

CONFIDENTIAL

RAPORT INTERMEDIAR 1

PRIVIND

ETAPA I DE INVESTIGARE FIZICO-CHIMICA ASUPRA

ELEMENTELOR DIN ANSAMBLUL „CALEA EROILOR”

DIN TG. JIU

2015

Echipa de cercetare

Roxana Radvan

Laurentiu Angheluta

Alexandru Chelmus

Lucian Ratoiu

Monica Simileanu

Dragos Ene

Ioana Maria Cortea

Luminita Ghervase

Catalin Armeanu

CUPRINS

1. Introducere
2. Monitorizarea microclimatului
3. Controlul distributiei temperaturii
pentru evaluarea stresului termic
4. Investigatie geo-fizica
5. Aspecte ale analizei colorimetrie
Analiza microscopica si a
emisivitatii termice
6. Analiza imagistica multispectrala
7. Analiza spectroscopica
8. Model 3D
 - Scanare laser
 - Fotogrammetrie
 - Vibrometrie Doppler

INTRODUCERE

Prezentul raport prezinta rezultatele investigatiilor fizico-chimice realizate in prima etapa a campaniei de lucru, desfasurata in perioada 16.06-25.06.2015, de catre echipa de cercetare din cadrul INOE-CERTO, parte a unui acord de colaborare multianuala pentru caracterizarea si monitorizarea componentelor Ansamblului „Calea Eroilor” din Tg.Jiu.

Inaintam prezentul raport cu mentiunea „confidential”, fiind destinat analizei si dezbaterii in comisiile de cercetare pluridisciplinare si de catre organismele de specialitate. Se vor putea invita si alcatui grupuri pluridisciplinare de interpretare a datelor si de aprobare a planului de extindere a investigatiilor. Mentiunea „confidential” a fost necesara pentru ca raportul include informatii noi, solutii originale, pe care pana la promovarea si recunoasterea prin publicare prin instrumentele specifice institutelor de cercetare le consideram proprietate intelectuala a INOE 2000.

Pentru a nu extinde excesiv raportul catre particularitati, acesta este preliminar deoarece cuprinde numeroase informatii mai putin sau deloc subliniate/dezvoltate aici, care vor fi comentate intr-o editie ulterioara. Nu trebuie omis ca modelul digital pe care il propunem si o baza de date aferenta vor putea cu usurinta din punct de vedere tehnic sa asocieze si informatiile din cercetarile si rapoartele anterioare. Astfel modelul generat va fi atat instrumentul de baza pentru monitorizarea efectelor tuturor evenimentelor viitoare, dar va deveni si un instrument pentru documentare si istoricul interventiilor. In acest sens, propunem un model de baza generat din proiecte de cercetare avansate (validat in alte studii de caz pe care le-am realizat), in acord cu metodele imagistice tot mai raspandite si cu modelele digitale complexe.

Etapă de cercetare desfasurata in perioada mentionata livreaza informatii care se vor actualiza si care vor fi completate periodic, cuprinsul sau a fost convenit cu expertii Centrului “Constantin Brancusi” din Tg. Jiu, a fost limitat la tehnici non-contact, sau cu un contact superficial, non-invazive, cu raspuns practic in timp real, fara materiale de adaos, fara solventi, fara stres indus pe suprafata sau in structura.

Ca prima campanie, activitatea desfasurata a debutat cu o prima identificare a posibilitatilor de operare si de stabilire a procedurilor aplicabile imediat, fara pregatiri de santier specifice care au impus chiar si o serie de limitari majore. Cu alte cuvinte, un rezultat deloc simplu a fost chiar stabilirea logisticii strict necesare pentru desfasurarea unei noi campanii, pentru completarea pachetului de date, precum si pentru trecerea la realizarea unui prin raport comparativ la un interval de timp prestabilit. Se impune pregatirea cu schela pentru accesul in partea superioara a Portii Sarutului, cu surse de iluminat comandate pentru operarea in timpul noptii (pentru investigatii care necesita intuneric, in particular analizele cu surse UV, cu raspuns in benzi de fluorescenta, in lumina razanta etc.).

De asemenea, trebuie mentionat ca scopul principal al campaniei a constat in construirea modelului digital tridimensional cu inalta rezolutie. Tehnica avuta in vedere a fost scanarea

laser, care permite realizarea modelului care inventariaza cu precizie detaliile de pe suprafata, accidentele pe suprafata, inclusiv a degradarilor cu diferite origini. Modelul digital 3D este considerat util pentru construirea pachetului de date de referinta, la care se va putea raporta modelul similar realizat la diferite intervale de timp, precum si modele care se impun dupa orice posibila interventie. La modelul obtinut prin scanare laser se adauga modelul fotogrammetric. Ambele, cel obtinut prin scanare si cel fotogrammetric, vor suporta imbunatiri prin completarea cu scanari in partea superioara (pe lintou) si prin refotografierea unor detalii care din pacate au fost inregistrate cu erori din cauza fluxului de vizitatori.

Prima campanie a permis totodata si colectarea altor date care s-au adaugat modelului 3D in constructie. Pentru identificarea eventualelor degradari ale suprafetei sunt puse in evidenta, iar dupa caz chiar comensurate, se vor compara periodic modele fidele de la momente succesive.

Prezentul raport preliminar prezinta un set de determinari fizico-chimice aferente starii *Portii Sarutului*, care se va completa o data cu prima interpretare de o echipa pluridisciplinara, care propunem sa fie stabilita in cel mai scurt timp. Pe de o parte, interpretarea rezultatelor in echipa pluridisciplinara va conduce in cel mai scurt timp si in cel mai eficient mod la punerea datelor in valoare, iar pe de alta parte la stabilirea firului logic al investigatiilor urmatoare, la stabilirea raspunsurilor pentru problemele ridicate de restauratori, necesare la stabilirea celei mai bune strategii de urmarire si conservare.

Trebuie retinut ca prima campanie a avut si deosebit de importantul rol de stabili conditiile de operare si regimurile de lucru ulterioare (pentru echipamentele si montajele de cercetare specifice), in concordanta cu specificul metodelor, conditiile de exploatare, alimentare cu energie electrica, fluxul de vizitatori, spre exemplu alegerea si proiectarea celei mai adecvate metode de monitorizare a microclimatului, a calitatii aerului si factorilor de mediu etc. De asemenea, proiectarea dispozitivelor necesare pentru accesul si operarea in zonele mai putin accesibile vor continua sa fie in atenta colaboratorilor, astfel incat urmatoarele campanii sa fie mult mai usoare. Subliniem ca programul acestui raport cuprinde intr-o mare masura rezultatele documentarii obligatorii conform practicilor in domeniu, iar o alta parte investigatii care descriu calitativ materiale studiate, livrand un prim set de informatii utile atat monitorizarii ansamblului, cat si elaborarii oricarui proiect de interventie si/sau intretinere.

Totodata, mentionam ca – asa cum cele mai multe situatii similare o demonstreaza – raportul fiecărei etape de investigare/monitorizare determina prin interpretarea pluridisciplinara programul detaliat al etapei urmatoare de cercetare.

Campania a cuprins si un numar de investigatii asupra unor piese de interes descoperite in timpul programului de operare, cum este ansamblul de piese expuse in gradina Casei Ganescu. Pentru aceste piesele au fost realizate modele fotogrammetrice si analize spectroscopice pentru materialul utilizat (pentru majoritatea rocilor).

O parte a rezultatelor obinute corespund sezonului cald si, conform standardelor si normelor internationale in domeniu, se completeaza pentru interpretarea corecta cu datele specifice sezonului rece (de exemplu, stresul termic, gradientii de microclimat etc.).

Prezentul raport cuprinde si un raport digital, necesar in special pentru modelul 3D de referinta (scanare laser 3D, model fotogrammetric, arhiva cu pozitionarea relativa a zonelor cu detalii)

si o serie de analize originale realizate pe arii restranse, propuse dezbaterii si care se vor completa intr-o campanie ulterioara foarte operativa.

Fiecare capitol al prezentului raport cuprinde comentarii si interpretari preliminare.

La planul de lucru preliminar s-au adaugat analize radar privind existenta structurii metalice realizate pe cele doua corpuri laterale, coloanele Portii Sarutului. Rezultatele cu antenele utilizate nu au pus in evidenta structura metalica. Pentru controlul rezultatelor s-au facut documentari in literatura de specialitate, precum si teste pe structuri similare. Totodata s-au elaborat si teste complementare cu scopul validarii datelor din prima campanie. Teste suplimentare se vor putea realiza o data cu analizele radar pentru lintou (dar care necesita accesul cu schela). Rezultatele radar se vor interpreta complet prin cooperare cu specialisti arhitecti si ingineri constructori specializati in calculul si evaluarea structurilor.

O parte originala si inovatoare se refera prezentarea metodelor de evaluare a valorilor de culoare, metoda standardizata tocmai pentru ca proprietatea (culoarea) este extrem de usor influentata de numerosi factori (lumina, umiditate, depuneri poluante etc). Modelul digital propus, poate sa includa (dupa modelul prezentat in in sectiunea „Aspecte ale analizei colorimetrie”). Mai mult decat atat, materialul din acest caz particular (travertin) este inomogen si are aspect cu vibratii de culoare, deci o monitorizare este foarte dificila, este o operatie foarte laborioasa si trebuie desfasurata in conditii stiintifice si tehnice bine definite. In acest sens, pe langa alegerea sistemului international de evaluare a culorilor (prezentat in sectiunea mentionata) a fost cautat si un sistem prin care se poate evalua indirect, global si instantaneu (la momentul determinarii parametrilor de culoare) gradul de umiditate si eventual gradul de acoperire cu material poluant (praf, diferite reziduuri purtate de curentii de aer etc.). In acest sens, propunem determinarea parametrilor de culoare (CIE Lab) intr-un numar mare de puncte, corespunzatoare unei retele cat mai cuprinzatoare, oblogatoriu insotite de determinarea emisivitatii termice in aceleasi puncte. Subliniem ca atat parametrii (CIE Lab), cat si valorile emisivitatilor termice se vor determina pentru aceleasi puncte prin minim 5 citiri repetate. Reteaua punctelor de citire este indicat sa fie stabilita de comun acord cu restauratorul si/sau geologul.

In rezumat, amintim propunerea de a analiza si colabora cu o echipa pluridisciplinara.

Revenim si cu rugamintea de a coopera pentru dobandirea logisticii minime de santier, pe care acum am identificat (schela, lumina dirijata, posibilitatea restrictionarii accesului vizitatorilor pentru intervale scurte de timp lucrul pe timp de noapte). De asemenea, dorim sa accentuam si importanta implementarii sistemului de monitorizare a microclimatului si calitatii aerului (pentru care este indicat sa se prevada un buget). O modalitate imediata de sprijinire a activitatii INOE pe teren si de eficientizarea a campaniilor viitoare este aceea de a largi echipa de lucru cu studenti in ani mari de studii, eventual terminali, in stagii cu caracter de intership si/sau a personalului din domeniu care doreste specializarea.

Monitorizarea microclimatului

Temperatura aerului si umiditate relativa

Monitorizarea parametrilor mentionati, alaturi de parametrii calitatii aerului, sunt obligatorii in galerii, muzee, arhive, depozite, monumente istorice si monumente de for public. (conform normelor si standardelor). Monitorizarea realizata pe parcursul campaniei raportate a fost realizata in conditii dictate de conditiile de lucru si de regimul de vizitare. Conditii de monitorizare se vor perfectiona in urmatoarele campanii, conform unui plan de monitorizare care va respecta normele in vigoare (in special monitorizare non-stop pe termen lung si, in limita posibilitatilor, in retea).

Programul ad-hoc de monitorizare a fost prestabilit la inregistrari la interval de 30 minute, din pacate doar pe perioada in care echipa de lucru a putut supraveghea echipamentul, ceea ce a asigurat o foarte buna evaluare a dinamicii conditiilor de mediu, fiind foarte cunoscut ca datele difera totdeauna de cele raportate de statiile meteorologice. Din start se accentueaza recomandarea de a implementa un sistem propriu de monitorizare cu descarcare wireless (eventual chair on-line) asociat cu monitorizarea efortului pe suprafata generat de vant si caderile de precipitatii. Ca rezultat al primei campanii, s-a identificat modul de implementare a echipamentului necesar pentru controlul RH&T, presiune, noxe etc.

Monitorizarea conditiilor de microclimat si a calitatii aerului este obligatorie pentru lunga durata, pentru cunoasterea conditiilor in care s-au efectuat toate investigatiile, respectiv achizitia informatiilor, unele dintre principiile de investigare fiind sensibile la conditiile de mediu. Totodata, cunoasterea valorilor temperaturii aerului (T) si a calitatii aerului (RH) este strict necesara pentru evaluarea stresului mediului asupra materialului, pentru evaluarea ratei de degradare naturala, pentru eventuale conditii de alarmare, stabilirea conditiilor asigurare si garantii.

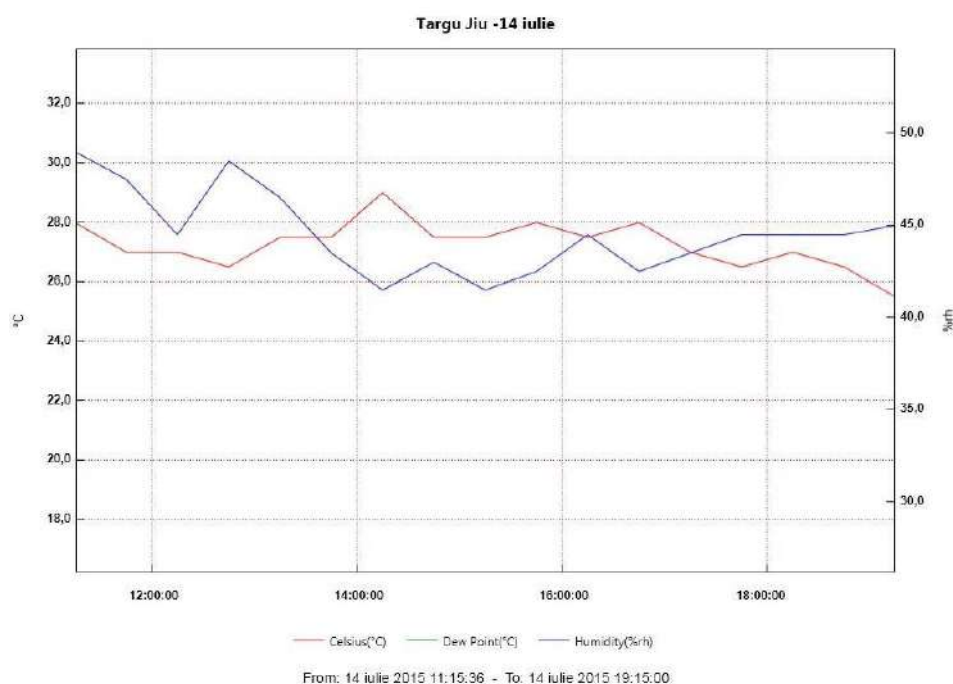


Temperatura si umiditatea relativa au fost monitorizate pe durata investigatiilor efectuate la Poarta Sarutului. Senzorul utilizat la achizitia datelor a fost pozitionat pe o sculptura din piatra in forma de banca din proximitatea Portii Sarutului. Intervalul de masurare setat a fost de 30 de minute.

