

ТЕРМОФОТОГРАМЕТРИЯТА КАТО ИНСТРУМЕНТ ЗА АНАЛИЗ НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ НА СГРАДИ И СЪОРЪЖЕНИЯ

Антони Ангелов¹, Орлин Перфанов²

THERMOPHOTOGRAMMETRY AS A TOOL FOR ANALYZING THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS AND FACILITIES

Antoni Angelov¹, Orlin Perfanov²

Abstract:

The project is about optimization of the Pipeline of BIM in regards to thermal measuring, validation and execution of the necessary repairs and constructions of the thermal insulation of buildings.

Keywords:

Thermal photogrammetry, photogrammetry, thermal scans, thermal scanning, thermal model, LEAN, BIM, optimization.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Има различни видове термични изследвания, от чийто резултати в ръцете на специалист винаги може да бъде извлечена пълната информация. В строителството обаче не всеки има квалификацията на специалистите по измерване и сертифициране, затова тази информация трябва да бъде им обяснена и визуализирана. Това дава на работниците както нужните знания къде и какви поправки са нужни, така и влияе на тяхната мотивация, давайки им способността да виждат директно резултатите от техния труд.

Нашата методология използва изграждането на 3D модел от термичните сканирания с цел да се спести гледането на стотици снимки от близък план на сградата, които от човек, различен от извършилия снимането са сравнително трудни за ориентиране. Към момента имаме два метода [1] и [2] за изработване на този тип модел. Тук представяме втория, чрез който 3D модела се получава посредством Фотограметрия [2]. Нашият екип последователно работи от 2013 г. в областта на фотограметричното изграждане на 3D модели на сгради [3], [4], [5], [6], [7], BIM [8] и BEM [9], като съчетаването на опита ни от тези дейности доведе до разработката на методологията за изграждането на 3D термо-модели [1], [2], [10], [11].

Също така е обърнато внимание на неговите ползи, плюсове спрямо конкурентни методи и предимства на имплементирането на допълнителната визуализация в работно изпълнителната среда.

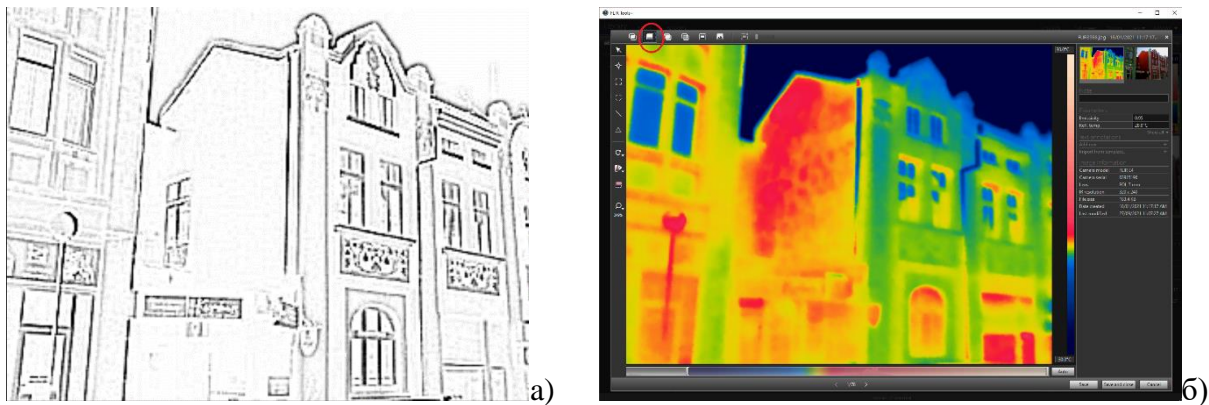
¹ Antoni Angelov, M.Sc. eng.; antoniangelov@gmail.com.

² Orlin Perfanov, M.Arch. orlin.perfanov@gmal.com.

