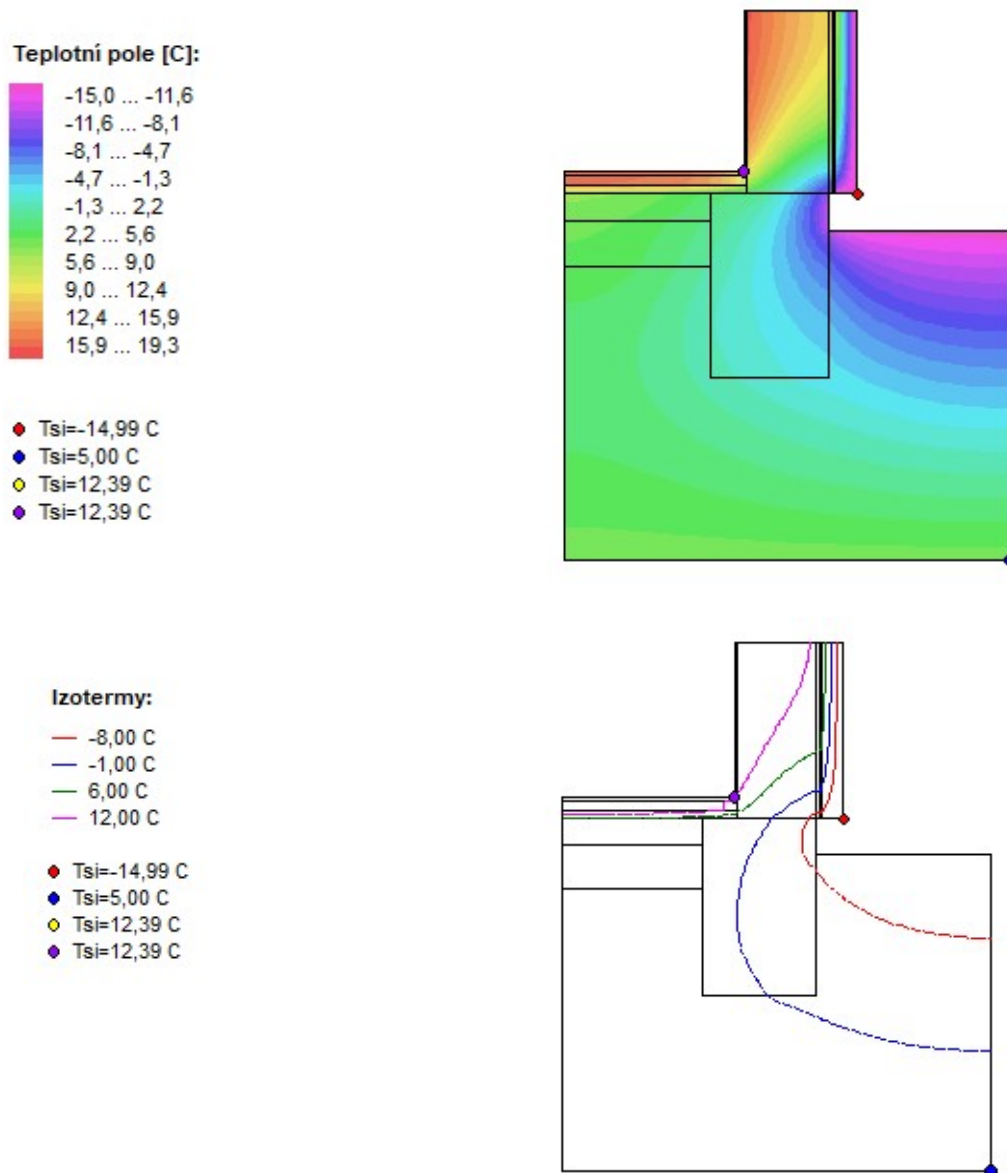
9.3 Detail C – sokl rodinných domů

U zateplených rodinných domů je hlavním problémovým místem nezateplené nebo málo zateplené soklové zdivo. V tomto místě vzniká významný tepelný most, který má značný vliv na kvalitu vnitřního prostředí objektu. V některých případech v rozích místností dochází k růstům plísní a odlupování vnitřní omítky.