Din cauza imposibilitatii in aceasta perioada de a lasa echipamentul pe pozitii peste noapte, senzorul a fost folosit doar in perioadele:

- 14 iulie: 11:15 ÷ 19:15
- 15 iulie: 10:15 ÷ 19:15
- 16 iulie: 08:45 ÷ 20:15
- 17 iulie: 11:15 ÷ 12:45
17:15 ÷ 19:45
- 22 iulie: 06:15 ÷ 22:45

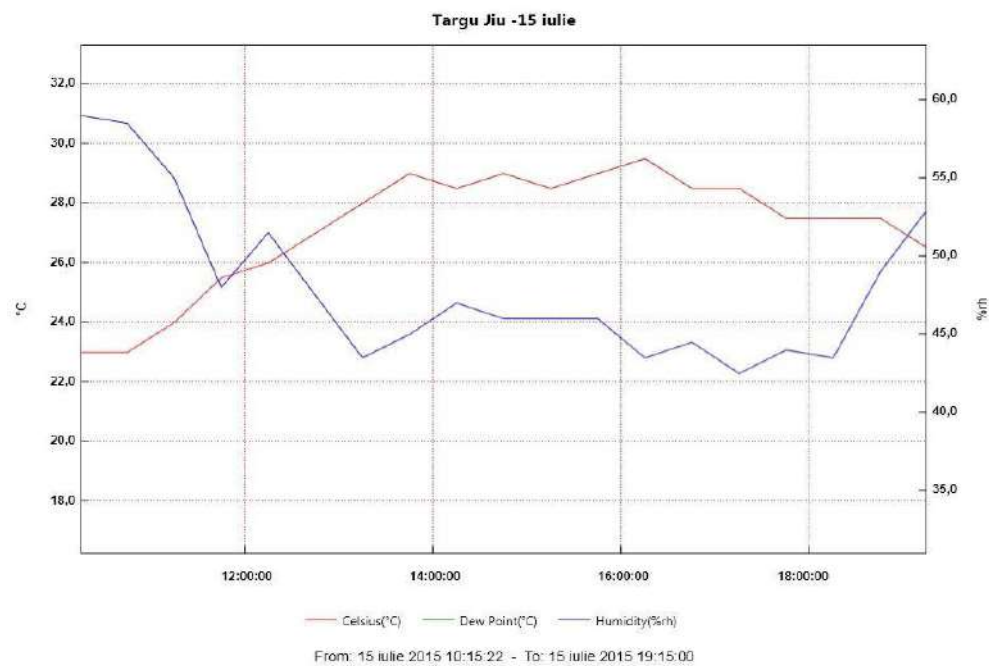
14 Iulie:



	Minima / ora	Maxima / ora
Temperatura [°C]	25,5 / 19:15	29 / 14:15
Umiditate relativa [%]	41,5 / 14:15	49 / 11:15

Monitorizarea din data de 14 iulie a durat 8 ore, pe durata acesteia temperatura a avut o variatie de 3,5°C, iar umiditatea una de 7,5 %RH.

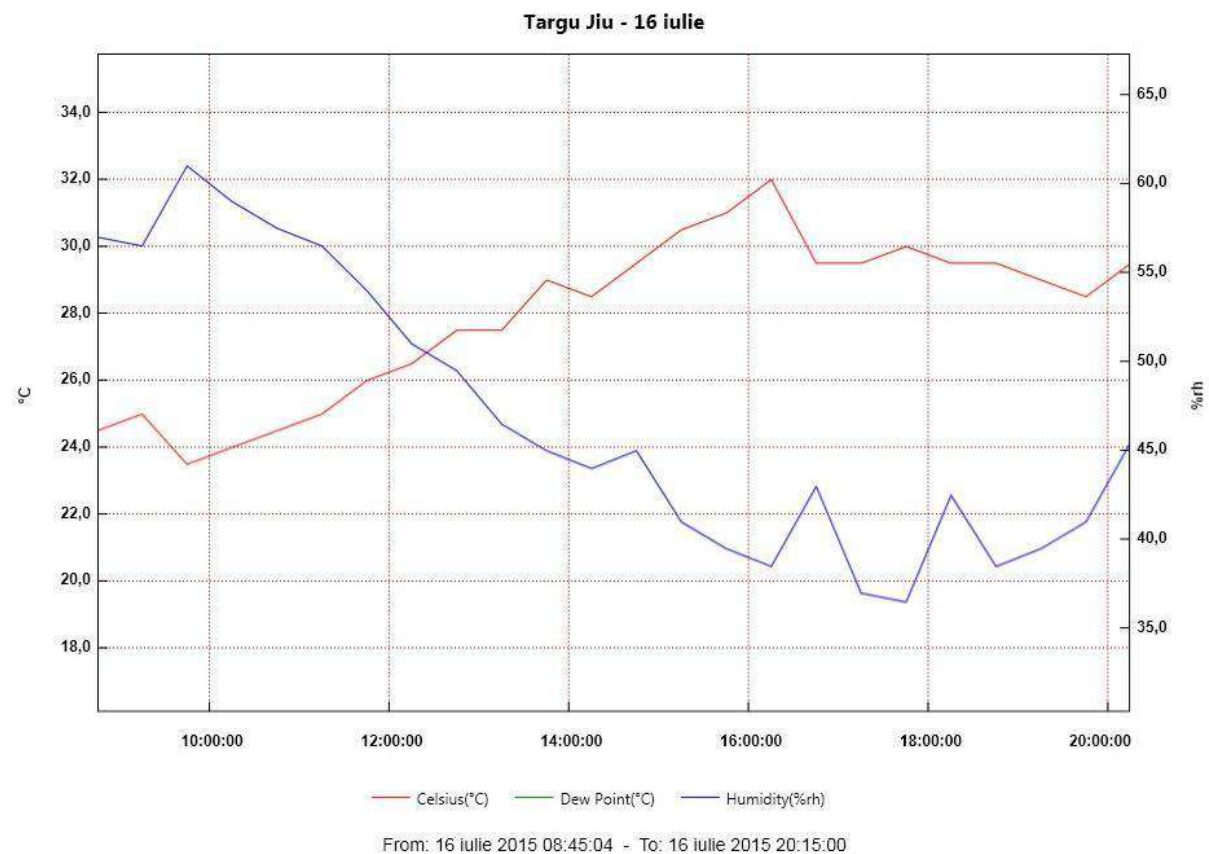
15 Iulie:



	Minima / ora	Maxima / ora
Temperatura [°C]	23 / 10:15, 10:45	29,5 / 14:15
Umiditate relativa [%]	42,5 / 17:15	59 / 10:15

In data de 15 iulie monitorizarea a durat 9 ore, temperatura avand variatii de 6,5°C, iar umiditatea de 16,5%RH. Din grafic reiese o cresterea a temperaturii pana in jurul orei 14:00, apoi o mentinere a acesteia, de la ora 17:00 observandu-se o tendinta de scadere.

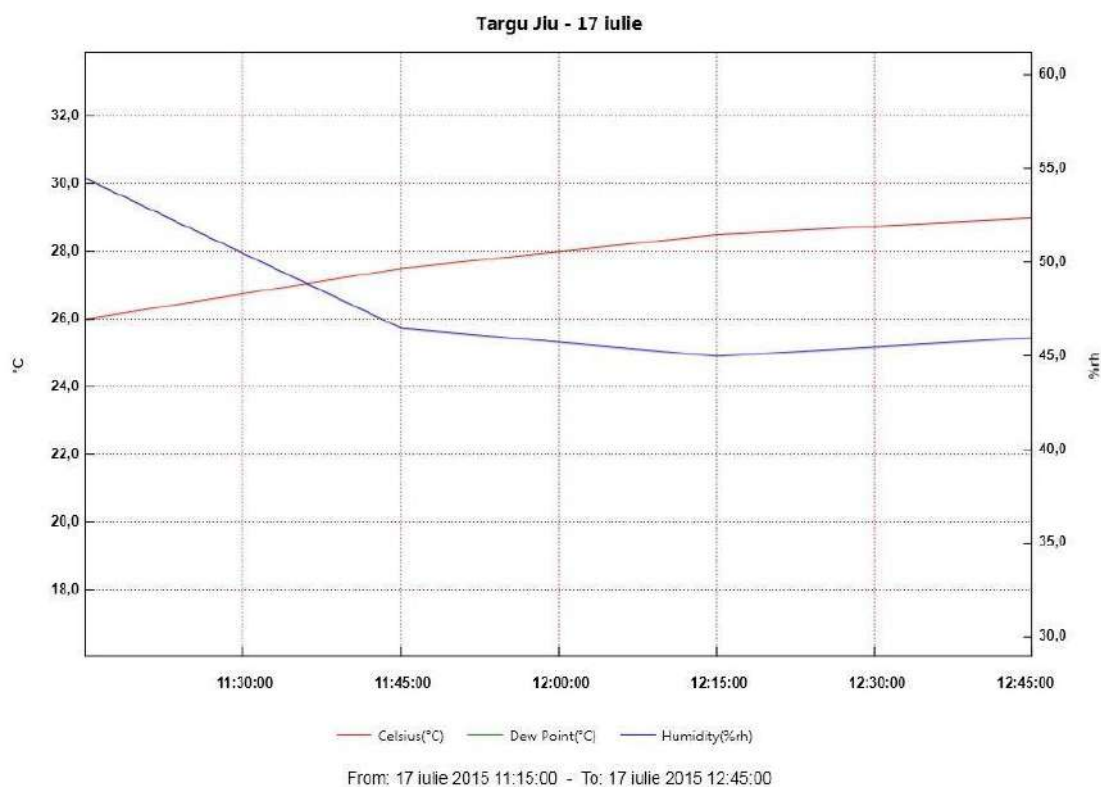
16 Iulie:



	Minima / ora	Maxima / ora
Temperatura [°C]	23,5 / 09:45	32 / 16:15
Umiditate relativa [%]	36,5 / 17:45	61 / 09:45

In data de 16 iulie, de la inceperea monitorizarii se observa o cresterea a temperaturii pana la 32°C in jurul orei 16, urmata de o usoara racire. Umiditatea relativa a avut o variatie de aproximativ 25%RH pe durata a celor 10 ore si jumatate.

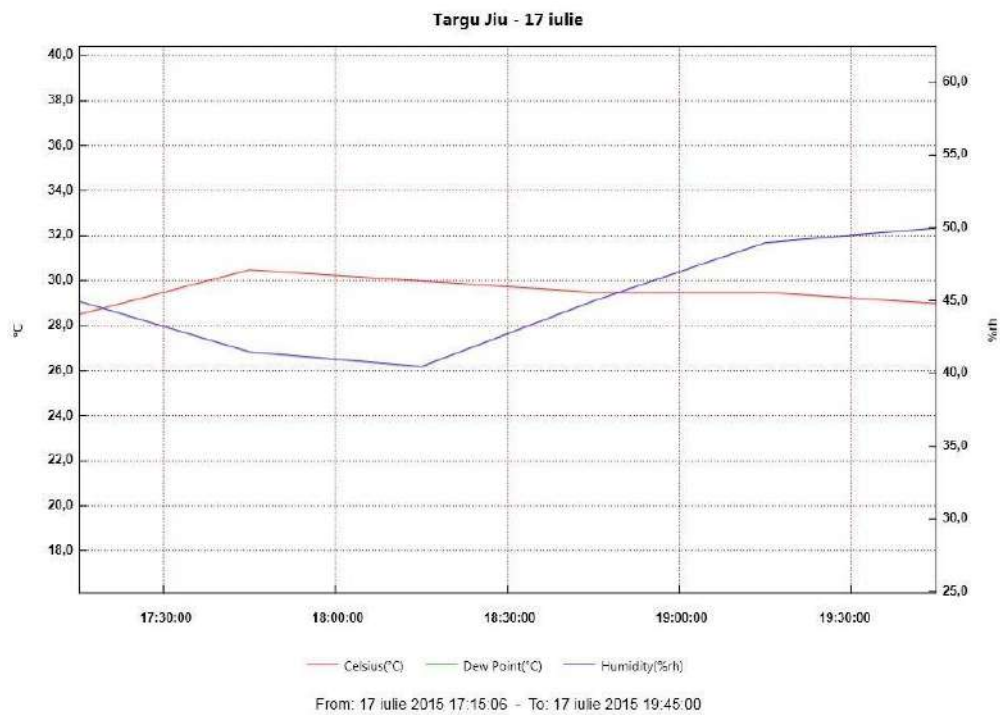
17 iulie: 11:15 ÷ 12:45



	Minima / ora	Maxima / ora
Temperatura [°C]	26 / 11:15	29 / 12:45
Umiditate relativa [%]	45 / 12:15	54,5 / 11:15

In prima parte a zilei pe durata a o ora si jumatate a fost observata o cresterea a temperaturii de 3°C si o scadere a umiditatii relative de aproximativ 10%RH.