2. ТЕРМО-ФОТОГРАМЕТРИЯ: ИЗГРАЖДАНЕ НА МОДЕЛА

За изграждането на 3D модела са необходими две неща, които от своя страна създават два различни компонента на модела. От снимката във видим спектър (380 до 750 нанометра) се изгражда модел на автоматично разпознатите ръбове. Чрез него се изгражда геометрията на модела. Това е показано във фигура 1.a).

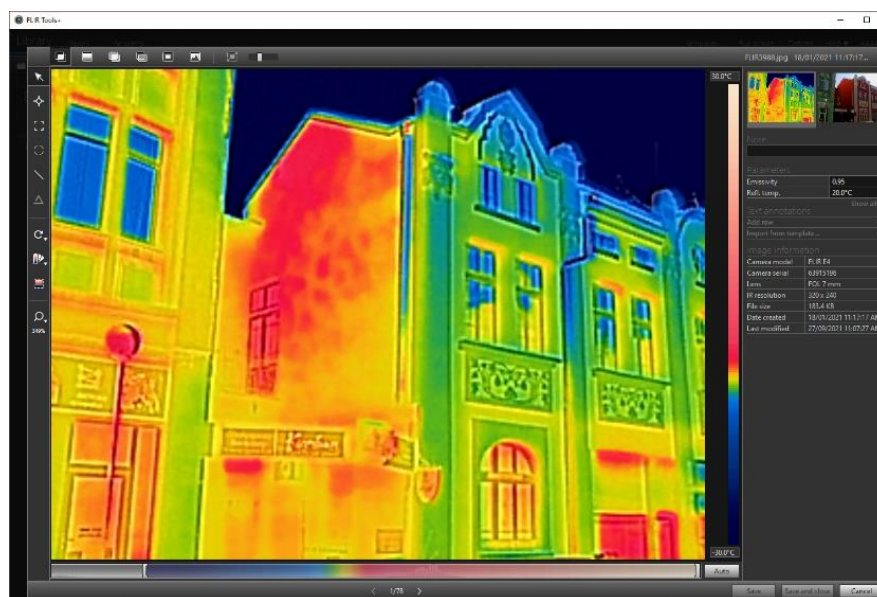
Термичният скан (фигура 1.b) от своя страна създава текстурата на 3D модела. Текстурата в случая на 3D модел се разбира само оцветяването му, а не графавост, или други видими характеристики, асоциирани към обекти в реалния свят. Тези неща в областта на 3D моделирането се добавят посредством Шейдъри (Shaders) и въпреки че текстурен файл може да насочва шейдъра, той е различна характеристика от цветовата текстура на модела. В термичния модел единствено е необходима цветовата характеристика.