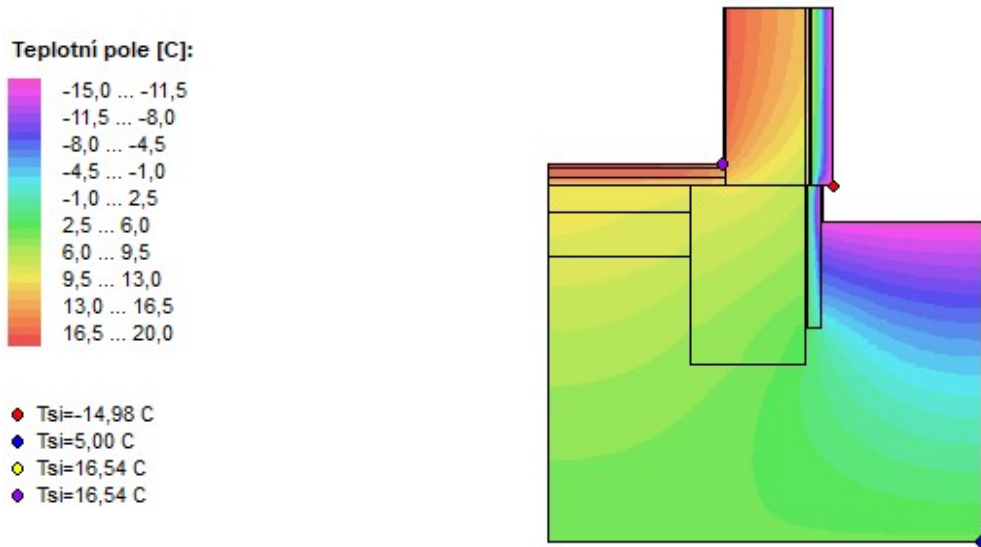
Obr. 74: Nezateplené soklové zdivo Zdroj: (autor, 2024)

Tento detail byl zpracován pomocí výpočetního programu Area 2017 a výsledky výpočtů (Obr. 75) potvrzují závěry termografického snímkování.



Obr. 75: Detail C – soklové zdivo Zdroj: (autor, 2024)

Nejlepším možným řešením je dodatečná instalace tepelné izolace. Tento detail byl zadán do programu Area 2017 a výsledky (Obr. 76) ukazují významné zlepšení tepelně izolačních vlastností daného detailu. Dalším pozitivem je snížení vlivu tepelného mostu. Zároveň by již nemělo docházet ke vzniku plísní v interiéru, čímž dojde ke zlepšení vnitřního prostředí v objektu. Soklové zdivo bylo zatepleno extrudovaným polystyrenem o tloušťce 80 mm. Hloubka osazení tepelné izolace pod okolním terénem by měla být alespoň 600 mm, lépe 800 mm.

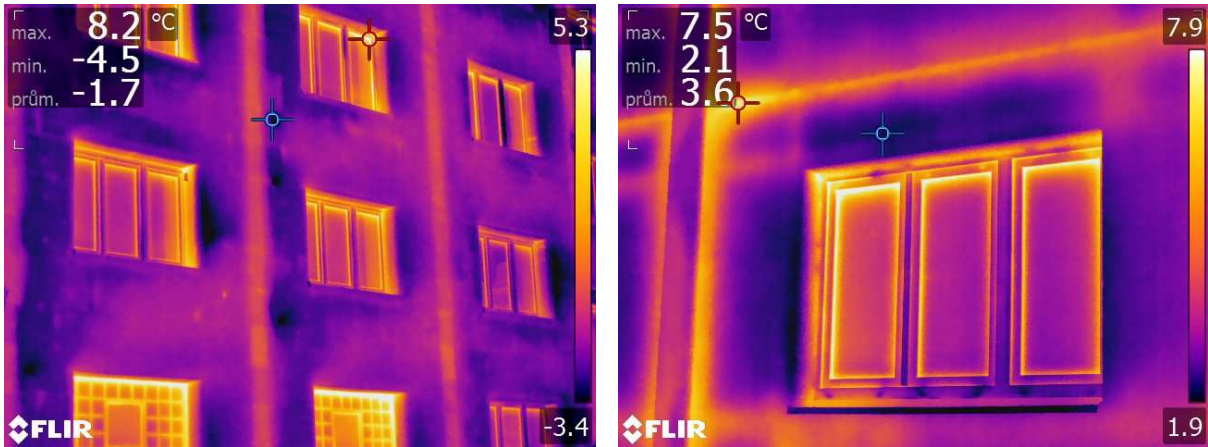


Obr. 76: Detail C – soklové zdivo, úprava Zdroj: (autor, 2024)