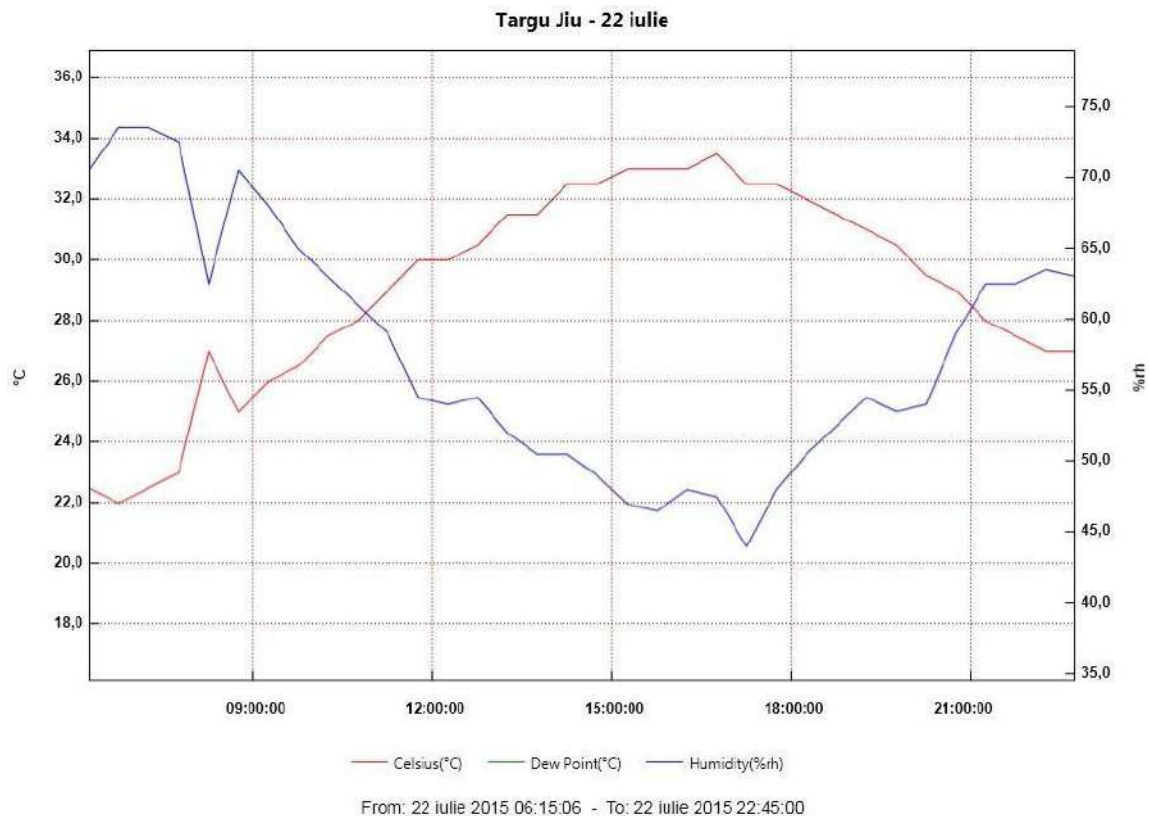
17 iulie: 17:15 ÷ 19:45



In cea de a doua parte se observa o variatie de 2°C (in jumatate de ora) si iarasi o variatie de 10%RH (in decursul a o ora si jumatate).

	Minima / ora	Maxima / ora
Temperatura [°C]	28,5 / 17:15	30,5 / 17,45
Umiditate relativa [%]	40,5 / 18:15	50 / 19:45

22 iulie: 06:15 ÷ 22:45



	Minima / ora	Maxima / ora
Temperatura [°C]	22 / 06:45	33,5 / 16:45
Umiditate relativa [%]	44 / 17:15	73,5 / 06:45, 07:15

Monitorizarea din data de data de 22 iulie cuprinde 16 ore si jumatate de achizitie de date, in aceasta perioada au fost observate variatii maxime de 11,5°C si 29,5%RH.

Temperatura a fost intr-o continua crestere pana in jurul orei 17, dupa aceasta fiind observabila o scadere continua. In cazul umiditatii relative variatia este exact opusa.

Se recomanda compararea datelor achizitionate local cu cele raportate de statiile meteorologice pentru intervalul de timp in discutie, dinc are se va putea vedea cu usurinta rolul si impactul vegetatiei abundente, chiar si a curgerii de apa din apropiere, in sensul reducerii stresului termic intr-un ciclu diurn. Se poate sublinia ca monitorizarea conditiilor de microclimat, alaturi de datele referitoare la controlul stresului termic pe material pentru un ciclu diurn, indica diferente relativ mari intre gradientul de temperatura asupra materialelor de constructie expuse in alt perimetru si cel analizat (in speta asupra Portii Sarutului). Concluzia imediata si indubitabila este ca orice proiect de amenajare peisagistica, de urbanism, sau de intretinere a ariei pe care sunt amplasate componentele ansamblului, ca orice alt obiectiv similar, trebuie sa urmareasca si eventuale efecte privind stresul indus.

Viteza si directia vantului trebuie monitorizate pentru ca ofera informatii despre solicitarile pe suprafata, cele care genereaza degradare prin eroziune. In plus, monitorizarea va indica si eventualele aparitii ale depunerilor de roua, bruma, inghet/dezghet – fenomene naturale care influenteaza gradul de eroziune si fragilizarea suprafetei.

O observatie esentiala din monitorizarea microclimatului (chiar si pe perioada scurta mentionata mai sus) se refera la influenta benefica a vegetatiei din zona monumentului studiat. Perioada campaniei a coincis cu temperaturi declarate caniculare sau la limita caniculei, cu conditii de disconfort termic, ceea ce nu a fost sesizat in monitorizările de microclimat (adica mediul din imediata vecinatate a monumentului, vezi Dario Camuffo, May Cassar etc.). Revenim aici cu sublinierea ca temperaturile aerului inregistrate nu au depasit 33 C si ca informatia se confirma si din monitorizarea temperaturii suprafetelor (vezi capitolul urmator).

De asemenea, conform recomandarii de a realiza monitorizarea si in sezonul rece in prima instanta (daca nu este posibila implementarea retelei de monitorizare in timp util), precum si in concordanta cu dinamica de microclimat din situatii similare, informatiile achizitionate vor sublinia si rolul de protectie al vegetatiei pe timpul iernii. Vegetatia va juca rolul deosebit de important de bariera la vant, viscol, precipitatii cu vijelie, toate acestea amplificand presiunea pe suprafata si efectele induse.

Griblura imprastiata pe aleile inconjuratoare sunt antrenate de vant si genereaza un efect de sablare foarte nedorit. Acest material produce acelasi efect chiar si in timpul toaletarii parcului, la vizita unui numar mare de persoane. Mai mult, particulele de griblura sunt si purtatoare ale eventualilor agenti biologici, inlesnind contaminările nedorite. In concluzie, consideram ca este benefic sa se schimbe solutia acoperiri cu acest material.

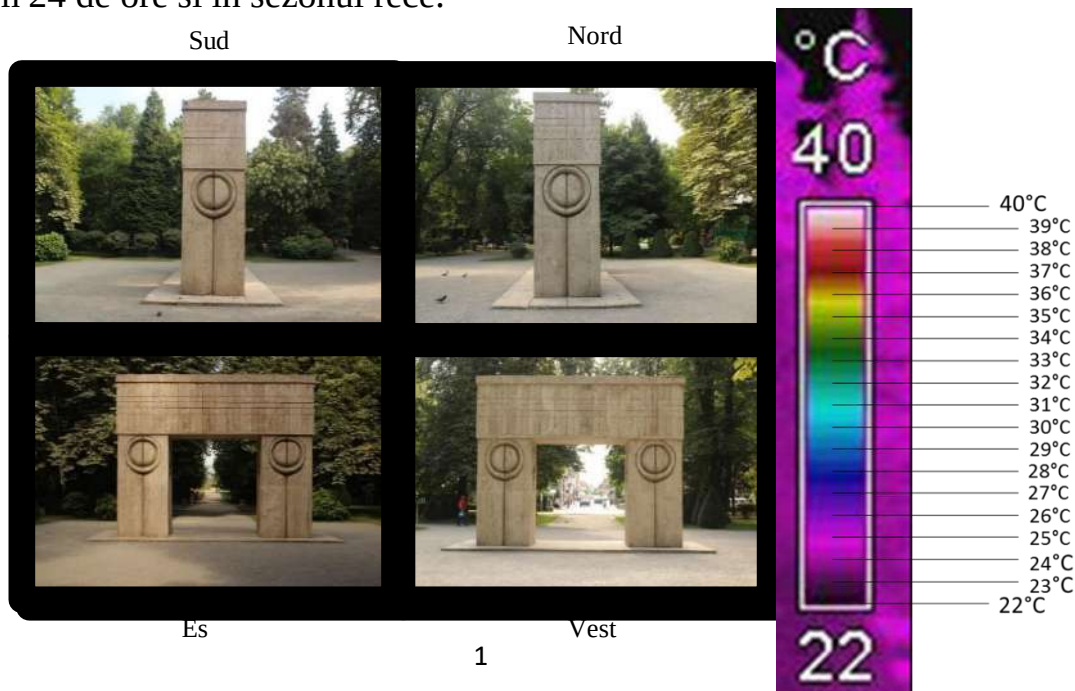
Controlul distributiei temperaturii pentru evaluarea stresului termic -Poarta Sarutului-

Pentru conservarea preventiva este imperios necesar sa se determine vulnerabilitatea suprafetelor monumentelor (inclusiv sculpturi, fatade, picturi murale, ca si pictura de sevalet). Prima metoda imediata de evaluare a solicitarii pe suprafata este analiza termografica care indica nu numai extremele de temperaturi a materialului si dinamica temperaturii, dar si distributia pe suprafate largi, punand imediat in evidenta depasirea gradientilor admisibili, viteza de echilibrare termodinamica.

In data de 22 iulie 2015 au fost inregistrate imagini termice folosind o camera termica de inalta precizie. Pentru controlul nivelului temperaturii induse de mediu o monitorizare primara pe un interval orar de aproximativ 15 ore a relevat urmatoarele date:

- Stresul termic apare atunci cand distributia temperaturii pe suprafata obiectului monitorizat este neuniforma sau atunci cand exista variatii bruste de temperature.
- Imaginile au fost achizitionate din ora in ora in intervalul 08:00 ÷ 22:30, pe toate cele patru fete ale monumentului, respectiv nord, sud, est si vest. Acestea vor fi prezentate in continuare conform modelului si scalei alaturate.

Asa cum este recomandat de studii in domeniu, o monitorizare pentru un ciclu de minim 24 de ore si in sezonul rece.



Ora: 08:00

SUD

NORD



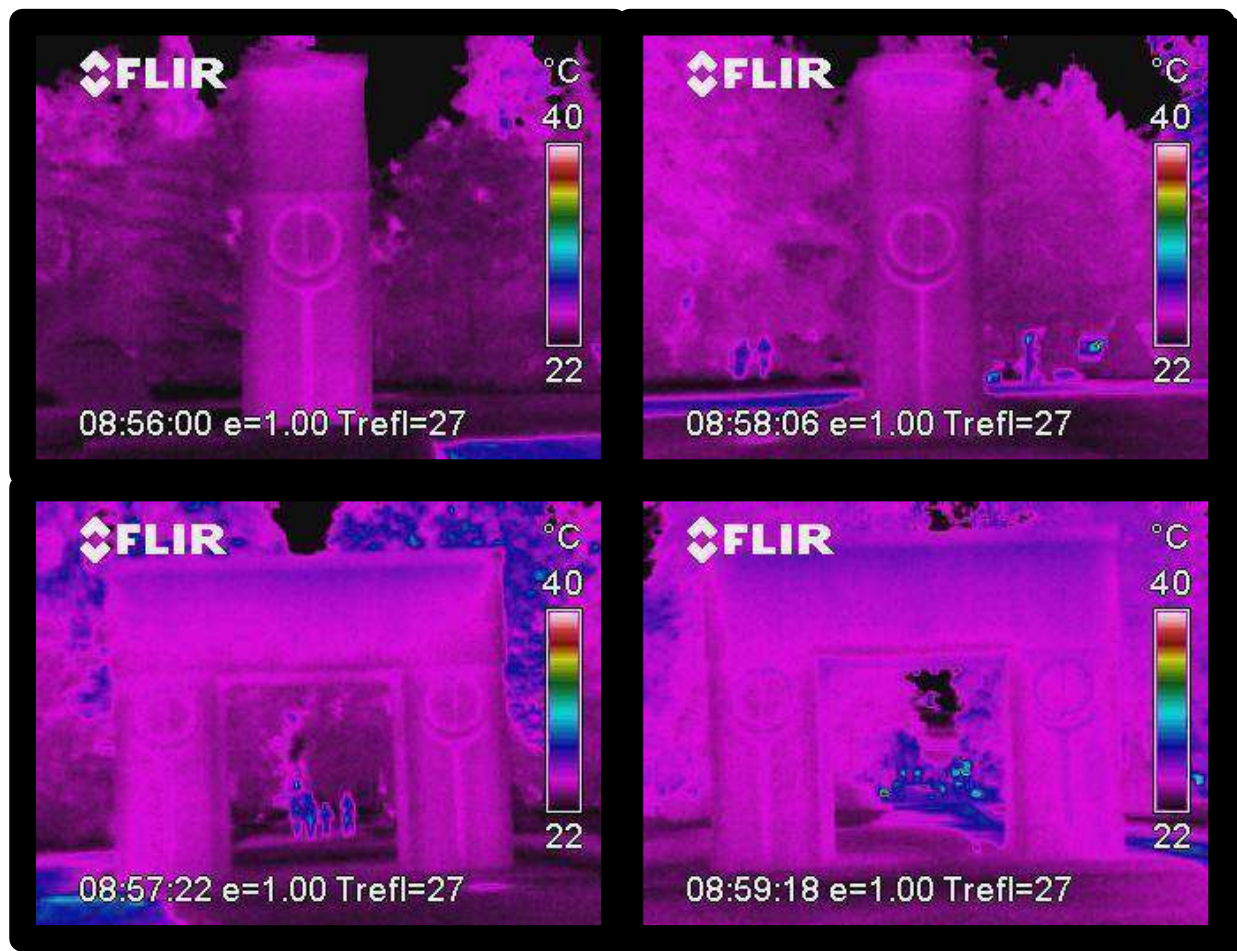
În primul set de imagini achiziționate la ora 08:00 se observă o distribuție uniformă a temperaturii pe aproape toată suprafața monumentului, excepție făcând partea de sus.

Această diferență de temperaturi este datorată existenței plăcii de plumb montată pe monument.

De asemenea, pe fața nordică este observabilă o temperatură puțin mai mică în comparație cu celelalte trei laturi.

$T_{suprafața}$: 24–25°C, marginea de sus: 27°C

Ora: 09:00



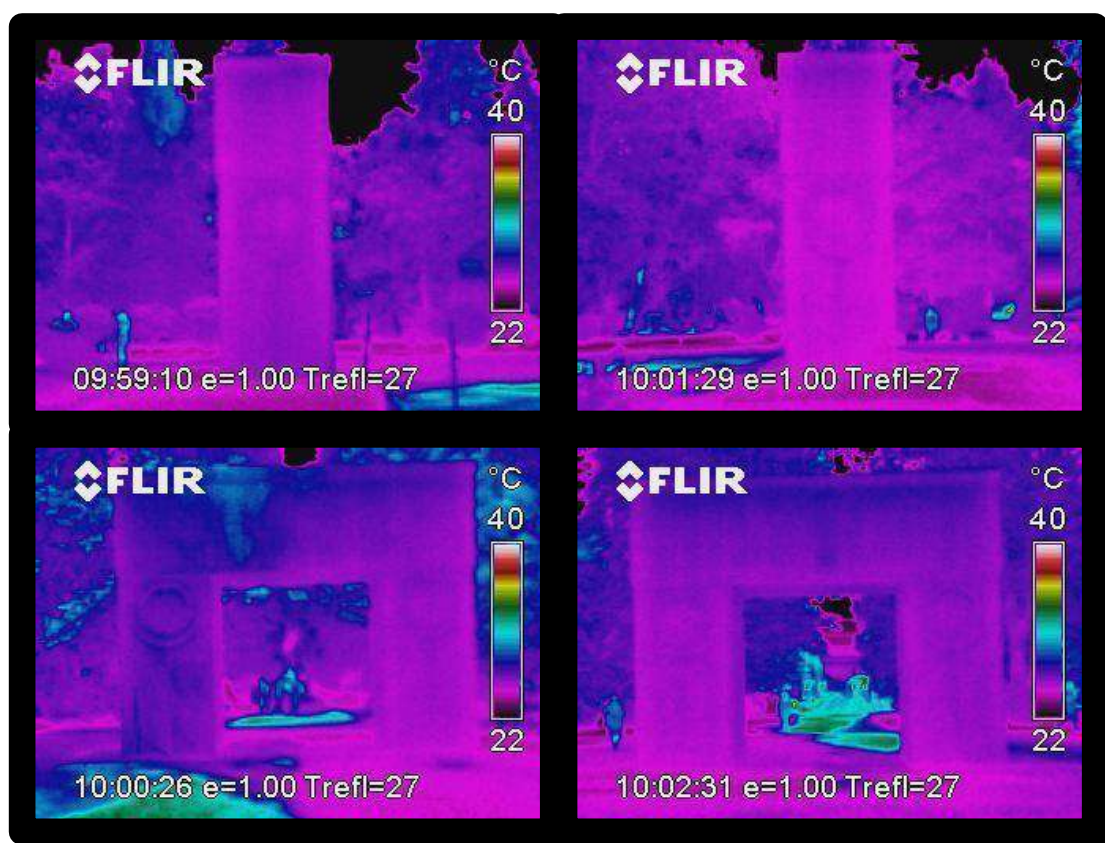
In imaginile achizitionate la ora 09:00, se observa o usoara incalzire a fetei estice, pana la temperatura de 26°C, deci o variatie de aproximativ 1°C. Celelalte fete mentin o temperatura de 25°C.