Фигура 1. Материали, необходими за изграждането на модела

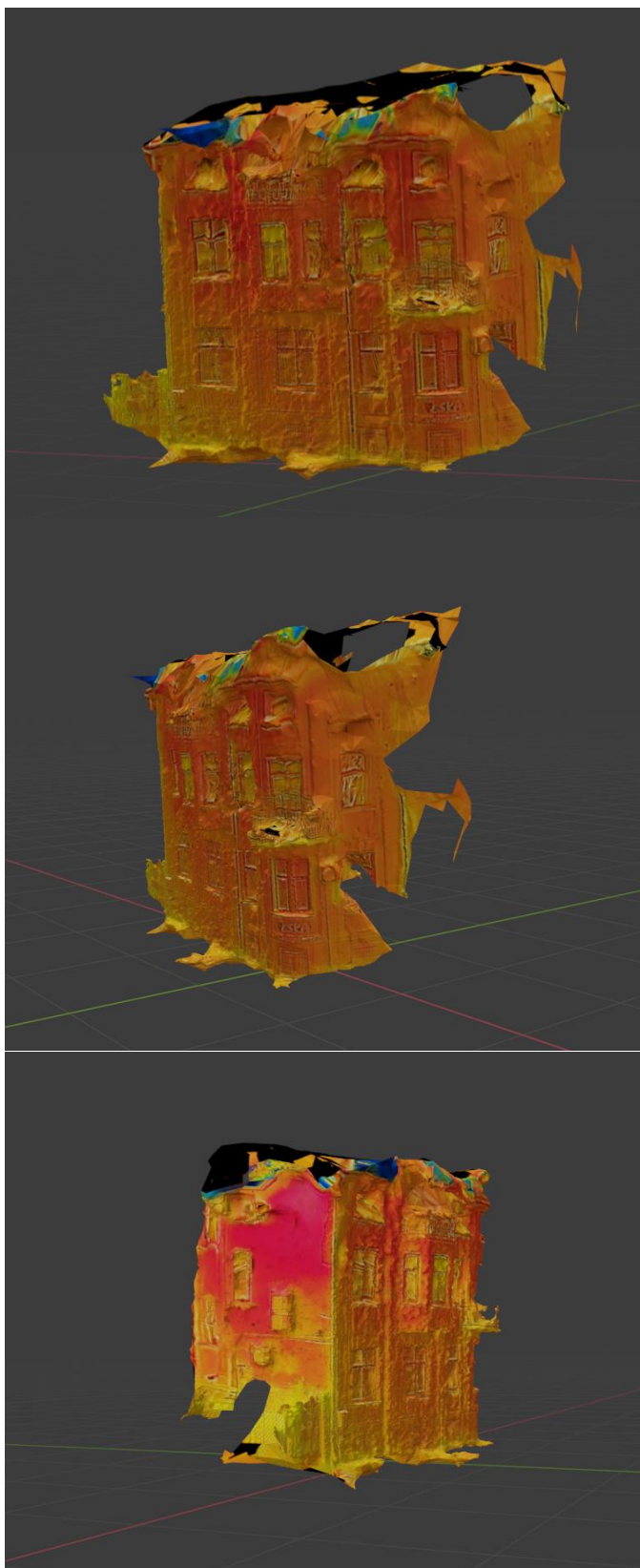
(a) Модел на намерени ръбове от снимка във видим спектър, (b) Термичен скан

Снимките за добър модел с точна геометрия са около 300 или повече, всички от които трябва да бъдат в еднакви температурни граници, в еднакъв тип температурна скала и да бъдат заснети в кратък времеви интервал преди да са настъпили значителни промени във вече заснетите сектори. Моделът внимателно се оглежда, особено около издатите детайли. Снимките от двете камери се обединяват в една обща снимка, която от своя страна се подава към фотограметричния софтуер, както е показано на фигура 2.



Фигура 2. Обединен модел на термо-скана с модела на ръбовете в черен цвят

За стрес-тестване на метода е изграден модел от Термични снимки с малка температурна разлика, така че единственият контраст е линията, изградена от контраста от снимките във видимия спектър.



Фигура 3. Термо-фотограметричен модел

Изграденият модел запазва до голяма степен геометричната точност на модела, въпреки ограничен брой снимки, които са извършени от зрителния хоризонт на човек без допълнителни удължители или дрон. Броят на снимки е 70, като оградите и дърветата са силно ограничаващ фактор. Сградата е и в тясна близост до други сгради, т.е. без препоръчителното оптимално отстояние за снимане.