9.4 Detail D – předstupující vnitřní stěny panelové soustavy PS61

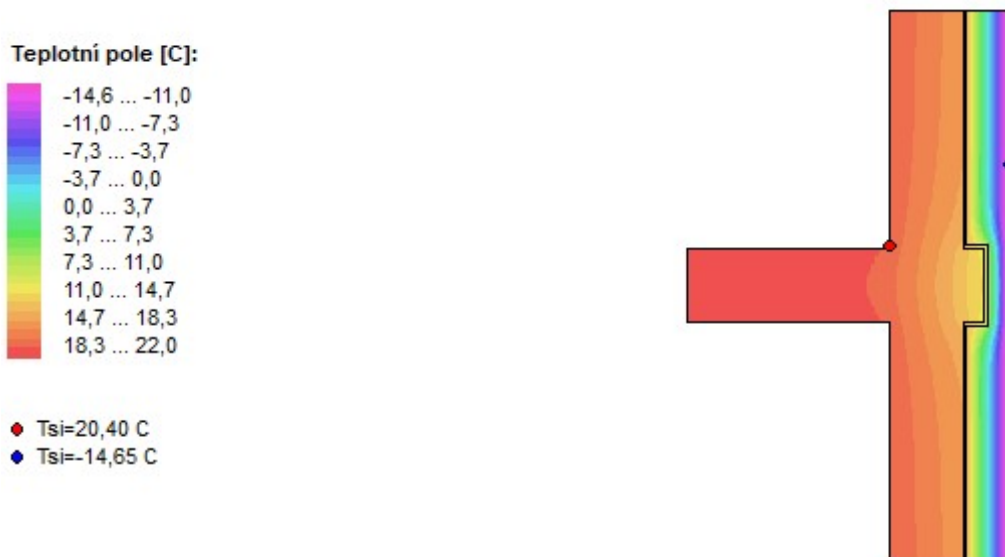
Jedním z častých problémů zateplených i nezateplených panelových domů soustavy PS61 jsou předstupující vnitřní příčné nosné stěny. Obvodové panely této soustavy jsou ze škvárobetonu o tloušťce 250 mm, vnitřní příčné nosné stěny jsou ze stejných typů panelů a předstupují před líc obvodového pláště o 70 mm. Většina těchto panelových domů má dodatečně zateplený obvodový plášť pomocí kontaktního zateplovacího systému.





Obr. 77: Předstupující stěny PS61 Zdroj: (autor, 2024)

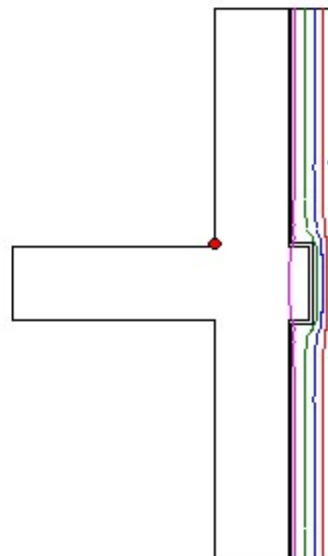
Pomocí termografického měření byly zjištěny tepelné mosty, které vznikají právě v místech, kde vnitřní příčné stěny předstupují před obvodový plášť (Obr. 77). Z projektové dokumentace „Bytový dům Družby 9, Plzeň, stavební úpravy – zateplení objektu“ bylo zjištěno, že obvodový plášť byl zateplen expandovaným polystyrenem o tloušťce 140 mm a předstupující vnitřní stěny polystyrenem o tloušťce 70 mm. Tento detail byl zpracován v programu Area 2017 a výsledky výpočtu (Obr. 78) potvrzují závěry z termografického měření.