Distributia temperaturii este uniforma. Zona de sus mentine aceeasi temperatura de 27°C.

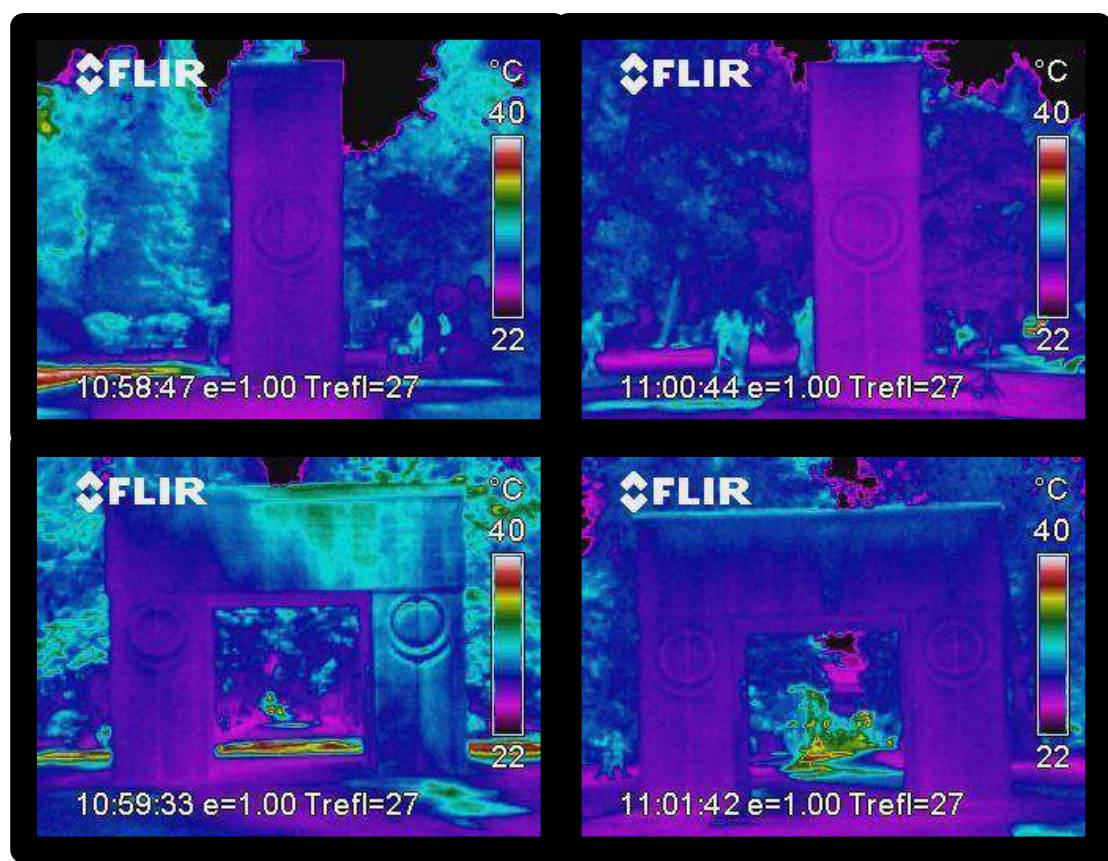
$T_{suprafata}$: 25-26°C

T_{sus} : 27°C

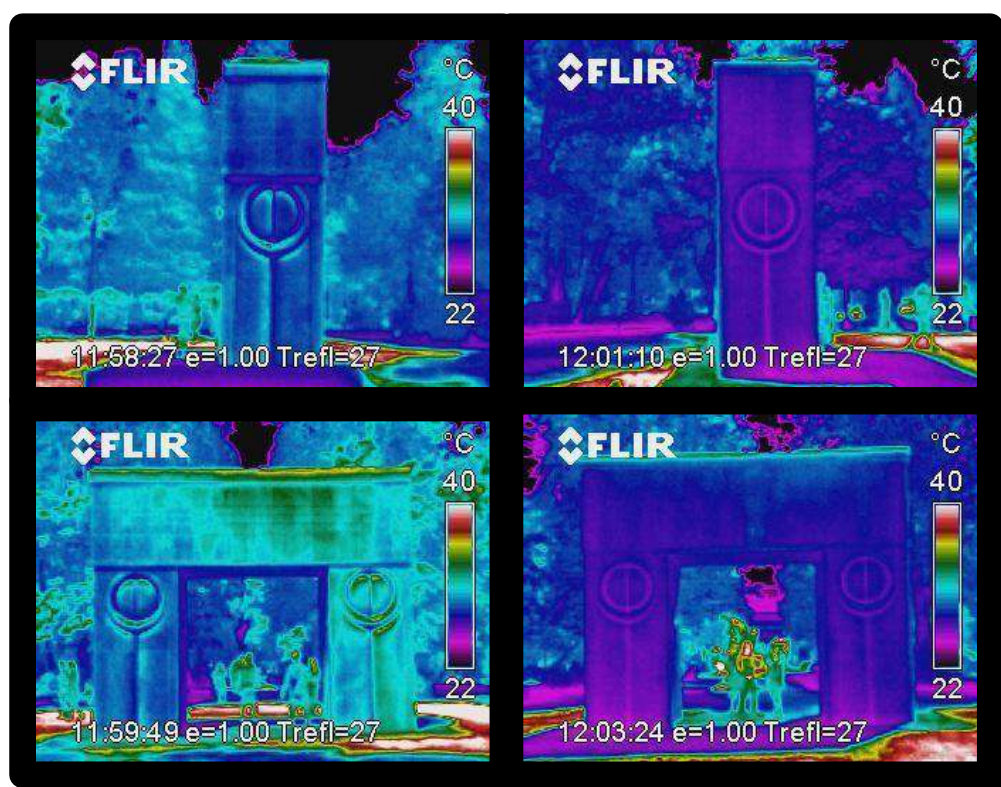
Ora: 10:00



Ora: 11:00



Ora: 12:00



Ora: 13:00



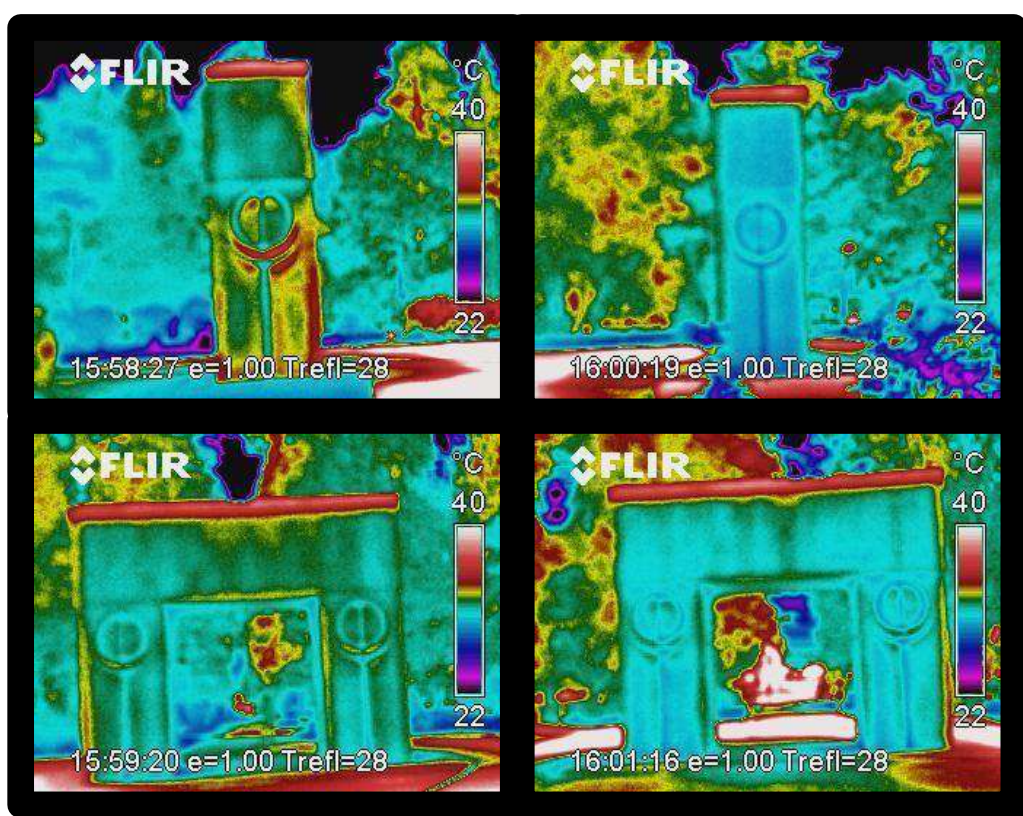
Ora: 14:00



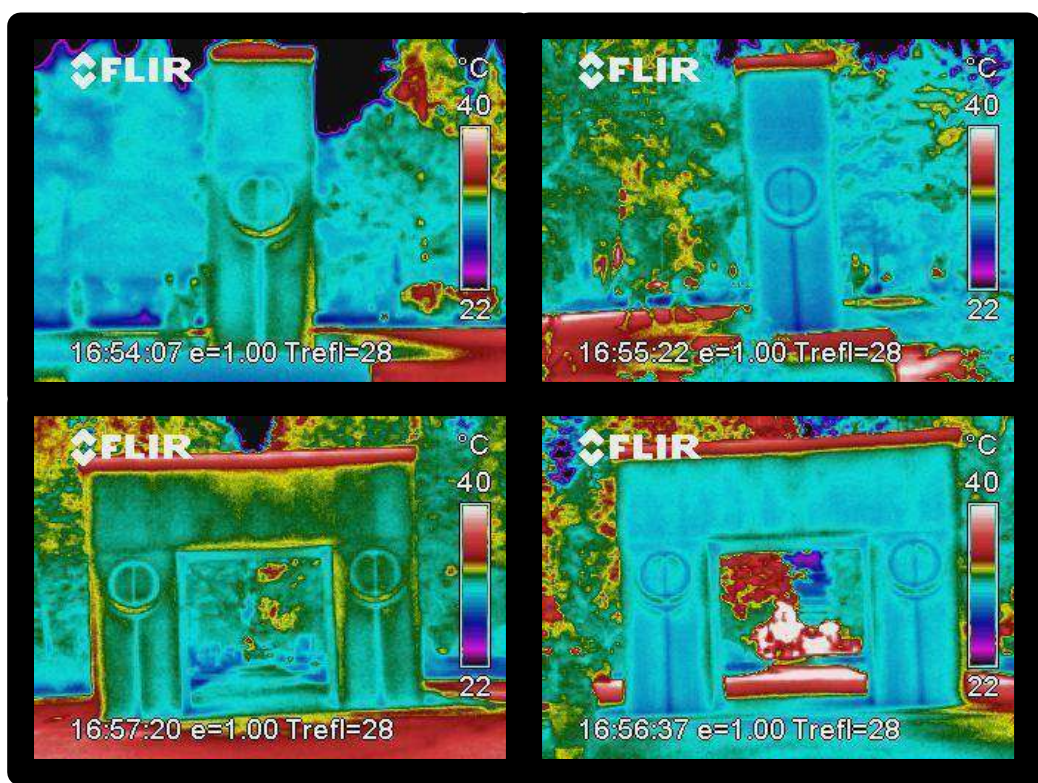
Ora: 15:00



Ora: 16:00



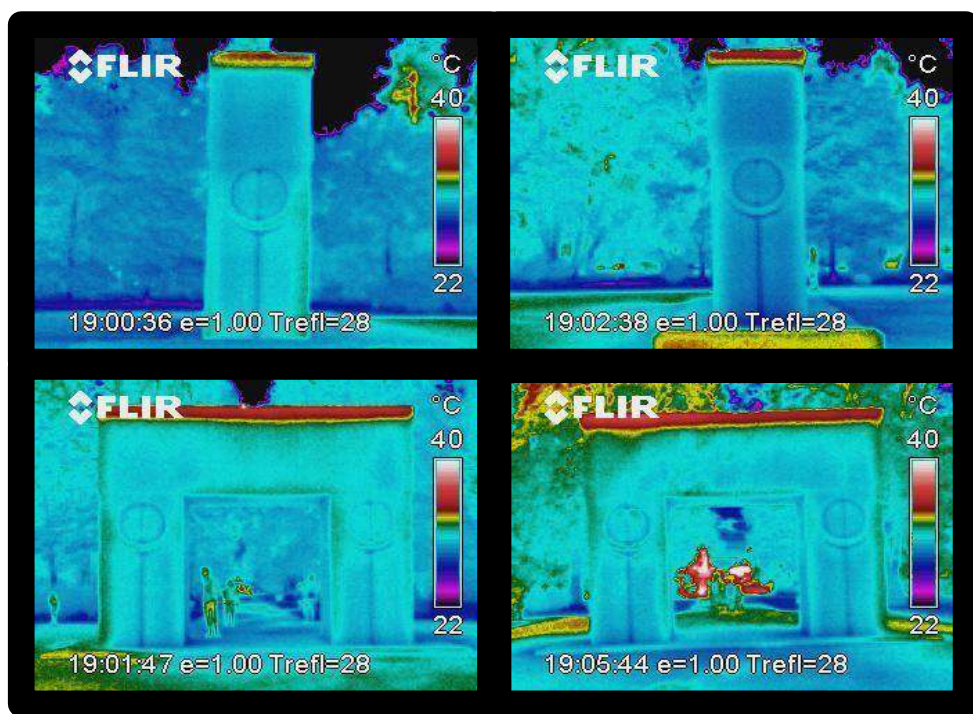
Ora: 17:00



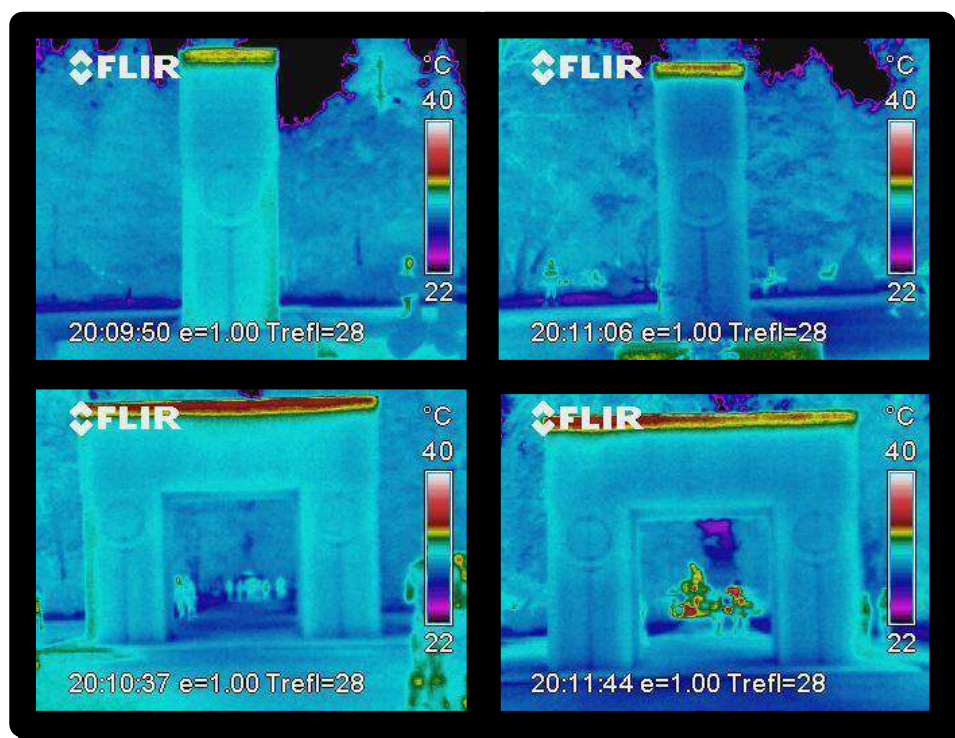
Ora: 18:00



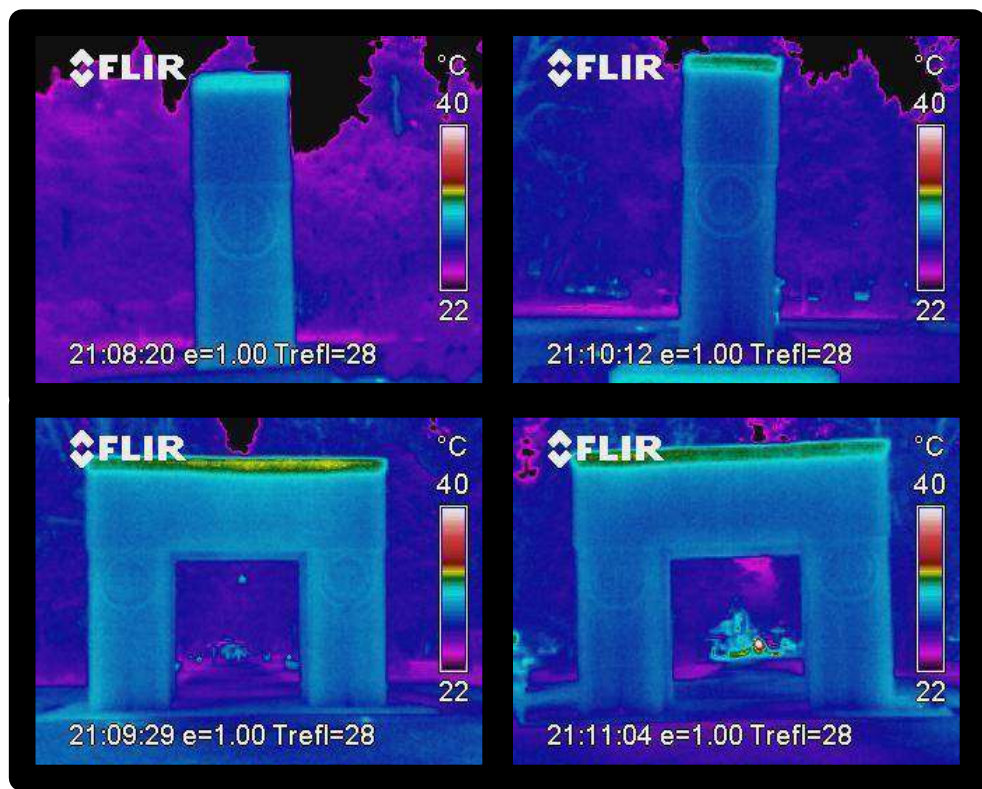
Ora: 19:00



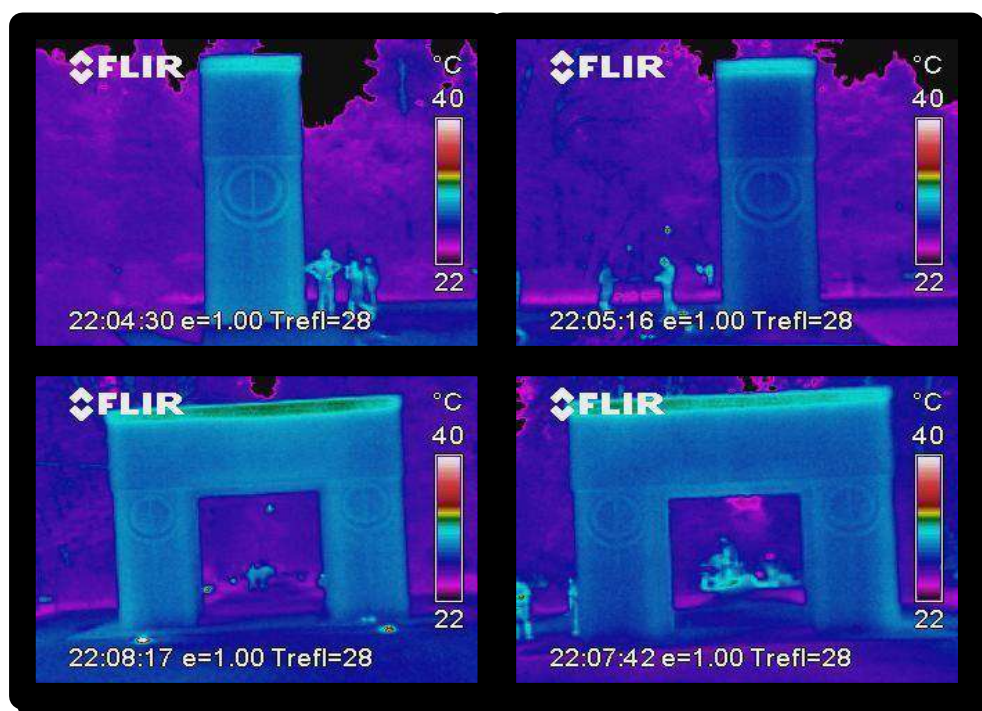
Ora: 20:00



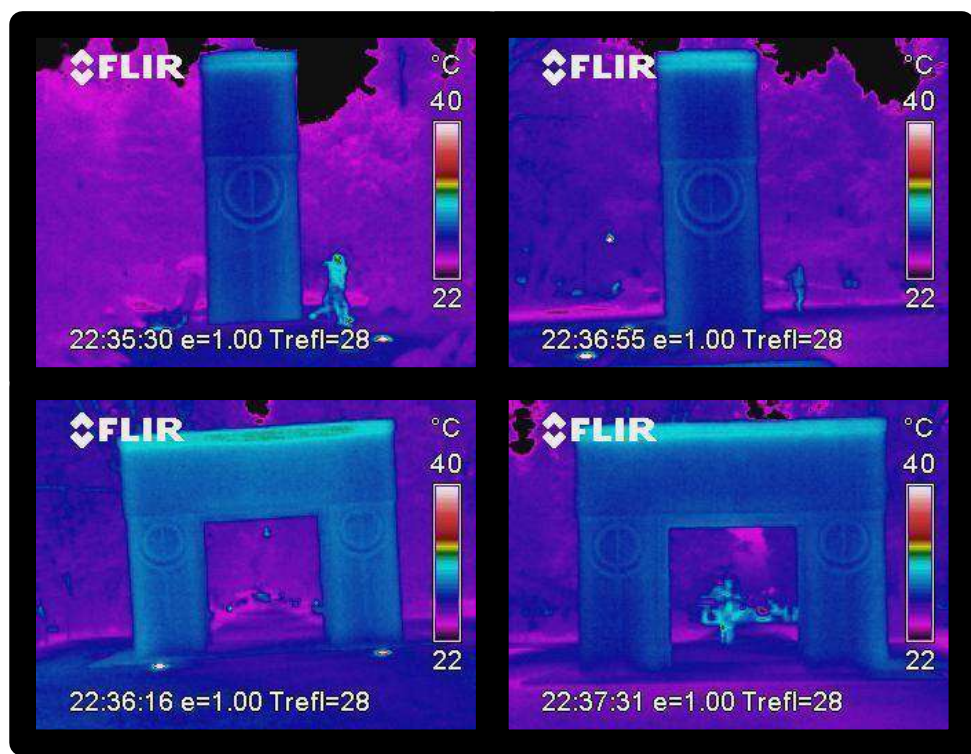
Ora: 21:00



Ora: 22:00



Ora: 23:00



Concluzii:

- A fost observat faptul ca partea de sus, datorita prezentei placii din plumb, prezinta o crestere mai rapida a temperaturii si o scadere mai lenta. Exista si o diferenta de temperatura intre aceasta si materialul litic (in zona de contact apar temperaturi induse mult mai mari decat in ansamblu), astfel inducand un stres termic asupra Portii Sarutului;
- In ciuda distributiei uniforme a vegetatiei, fetele estica si sudica sunt cele care ating cele mai mari valori ale temperaturii si pe suprafata lor sunt observabile cele mai mari neuniformitati ale distributiei temperaturii, datorita expunerii directe la soare;
- Extremitatile monumentului (colturile acestuia) prezinta o racire mai lenta, ceea ce se poate explica prin incalzirea superficiala a fetelor si nu profund si - foarte important - precum si prin efectul circulatiei aerului foarte cald dinspre oras in perioada analizata (inclusiv efectul circulatiei dinspre soseaua din imediata vecinatate). Se impune o monitorizare completa care sa includa si solicitarile maxime din sezonul rece;