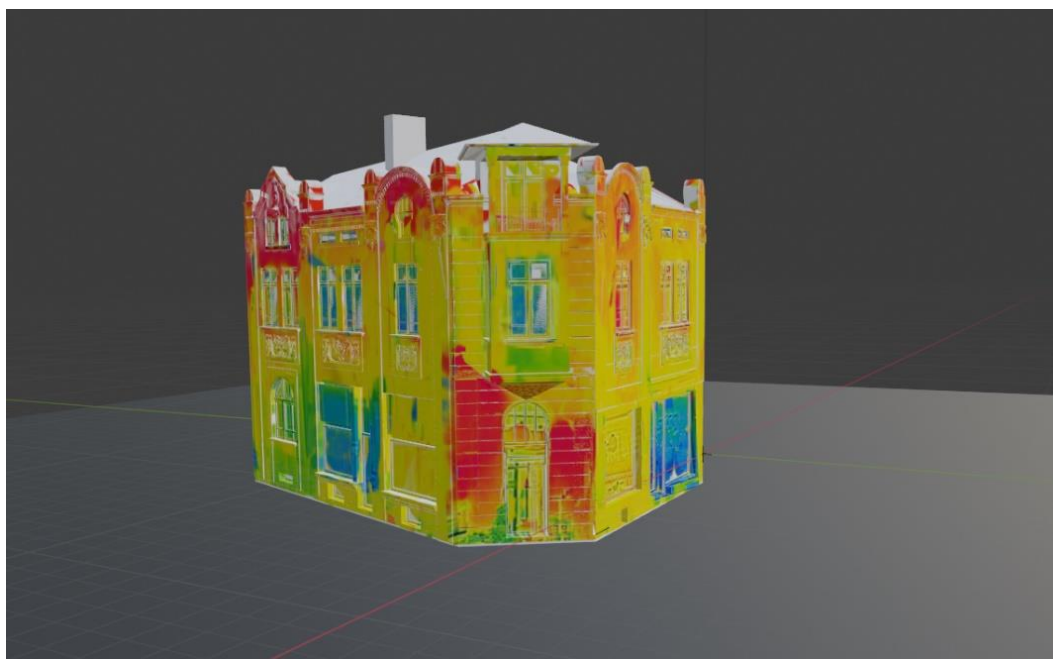
Възможни са множество методи за оптимизация на изграждането на модела, като подобряване на резолюцията на термо-камерата, скоростта ѝ, използването на пръти с държачи за повдигане на камерата за постигане на допълнителни позиции, както и употребата на дрон за свободен оглед на сградата. Тези методи са тествани и доказани в нашата фирма, макар и до настоящия момент само за нормални фотограметрии, изградени от снимки и видеа само във видимия спектър.

3. ТЕРМО-ФОТОГРАМЕТРИЯ: ПОЛЗИ И ЕКСПЛОАТАЦИЯ

Термофотограметричните модели дават видимост на течове на топлина или хлад от така наречените Термо-мостове. Това са дефекти по сградата, които причиняват нарушаване на изолацията и енерго-ефективностните характеристики на сградата като цяло. Намирането им по конвенционален метод е сравнително трудно. При нормални термо-сканове е възможно самият елемент да бъде засечен, но когато няколко термо-скана трябва да бъдат съпоставени един към друг, задачата става много по-тежка.

При фотограметричния модел просто може да се оглежда 3D моделът и да се анализира, като всичко е готово, съпоставено и ясно визуализирано за всички. Показването на 3D модела на работника, съпътствано от кратко обяснение и посочване по модела е много по-ефикасно от носенето на десетки термо-снимки и сложно и объркано обяснение, което дори може да се превърне в спор с работника, който открито вярва в качеството на свършената от него дейност. Термо-фотограметрията се явява не само инструмент за архитектурата на сградата, но и за мениджмънта по нейното функциониране.

Нещата, които се засичат освен топлинните мостове, включват също и слаби и лошо изпълнени топлинни места, компрометирани изграждащи елементи, режимите на ползване на сградата, отоплителната система и други елементи и функции.