Izotermy:

— -7,00 C
— 0,00 C
— 7,00 C
— 15,00 C

● Tsi=20,40 C
● Tsi=-14,65 C

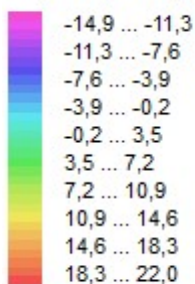


Obr. 78: Detail D – předstupující stěny PS61

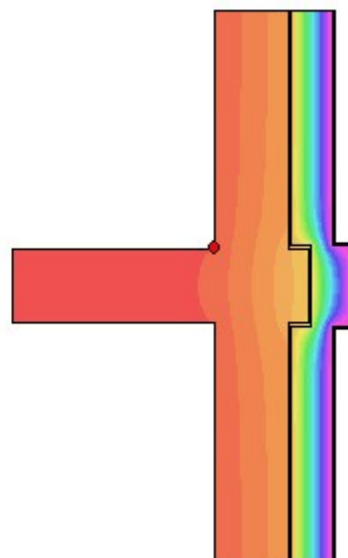
Zdroj: (autor, 2024)

Vzhledem k původním tepelně technickým vlastnostem obvodového pláště panelové soustavy PS61 jsou tyto tepelné mosty zanedbatelné. Přesto bylo navrženo ideální řešení zateplení těchto objektů (Obr. 79). Vhodným řešením je instalace stejné tloušťky tepelné izolace po celém obvodovém plášti a tím zachování členitosti obvodové stěny.

Teplotní pole [C]:



● Tsi=20,59 C
● Tsi=-14,95 C



Obr. 79: Detail D – předstupující stěny PS61, úprava

Zdroj: (autor, 2024)

10. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo identifikovat a analyzovat nejčastější a nejzávažnější tepelně technické vady a poruchy obvodových plášťů budov. Práce se zabývala různými typy stavebních objektů, kterými jsou bytové domy, rodinné domy, veřejné a komerční budovy. V rámci praktické části této diplomové práce bylo provedeno termografické měření přibližně na 65 objektech.

U nezateplených objektů, bez ohledu na jejich typ, byla identifikována řada závažných problémů, které významně ovlivňují energetickou náročnost budovy a komfort vnitřního prostředí. Mezi hlavní nedostatky, zjištěnými během měření, patří zejména nekvalitní výplně otvorů, nedostatečná izolace nadpraží, problémy s uložení stropní konstrukce, provázání vnitřních stěn s obvodovými a větrací průduchy, které umožňují nekontrolovatelný únik tepla.

Nejvýraznějším problémem nezateplených obvodových plášťů jsou velké tepelné ztráty, jelikož nezateplené stěny mají vysoký součinitel prostupu tepla. To vede k výraznému nárůstu nákladů na vytápění v zimních měsících, popřípadě na chlazení v letních měsících. Konstruktivní prvky, jako jsou překlady nad okny, rohy místností, parapety a uložení stropní konstrukce, vytvářejí značné tepelné mosty. Dalším problémem je nízká povrchová teplota na vnitřní straně stěn, která může vést ke kondenzaci vodní páry a růstu plísní. Nedostatečná izolace také způsobuje nerovnoměrné rozložení teploty uvnitř budovy, což může vést k teplotním rozdílům mezi různými částmi místnosti. Opakované teplotní cykly, kterým je obvodový plášť budovy vystaven, mohou způsobit fyzické opotřebení a degradaci stavebních materiálů, což vede k prasklinám a trhlinám a snižuje celkovou životnost budovy.

Pro řešení těchto problémů je klíčové provést dodatečné zateplení obvodového pláště. Tím se výrazně zlepší tepelně technické vlastnosti budovy, sníží se energetická náročnost a zvýší se komfort a kvalita vnitřního prostředí budovy. Kvalitní provedení zateplovacího systému také minimalizuje riziko kondenzace a vzniku plísní, čímž se prodlouží životnost stavebních materiálů a sníží se provozní náklady objektu. Přínosy a výhody toho řešení, byly prokázány pomocí výpočtu provedeného v softwaru Area 2017.

Pomocí termografického měření bylo prokázáno, že zateplené obvodové pláště vykazují výrazně lepší tepelně technické vlastnosti. Navzdory přítomnosti zateplovacího systému však byly zjištěny vady a poruchy, které mohou více či méně ovlivnit jeho izolační schopnosti. Mezi nejčastěji odhalené problémy patří trhliny v zateplovacím systému. Tyto trhliny mohou vznikat v důsledku pohybů konstrukce, použitím nekvalitního materiálu nebo nesprávného postupu při instalaci. Neodborně provedená instalace tepelné izolace je dalším častým problémem. Chyby při aplikaci, jako jsou mezery mezi jednotlivými izolačními panely nebo nesprávné kotvení, mohou výrazně snížit tepelně izolační vlastnosti obvodového pláště.