- Controlul termografic este deosebit de util si se impune ca necesar pentru ca ofera indicatii privind stresul indus maxim, respectiv minim, arata imediat efectul mediului inconjurator, permite elaborarea unui program de masuri (daca este cazul) care sa indice gestionarea conditiilor mediu, trafic si privind administrarea parcului, pentru descarcarea de stress, precum si pentru elaborarea programului d urmarire si conservare preventiva, implicit a programului de mentenanta;
- Printre alte avantaje/argumente pentru controlul termic pe lunga durata se numara obtinerea informatiilor extrase din controlul termic, in particular informatii referitoare la emisivitatea termica a materialului – care coroboreaza si influenta eventualelor depuneri poluante, a distributiei de umiditate etc.
- Nu este deloc de neglijat impunerea controlului termografic pe perioada lunga astfel incat sa se urmareasca si sa se evalueze influenta acoperirii cu placa din plumb.

Control GPR Poarta Sarutului

La Poarta Sarutului au fost efectuate doua tipuri de investigatii utilizand metoda geofizica, non-invaziva GPR¹, respectiv investigarea pe verticala a coloanelor (fara a intra in contact cu acestea) si investigarea solului (masuratori efectuate atat pe postamentul monumentului cat si in proximitatea acestuia).

Acestea masuratori sunt determinari preliminare, stabilite ad-hoc, de aceea au fost efectuate doar pe coloane, fara a fi investigat si lintoul pentru ca nu a fost posibil la momentul investigatiilor (din lipsa unei schele).

Conform conditiilor impuse studiului, respectiv investigatii non-contact, au rezultat erori de determinare, ce impun revenirea sau analiza comparativa. Tot din cauza masuratorilor efectuate fara contact, trigger-aria utilizata nu a fost cea obisnuita (automata) a echipamentului (facuta cu ajutorul unei roti care masoara distanta parcursa), ci a fost una manuala, fapt ce a dus la existenta a mai putine trace-uri in cazul unor radargrame in functie de viteza cu care antena a fost deplasata in timpul achizitiei datelor.