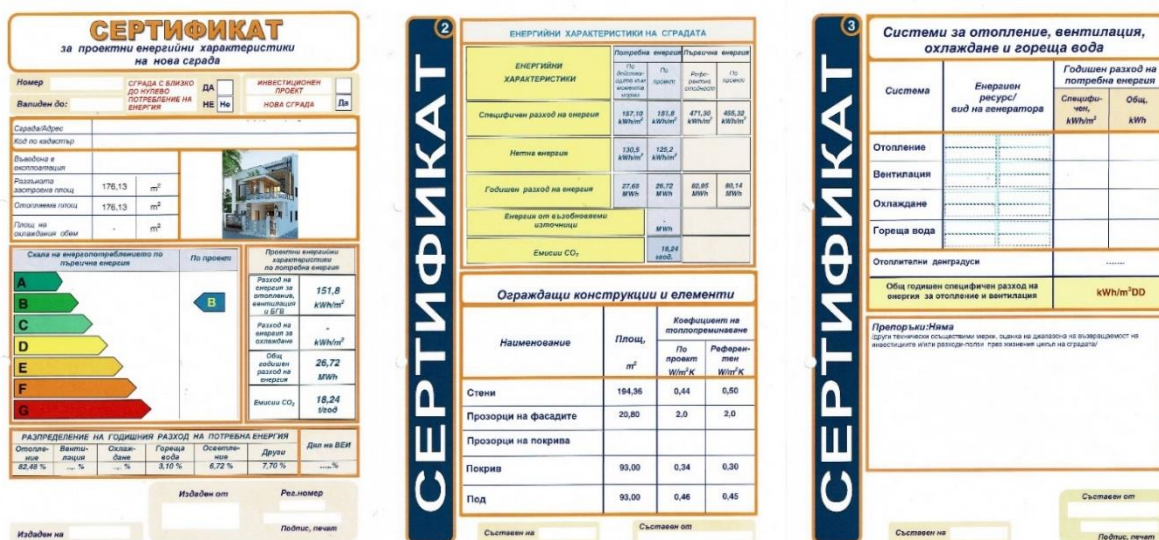
Фигура 4. 3D термичен модел от CAD

В Архитекчъръл спайс ЕООД (Architectural Spies EOOD) сме разработили два метода за изграждане на 3D термични модели, изискванията за създаването на които обаче са сравнително различни.

За създаване на ясен модел на отопление е необходимо сградата да бъде сканирана през значително студен период при включено вътрешно отопление. Моделът на фигура 4 е изграден по първия метод, който изисква значително по-малко на брой сканове, снимани в перфектния момент на 18-ти януари при ниска външна температура и включено отопление само в някои сектори на сградата. Моделът е изграден от малък брой снимки и 3D CAD модел на сградата. Фотограметричният метод би дал значително по-точен по текстура модел, със значително по-малко работни часове ръчна изработка от операторите, но със изискването за значително по-голям брой термо-снимки. Такава ситуация в град като Варна, където морето значително омекотява климата, шансът за изграждане на такъв модел е около два пъти в годината, един през зимата за изследване на отоплението и веднъж през лятото за ефективност на охлаждането.

4. ТЕРМО-ФОТОГРАМЕТРИЯ: ПРИЧИНИ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ

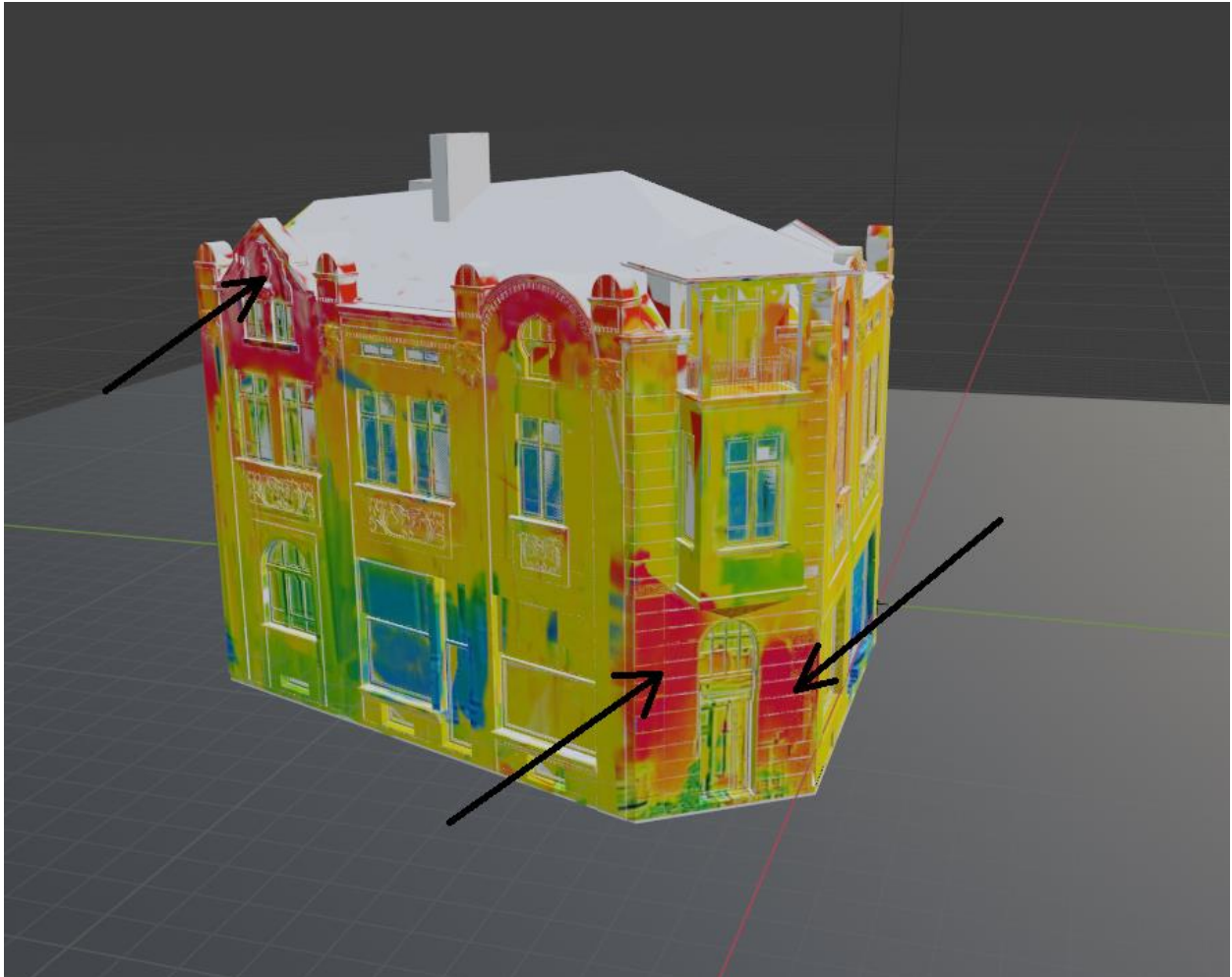
Един специалист от висок клас, разбира се, би се ориентирал в намирането на термомостовите и по 2D термо-сканове. BIM или Building Information Model (сграден информационен модел) е стандарт, навлизащ и в България, при който се изисква обмяната на информация между отделните структури, включително между инженера по термoeфективност, архитекта и дори строителните работници. Последните двама участника в строителния процес, разбира се, не са тясно специализирани в енергийната ефективност. Всеки действащ в структурата има своята тясна специализация, но трябва да бъде способен да споделя резултатите от неговите изследвания и анализи. Основна част от това е визуализацията. Вид визуализация се явяват дори и обикновенните сертификати:



Фигура 5. Стандартни сертификати за енерго-ефективност

Сертификати като показаните във фигура 5 са основна и установена форма на комуникация, но една фирма, която би имала амбицията да гарантира по-висока ефективност спрямо конкуренцията, трябва да бъде способна на по-високо ниво на комуникация.

Във фигура 6 е показано посочване на изтичане на топлина. Черният цвят е неутрален към температурната скала на модела, което го прави идеален за посочване на определени зони. Вярно е, че това може да бъде направено и върху 2D термо-скан, но той да бъде в тази точна позиция при положение, че термо-мостовите се установяват едва след сканирането и анализа, шансът за това е малък. 3D моделът дава свобода на визуализирането, улеснява анализа дори и за технически грамотни хора, които не са специалисти, с което и те имат възможност да откриват дефекти по сградата. Разбира се, специалистът е този, който сертифицира и чието знание е крайната дума, но неговата работа може значително да бъде спестена, ако работниците са наясно как техният труд се отразява върху крайния продукт.