Běžné jsou rovněž problémy s kotvením tepelného izolantu. Nevhodně zvolený způsob kotvení může způsobit vznik tepelných mostů. Tyto tepelné mosty byly dříve zanedbatelné, ale v současné době se musí jejich vliv brát v potaz. Dalším problémem je nedostatečná izolace soklového zdiva. Soklové zdivo bývá často nedostatečně izolováno, což může vést k výrazným tepelným ztrátám a vzniku tepelných mostů. V důsledku toho může docházet k růstu plísní a odlupování vnitřní omítky, zejména v rozích místností. Dané konstrukční detaily byly posouzeny také pomocí programu Area 2017 a výsledky potvrdily závěry z termografického měření.

Nekvalitní spojení předsazených konstrukcí s obvodovým zdivem může také způsobovat komplikace. Spoje mohou být problematické, pokud nejsou správně tepelně izolovány. V těchto místech často dochází k únikům tepla a kondenzaci vodní páry.

Kvalitní instalace a použití vhodných materiálů může výrazně snížit riziko výskytu výše uvedených vad a poruch a zajistit lepší dlouhodobou energetickou účinnost budovy.

Zateplovací systémy přinášejí mnoho výhod, jako je snížení energetické náročnosti objektu, zlepšení tepelného komfortu v interiéru a ochrana stavebních konstrukcí. Nicméně, je důležité zvážit také jejich nevýhody, včetně vysokých počátečních nákladů, rizika nekvalitní instalace a nutnosti pravidelné údržby. Při správném plánování a kvalitním provedení mohou zateplovací systémy výrazně přispět k dlouhodobé úspoře nákladů a zlepšit kvalitu bydlení.

Tato diplomová práce by měla být přínosem pro investory, majitele nemovitostí, stavební firmy a další odborníky zabývající se energetickou efektivitou

budov, protože poskytuje přehled o nejčastějších tepelně technických vadách a poruchách a nabízí vhodné řešení pro jejich prevenci a nápravu.

11. Seznam odborné literatury

1. **SMOLA, Josef.** Právní a fyzikální požadavky nízkoenergetických a pasivních domů. *Izolace info*. [Online] 18. října 2013. [Citace: 16. března 2024.] <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/pasivni-domy/9811-pravni-a-fyzikalni-pozadavky-nizkoenergeticky-ch-a-pasivnich-domu-a.html>
2. **SMOLA, Josef.** *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2011.
3. **SKORUNKOVÁ, Veronika.** Průkaz energetické náročnosti budovy – vše co o PENB potřebujete vědět. *V-System Elektro*. [Online] [Citace: 16. března 2024.] <https://www.v-system.cz/blog/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-vse-co-o-penb-potrebujete-vedet/>
4. **Vzduchotěsnost, 1. díl: Netěsnosti v obálce budovy.** *Izolace info*. [Online] 8. dubna 2024. [Citace: 20. dubna 2024.] <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/tepelne-mosty-a-plisne-v-interieru-domu/23673-vzduchotesnost-1-dil-netesnosti-v-obalce-budovy-a.html>
5. **NOVÁK, Jiří.** *Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2008.
6. **ŠUBRT, Roman.** *Tepelné mosty pro nízkoenergetické a pasivní domy*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2011
7. **ŠUBRT, Roman.** Kontaktní zateplení z pohledu tepelných mostů hmoždinkami a jejich prokreslování. *TZB info*. [Online] 27. února 2012. [Citace: 16. března 2024.] <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/8325-kontaktni-zatepleni-z-pohledu-tepelnych-mostu-hmozdinkami-a-jejich-prokreslovani>
8. **SOVA, Jan.** Jak začít s termografickou diagnostikou budov?. *TZB info*. [Online] 26. listopadu 2013. [Citace: 29. března 2024.] <https://elektro.tzb-info.cz/10629-jak-zacit-s-termografickou-diagnostikou-budov>
9. **Průvodce termografií.** *Testo s.r.o.* [Online] [Citace: 29. března 2024.] <https://www.termokamery-testo.cz/prirucka-termografie/>
10. **SVOBODA, Stanislav.** *Termovize a její využití v diagnostice*. Plzeň 2013. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací.

ČSN EN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, revize 2011*. Praha : Český normalizační institut, 2011.

Petrtyl, Zdeněk, Šubrt, Roman. *Moderní okna*. Praha : Grada Publishing, a. s., 2012