Figura 1 Imagini din timpul investigatiilor

Investigatiile au fost facute folosind antena de 800 de MHz, fereastra de timp (ce defineste lungimea totala a trace-ului in timp) fiind setata la 40 ns, pentru masuratorile efectuate pe verticala. Pe baza formulei prezentate mai jos, pentru valoarea permitivitatii dielectrice relative egala cu 9, adancimea de patrundere este de 2 metri. In cazul solului fereastra de timp a fost setata la 80 ns.

$$d = \left[\frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \right] \cdot \frac{t}{2}$$

unde,

¹ Ground Penetrating Radar: Theory and Applications, Editor Harry M. Jol, Elsevier Science, 2009, pag. 4 A.P. Annan

d = adancimea de patrundere [nm]

c = viteza luminii in vid [m/s]

ϵ_r = permitivitatea dielectrica relativa a mediului de propagare [-]

t = durata de propagare (fereastra de timp) [ns]

1. Investigatii Coloane

Au fost efectuate cate 10 masuratori pe fiecare fata a coloanei, 5 pe inaltimea (pana la aproximativ 2 metri) si 5 pe latime (aproximativ 1,61 metri), rezultand un caroiaj perpendicular cu rezolutia spatiala de 0,4 metri pe inaltime si de 0,35 metri pe latime, conform schitelor alaturate:

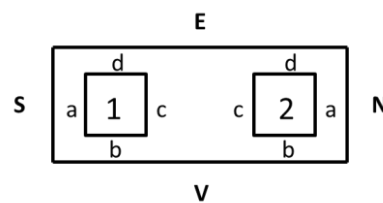


Figura 2 Pozitionare cardinala

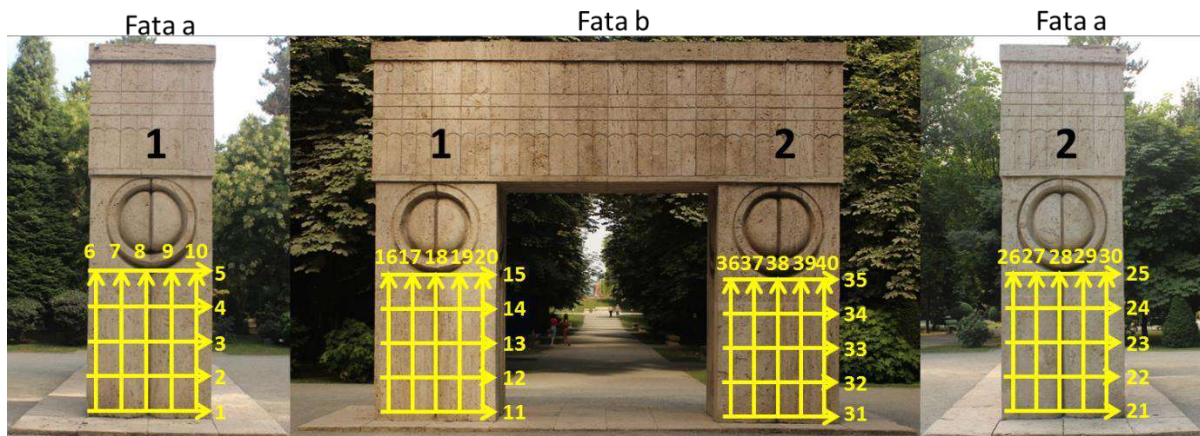


Figura 3 Directii inregistrari, fata "a" si "b"

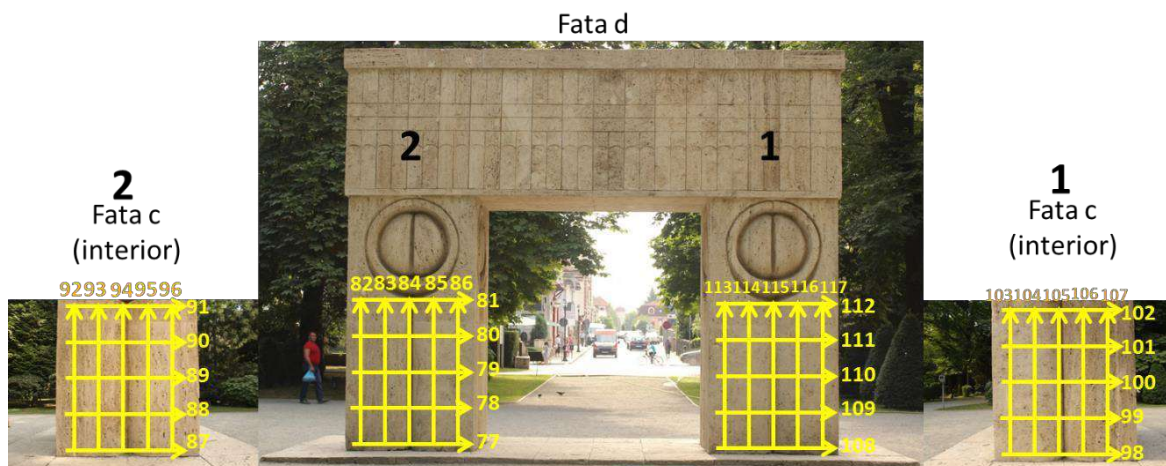


Figura 4 Directii inregistrari, fata "c" si "d"

Pentru o intelegere mai buna a datelor, in schita alaturata este reprezentata coloana 1 cu cele patru fete ale sale. Fiecare colt al paralelipipedului este notat cu o litera, urmarind aceste notatii pe radargrame se poate afla directia de deplasare a echipamentului in timpul achizitiei datelor, cat si directia de propagare a radiatiei electromagnetice.

Deoarece radiatia electromagnetica s-a propagat prin toata coloana de pe o parte pe cealalta, radargramele obtinute pe fetele „c” si „d” sunt identice cu cele de pe fata „a” si „b”. De aceea ele nu vor mai fi prezentate.

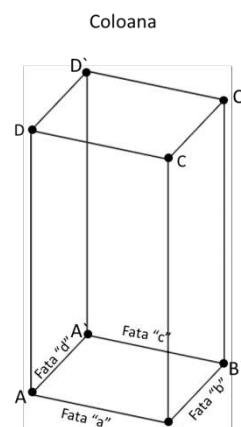


Figura 5 Schita fete coloana

1.1

Coloana 1

1.1.1 Coloana 1, fata "a": Inaltime

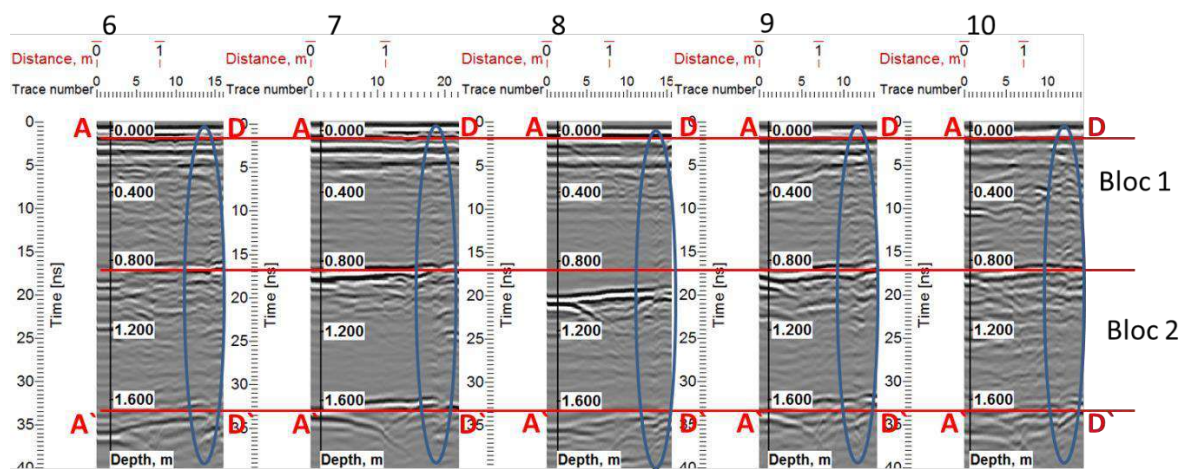


Figura 6. Radargrame obtinute pe inaltimea coloanei 1, fata "a"

In radargramele obtinute pe inaltimea fetei „a” a coloanei 1, se distinge granita dintre cele doua blocuri, cu caracteristici fizice similare. In imagini distanta de la 0 pana la prima

linie rosie reprezinta aerul. Pentru ca antena echipamentului nu a realizat contact cu blocul de travertin, s-a subliniat cu o linie rosie suprafata coloanei. Cea de a doua linie marcheaza granita dintre cele doua blocuri de travertin, vizibila datorita modificarilor parametrilor fizici. Cea de a treia linie evidentiaza iesirea radiatiei electromagnetice din coloana, respectiv din fata opusa a coloanei, fata „c”. Pentru ca fereastra de timp a fost setata la 40 ns (echivalenta unei adancimi de patrundere de 2 m), iar coloana a avut o grosime de aproximativ 1,6 metri, partea inferioara a radargramei (sub cea de a treia linie) marcheaza propagarea radiatiei electromagnetice prin aer.

In cazul radargramei numarul 8, granita dintre cele doua blocuri apare la o alta adancime, deoarece masuratoarea a fost facuta pe zona decorata. Golul reprezentat de aceasta decoratie a dus la modificarea vitezei de deplasare a undelor electromagnetice.

Radargramele prezinta de asemenea o perturbare a propagarii radiatiei electromagnetice (zona marcata cu albastru). Aceasta reprezinta inceperea celui de al doilea rand de blocuri din coloana (la inaltimea de aproximativ 1,6 metri).

Din radargrame se mai poate observa si grosimea fiecarui bloc, aceasta fiind de aproximativ 81 centimetri.

1.1.2 Coloana 1, fata “a”: Latime

Radargramele efectuate pe latimea fetei “a” evidentiaza acelasi raspuns, respectiv prezenta celor doua blocuri de piatra.

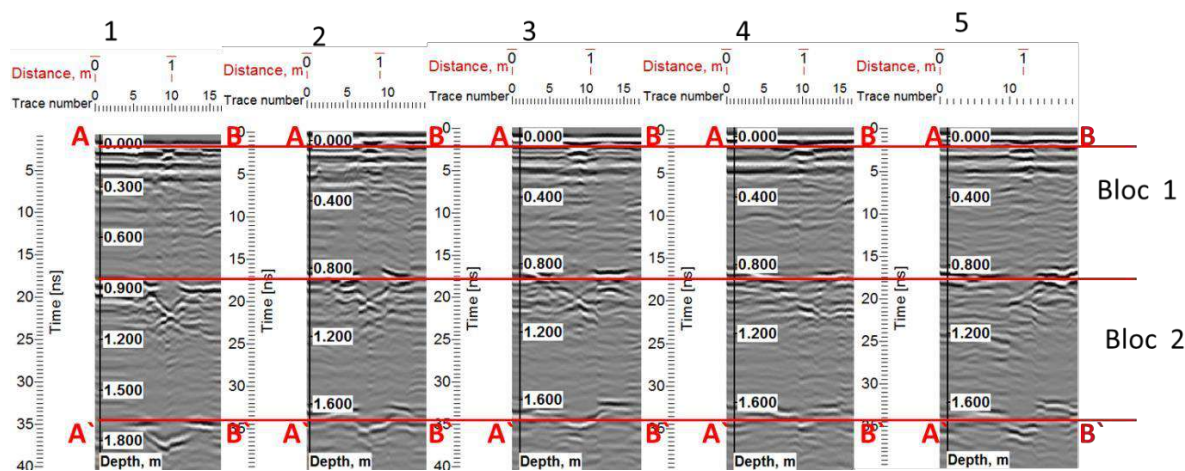


Figura 7 Radargrame efectuate pe latimea coloanei 1, fata "a"

Datorita trecerii peste zona decorata, la jumatatea fiecărei radargrama se remarca o perturbare a propagării radiatiei electromagnetice.

1.1.3 Coloana 1, fata “b”: Inaltime

In aceste radargrame sunt subliniate raspunsuri similare celor obtinute pe fata „a”, respectiv prezenta a inca doua blocuri de piatra. Astfel coloana este formata din 4 blocuri

asemanatoare. Radargrama 18, efectuată pe zona decorată prezintă aceeași decalare a graniței dintre blocuri.

Un alt lucru observat și marcat cu albastru este începerea celui de al doilea rând de blocuri, începând cu înălțimea de 1,6 metri. Rezultă de aici faptul că întreaga coloană este alcătuită din 8 blocuri de travertin alăturate.

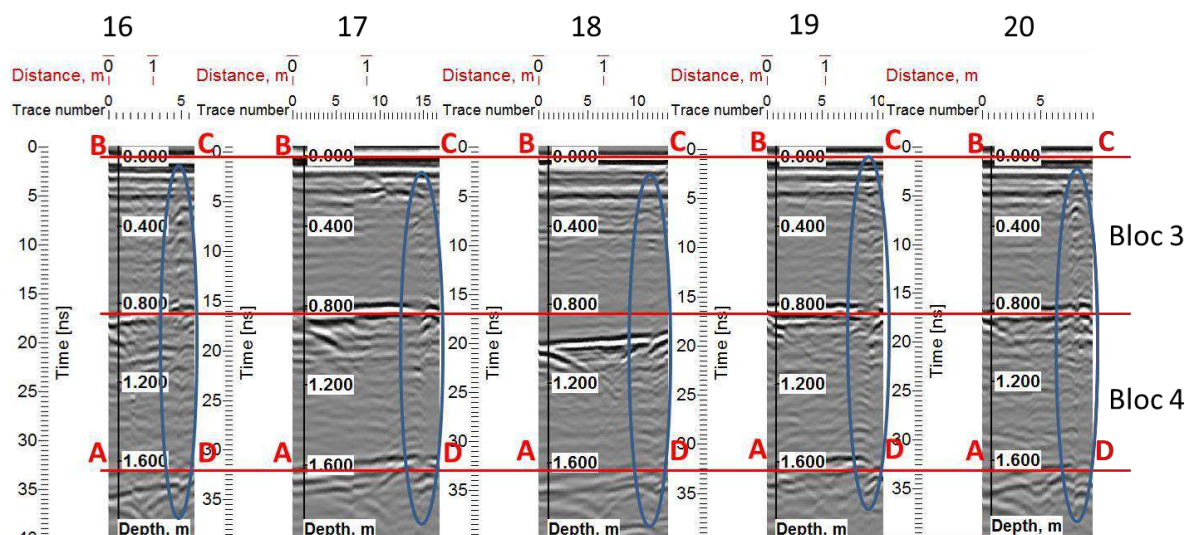


Figura 8 Radargrame efectuate pe înălțimea coloanei 1, fața "b"

1.1.4 Coloana 1, fața "b": Latime

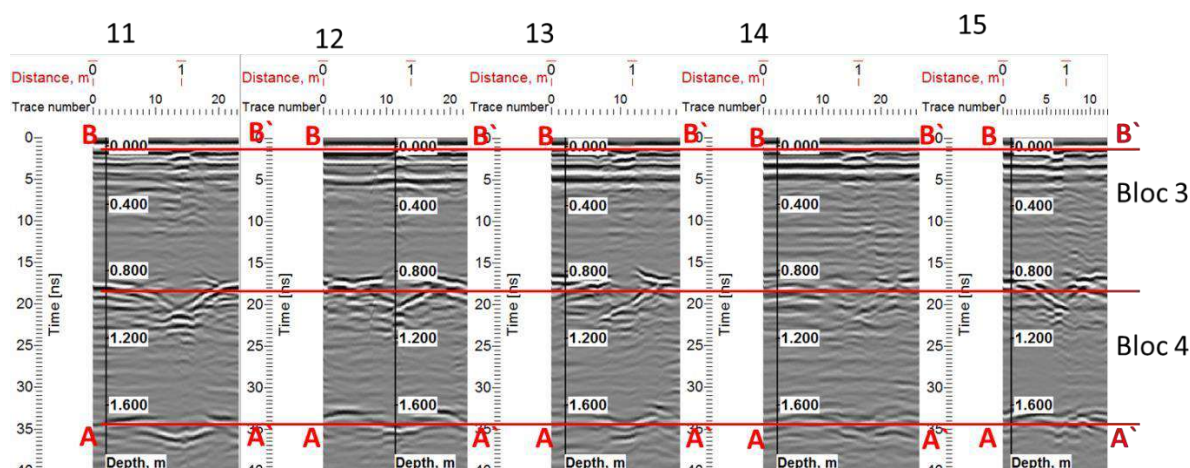


Figura 9 Radargrame efectuate pe lățimea coloanei 1, fața "b"

Răspunsurile obținute în urma investigațiilor pe lățimea feței "b" a coloanei întăresc concluziile de mai sus, respectiv existența a 4 blocuri de piatră până la înălțimea de 1,6 metri.