Фигура 6. Течове на топлина

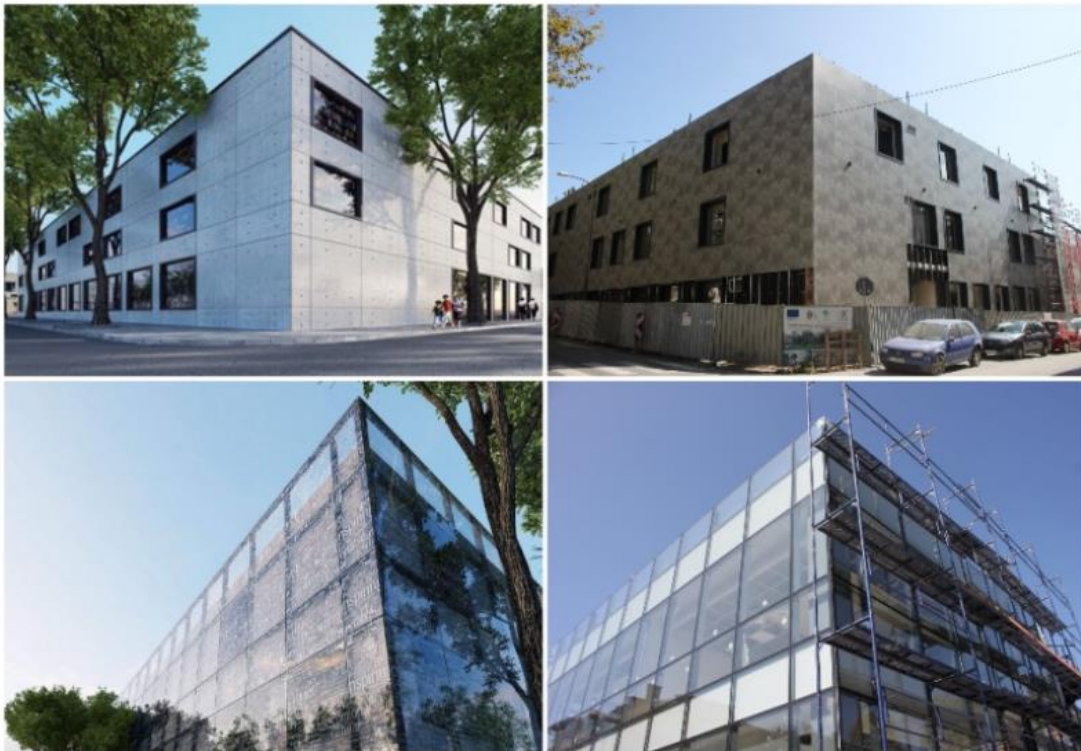
Друг основен фактор е и мотивацията, която значително се повишава при визуализиране на работното състояние на продукта. Има значителни изследвания по тази тема на базата на LEAN методологията в производството. Макар LEAN да е за средно и масово производство, а не единично, както е в строителството, множество от оптимизационните методи също могат да бъдат пренесени и в строителството.



ВІМ (строително-информационен модел)

Фигура 7. Диаграма на 5S, с добавяне на местоположението ВІМ към графиката

Както е видимо на фигура 7 [12], дори някои от основните методи на LEAN системата е с крайна опростеност, точно с цел за нейната пропаганда в работната среда. Основата на всяко производство, дори и строителството, стои в комуникацията между инженерите / архитектите и изпълняващите целта работници. Липсата на комуникация води до импровизация от страна на работниците, за които е важно работата да е свършена в определените срокове. Качеството за тях често е нещо субективно, а методът на работа зависи изцяло от тяхната квалификация, която разбира се, е на по-ниско ниво от техния ръководещ орган. Пример за такива случаи са изображенията на фигура 8 [13].



Проект

Реализация

Фигура 8. Явно несъответствие между регистриран план и изпълнение

ЛИТЕРАТУРА

- [1] https://www.youtube.com/watch?v=s_-2HQJdOeg&t=13s Volumetrization Techniques Video-tutorial (part1), YouTube channel of Architectural Spies Ltd., 2021
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=5TPeTChrcU&t=10s> Volumetrization Techniques Video-tutorial (part 2), YouTube channel of Architectural Spies Ltd., 2021
- [3] Stamatova N., Preparation of 3D Models of Archaeological Sites, Buildings, Fragments and Details through Automatic Transformation of 2D Data. Examples of the Territory of the City of Varna. Use of the Method for Preparing a Database for Development of Software Applications for Augmented Reality, v.1, 2018 of the journal "Digitization of the Cultural-Historical Heritage", issue of the National Center of Digitization of the Balkans, Black Sea Region, and Caucasus, Sofia (ISBN-978-954-8405-69-0) and in the CD (ISBN-978-954-8405-70-6), 2018
- [4] Stamatova N., Digitization of Objects of Cultural Heritage of Varna, Produced in the Studio Architectural Spies in the Period 2013-2019, Известия на съюз на учените – Варна, ISSN: 1314-586X, 2019
- [5] Stamatova N., Digitization of the Archaeological Site of the Imperial Roman Thermae of the Ancient Odessos – Part I, v.2, 2019 of the journal "Digitization of the Cultural-Historical Heritage", issue of the National Center of Digitization of the Balkans, Black Sea Region and Caucasus, Sofia, DOI: 10.13140/rg.2.2.14563.91683, 2019
- [6] Stamatova N., Digitization of Industrial Archaeology: the Thermal Power Plant “Yanko Kostov” in the South Industrial Zone of Varna, v.2, 2019 of the journal "Digitization of the Cultural-Historical Heritage", issue of the National Center of Digitization of the Balkans, Black Sea Region and Caucasus, Sofia, DOI: 10.13140/rg.2.2.22952.52487, 2019
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=qRyggv7P1H4&t=4s> , Cultural Heritage Digitization, Varna, 2019, YouTube channel of Architectural Spies Ltd., 2019
- [8] Stamatova,N., Vasilev,V., Angelov,A., Perfanov,O., Building Information Modeling (BIM) of Cultural Heritage. Case Study: 28, Dragoman Str., Varna, Bulgaria, Известия на Съюза на учените – Варна, Серия Културното наследство на Варна и Черноморския регион, ISSN: 1314-586X, 2020
- [9] Stamatova,N., Vasilev,V., Angelov,A., Perfanov,O., Building Energy Modeling (BEM) of Cultural Heritage. Case Study: 28, Dragoman Str., Varna, Bulgaria, Известия на Съюза на учените – Варна, Серия Културното наследство на Варна и Черноморския регион, ISSN: 1314-586X, 2020
- [10] Nadya Stamatova, Antoni Angelov, Volumetrization of 2D FLIR Thermo-scans, Сборник с доклади на Международна научна конференция по архитектура и строителство, 29 май 2021 Варна, България ArCivE ‘2021, Vol. 3 – 2021, ISSN 2535-0781, 2021
- [11] Nadya Stamatova, Antoni Angelov, BEM – Thermo Photogrammetry in Use for Cultural Heritage in the City of Varna, Bulgaria, Известия на Съюза на учените – Варна, Серия Културното наследство на Варна и Черноморския регион, ISSN: 1314-586X, 2021
- [12] <https://www.5stoday.com/what-is-5s/> (информационен сайт за 5S системата, която е част от методологията LEAN), 2021
- [13] <https://e-burgas.com/post/iznenada-i-novata-biblioteka-v-burgas-nyama-da-bade-kato-na-kartinkata-snimki-4054> (информационен сайт за новини от Бургас и региона), 2021