1.2 Coloana 2

Datele obtinute in urma investigatiilor efectuate pe suprafata coloanei 2 sunt foarte asemanatoare celor corespunzatoare coloanei 1.

1.2.1 Coloana 2, fata "a": Inaltime

In aceste radargrame se observa 2 blocuri distincte de piatra (marcate cu rosu) si inceperea unui al doilea rand de blocuri incepand cu inaltimea de 1,6 metri (marcat cu albastru). Radargrama 28, fiind efectuata pe zona sculptata evidentiaza granite dintre blocuri la o alta adancime fata de celelalte radargrame.

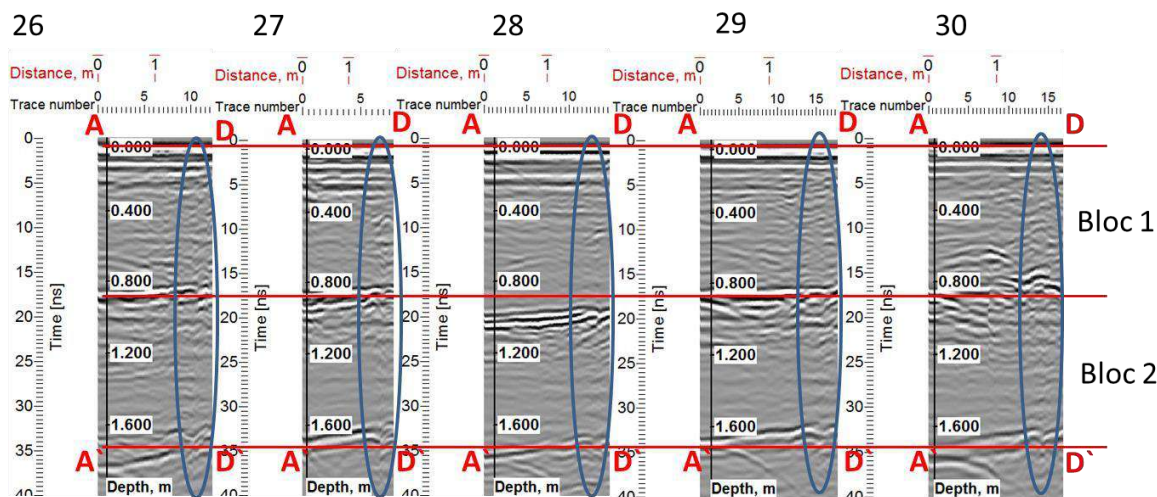


Figura 10 Radargrame obtinute pe inaltimea coloanei 2, fata "a"

1.2.2 Coloana 2, fata "a": Latime

Pe latime sunt evidentiata aceleasi doua blocuri de piatra, suprafetele acestora fiind marcate cu rosu.

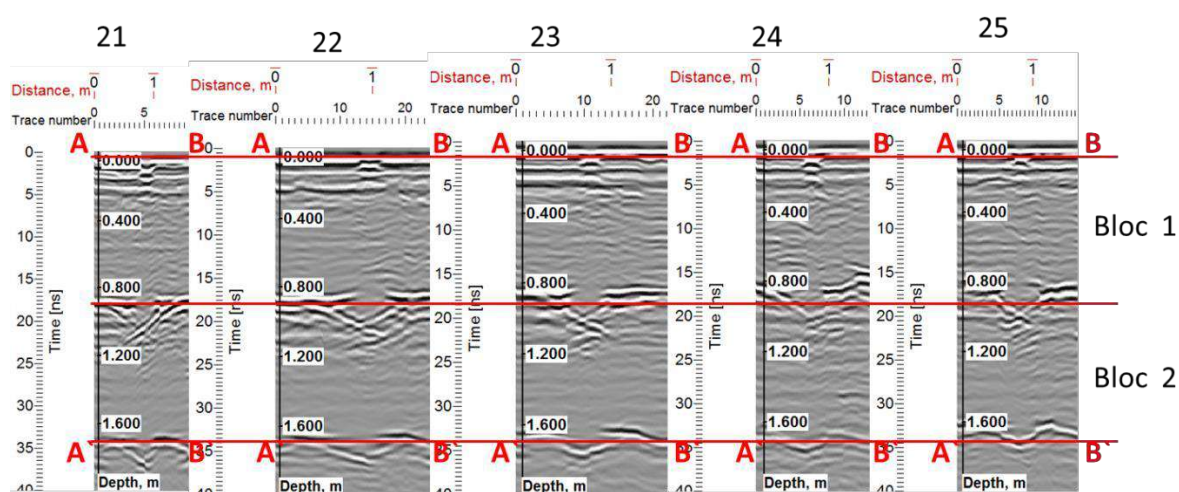


Figura 11 Radargrame inregistrate pe latimea coloanei 2, fata "a"

1.2.3 Coloana 2, fata "b": Inaltime

Radargramele obtinute pe fata "b" a coloanei 2, evidentiaza existenta altor doua blocuri de piatra. Astfel si a doua coloana este alcatuita din patru blocuri de piatra, pana la inaltimea de 1,6 metri.

Incepand cu inaltimea de 1,6 metri pe radargrama se observa o modificare a propagarii radiatiei electromagnetice, ce poate fi interpretata ca inceperea unui nou rand de blocuri de travertin.

Radargrama 38, obtinuta in urma masuratorilor din zona decorata, prezinta zonele de granita dintre cele doua blocuri, la o alta valoare a adancimii, datorita lipsei materialului.

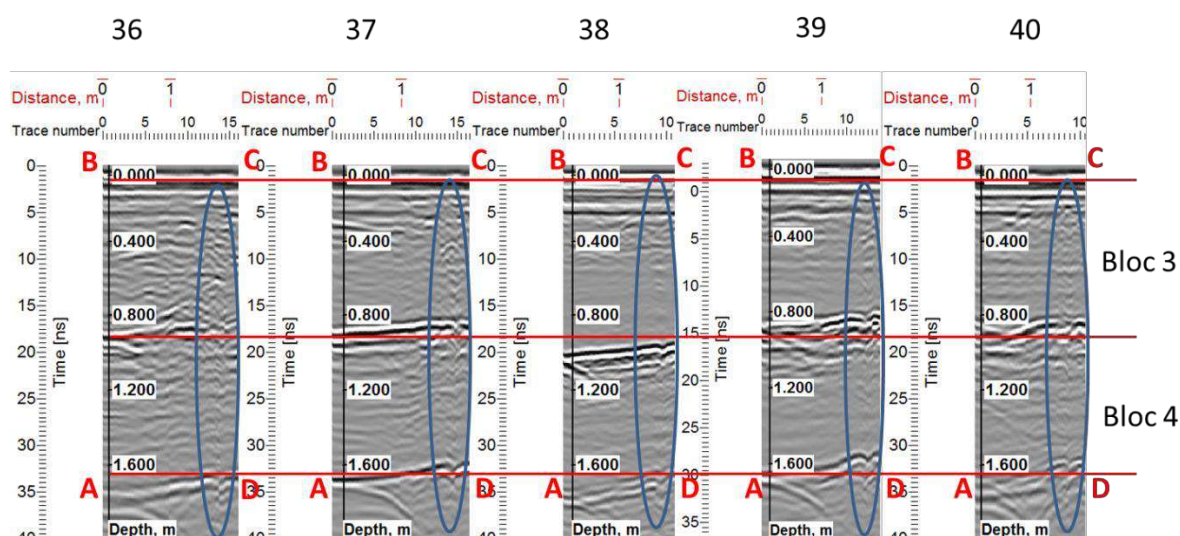


Figura 12 Radargrame inregistrate pe inaltimea coloanei 2, fata "b"

1.2.4 Coloana 2, fata "b": Latime

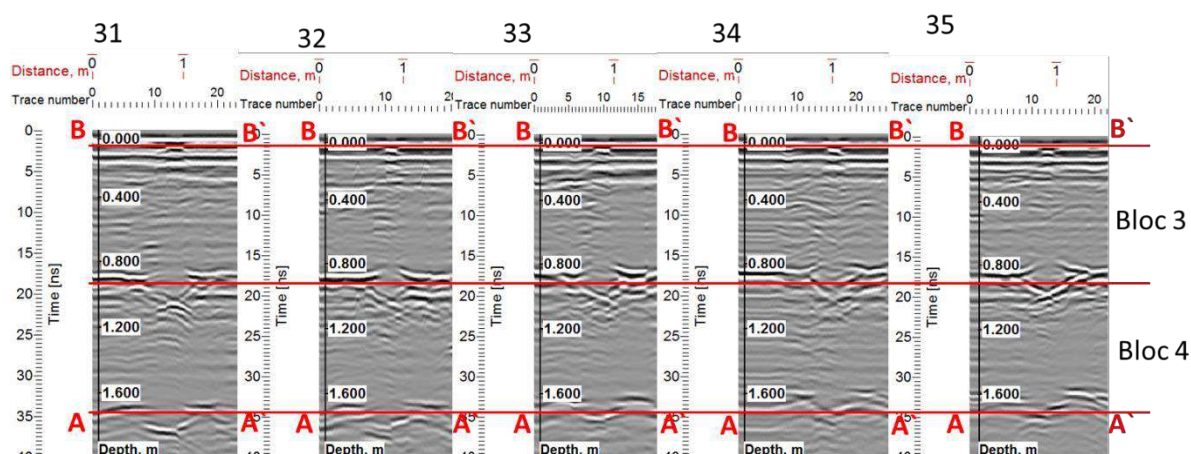
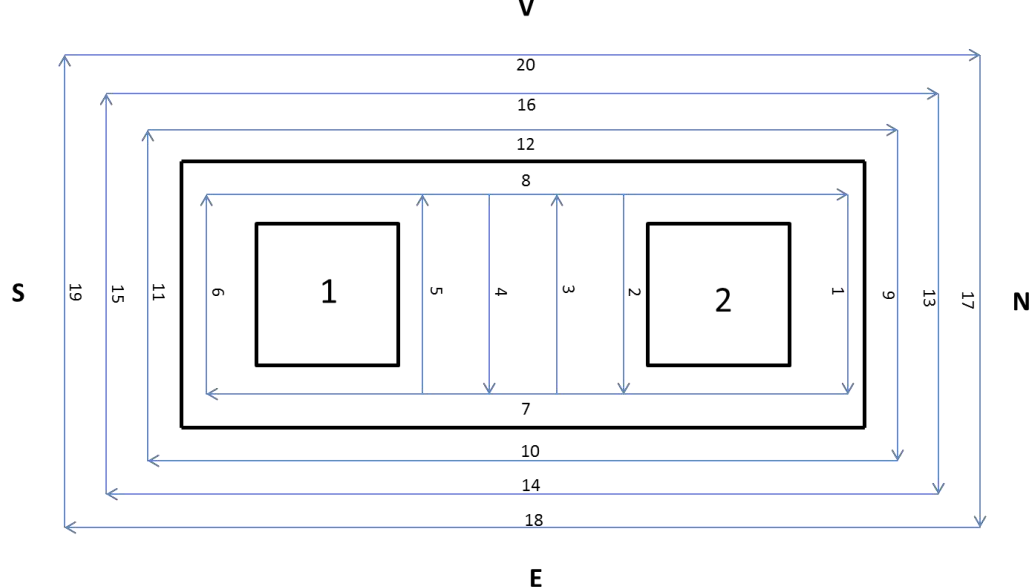


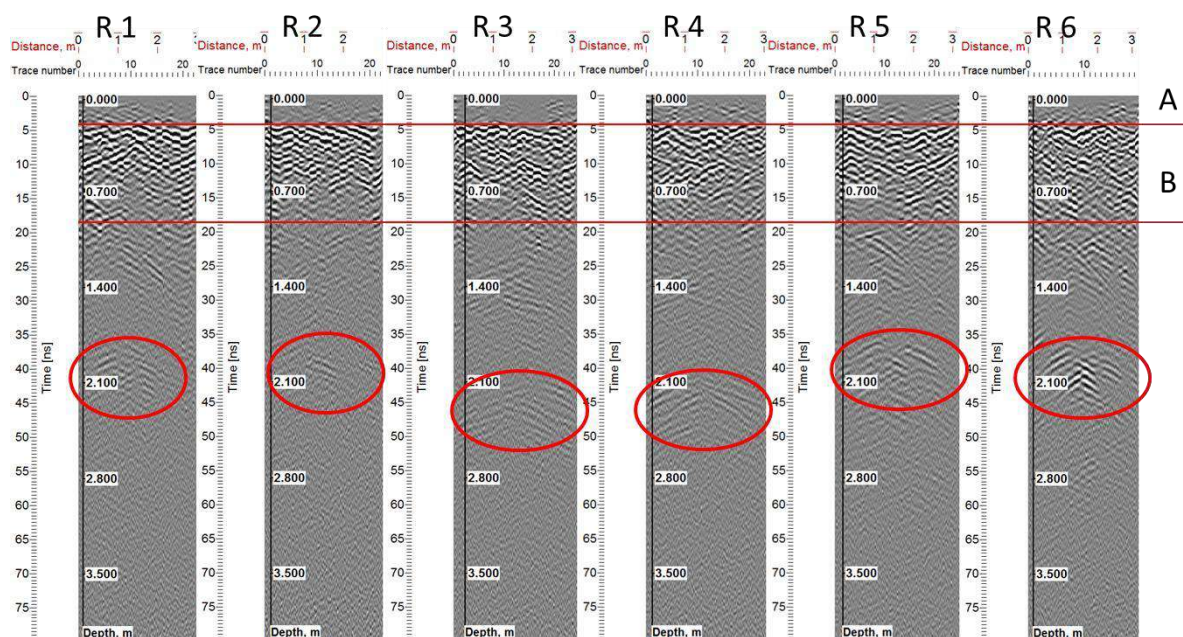
Figura 13 Radargrame efectuate pe latimea coloanei 2, fata "b"

Radargramele efectuate pe latimea fetei "b", a celei de a 2 a coloane, scot in evidenta aceleasi doua blocuri de piatra observate si in radargramele de pe inaltime.



2.1 Investigatii efectuate pe postament:

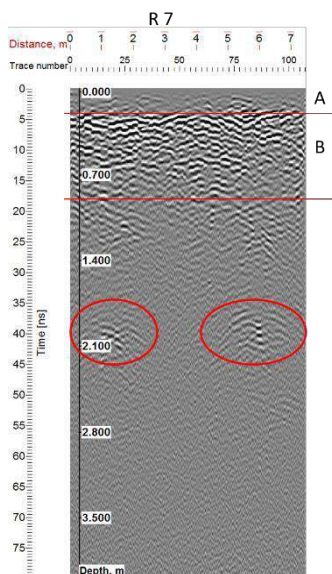
Directii deplasare: E-V si V-E



In aceste radargrame sunt observabile 3 straturi diferite, granitele dintre ele fiind marcate cu linii rosii. Primul strat „A” reprezinta postamentul pe care se afla monumentul si are o grosime de aproximativ 12 cm. Stratul „B”, ce ajunge pana la adancimea de 0,8 metri, evidentiaza o neuniformitate a solului, datorata probabil unor sapaturi mai vechi. De la acest strat in jos se observa o uniformizare a stratului.

Zonele incercuite cu rosu reprezinta o perturbare a radiatiei electromagnetice, reflexii provocate de prezenta coloanelor, la adancimea de 2,1 metri.

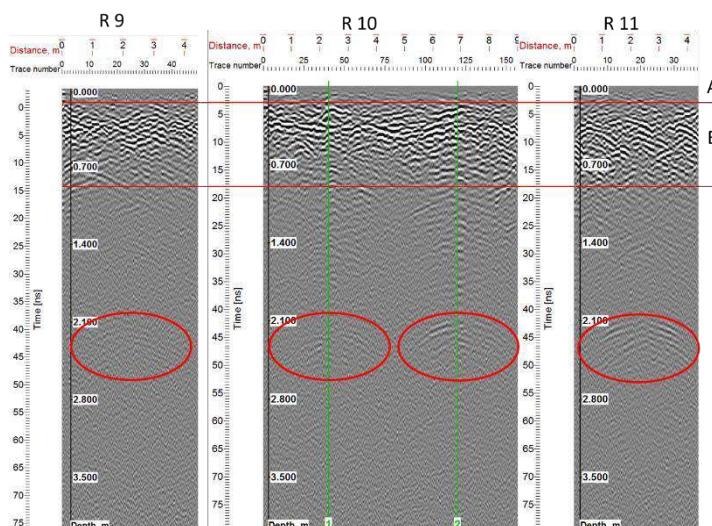
Directii deplasare: N-S



În înregistrarea efectuată perpendicular pe cele anterior prezentate, se observă aceleași răspunsuri, respectiv cele 3 straturi și reflexii ale celor două coloane la adâncimea de 2 metri.

2.2 Investigatii efectuate in jurul postamentului:

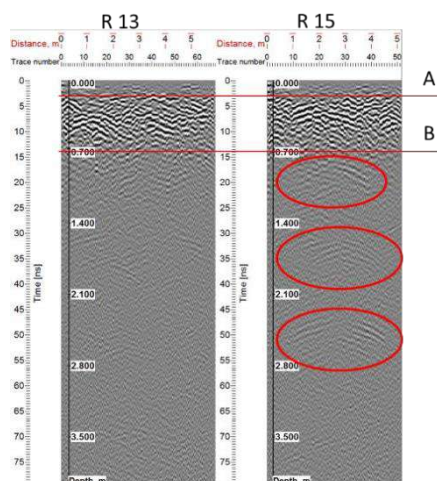
Aceste radargrame prezintă aceeași structură a solului, însă de această dată primul strat „A” nu se mai datorează postamentului, ci stratului de beton a aleii parcului, grosimea acestuia fiind de aproximativ 7 cm.



De asemenea, aceleași reflexii provocate de coloane sunt observabile, însă la o adâncime mai mare, de aproximativ 2,2 metri. În radargrama cu numărul 16, liniile verzi sunt semne puse din timpul achiziției datelor pe înregistrare și marchează poziția lampilor de iluminat situate la nivelul solului.

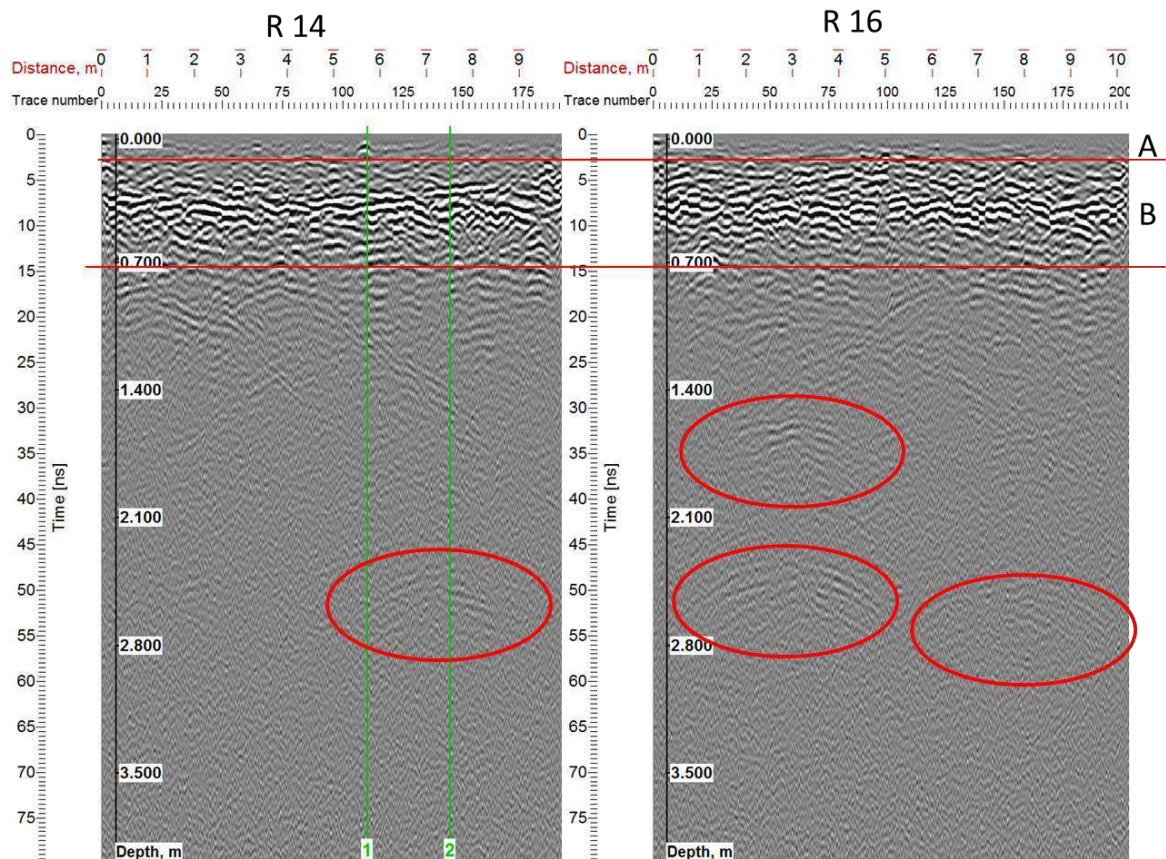
2.3 Investigatii efectuate in jurul postamentului la distanta de 1 m:

Directii deplasare: V-E și E-V



În general se poate observa aceeași dispunere a straturilor. Și în radargrama 24 se observă numeroase reflexii produse datorită prezentei coloanei la adâncimea de 0,8, 1,5 și 2,2 metri.

Directii deplasare: S-N și N-S

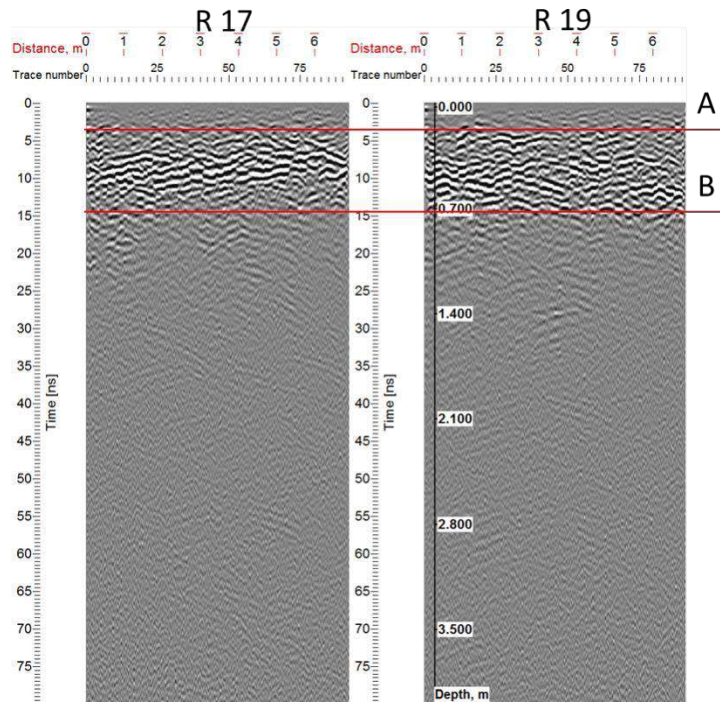


In radargrama 16 se observa reflexii a ambilor stalpi la adancimea de 2,5 metri, coloana 1 producand o reflexie si la adancimea de 1,5 metri. Radgrama 14 prezinta o singura reflexie la adancimea de 2,5 metri.

2.4 Investigatii efectuate in jurul postamentului la distanta de 2 m:

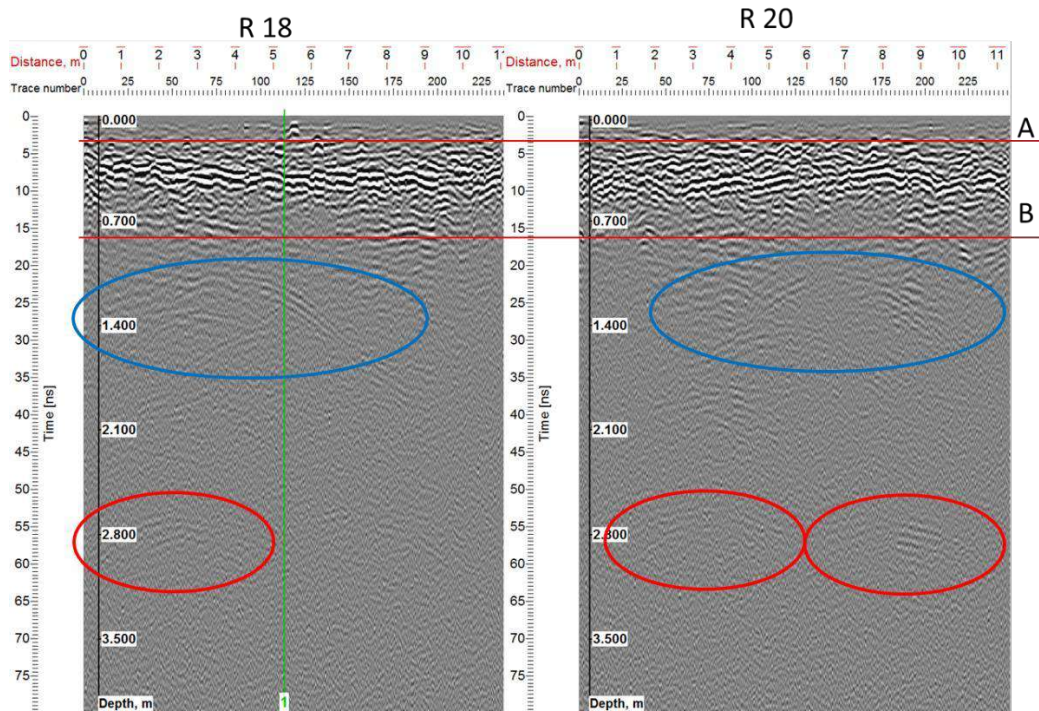
Directii deplasare: V-E si E-V

In cazul acestor radargrame nu mai sunt vizibile decat straturile solului, reflexiile coloanelor lipsind.



Directii deplasare: S-N si N-S

Radargramele 25 si 27 prezinta reflexii produse de coloane in sa la adancimea de 2,8 metri (datorita indepartarii de acestea). Un alt raspuns observabil in ambele inregistrari, la adancimea de 1 metru, este aparitia unor hiperbole. Acestea au aceasi forma si sunt evidentiuate la aceeasi adancime, desi zonele in care apar sunt la distanta de aproximativ 6 metri.



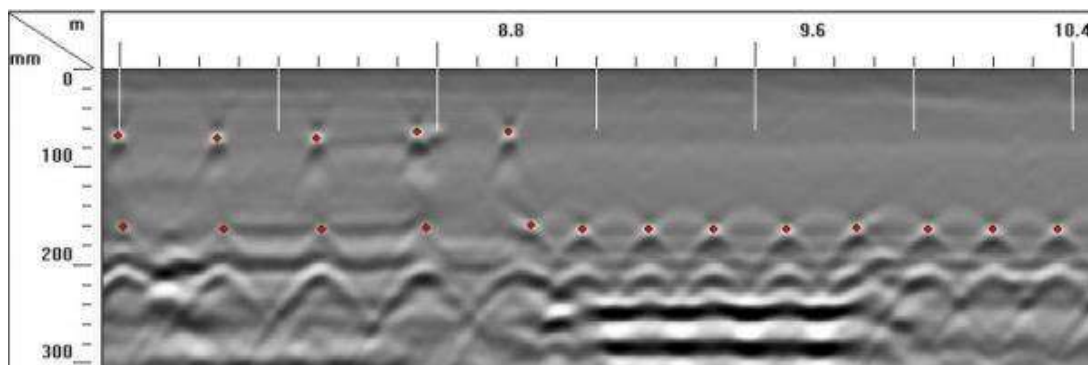
Concluzii:

Investigatii verticale coloane:

- Fiecare coloana este alcatuita din 8 blocuri distincte.
- Granitele dintre blocuri sunt vizibile in radargrame datorita diferentei caracteristicilor fizice ale materialului de legatura, fapt ce duce la aparitia reflexiilor undelor electromagnetice si la schimbarea vitezei de deplasare a acestora
- Radargramele efectuate in zona decorata prezinta o modificare a adancimii la care se observa granita dintre cele doua blocuri, denivelarea suprafetei ducand la modificarea vitezei de propagare a radiatiei electromagnetice.
- Undele electromagnetice s-au propagat de pe o fata a coloanei pana la cea opusa, astfel fiind investigata in profunzime toata coloana.
- Propagarea radiatiei electromagnetice este influentata de prezenta metalului (se produc reflexii puternice) in profunzimea zonei investigate. In cazul prezentat nu sunt observabile astfel de reflexii. Pentru intelegerea mai buna a celor subliniate, sunt expuse mai jos doua teste compartative din literatura de specialitate. Totodata s-au realizat teste complementare in santier deschis, in care s-au analizat cu acelasi echipament si in aceleasi conditii, blocuri din beton cu dimensiuni similare si insertii metalice (datele vor putea fi anexate la raportul complet, daca se va considera necesar). Dupa cum anterior s-a mai subliniat, s-a conceput si un test de control cu proba „fantomă” care se va face o data cu analiza radra a lintoului si care va putea valida rezultatele preliminare. Accentuam aici si propunerea ca analizele sa fie interpretate si in colaborare cu ingineri specializati in structura constructiilor.
- Deoarece a fost folosita o metoda manuala de trigerare radargramele nu au un numar egal de trace-uri, datorita vitezei de deplasare a antenei in timpul achizitiei datelor.

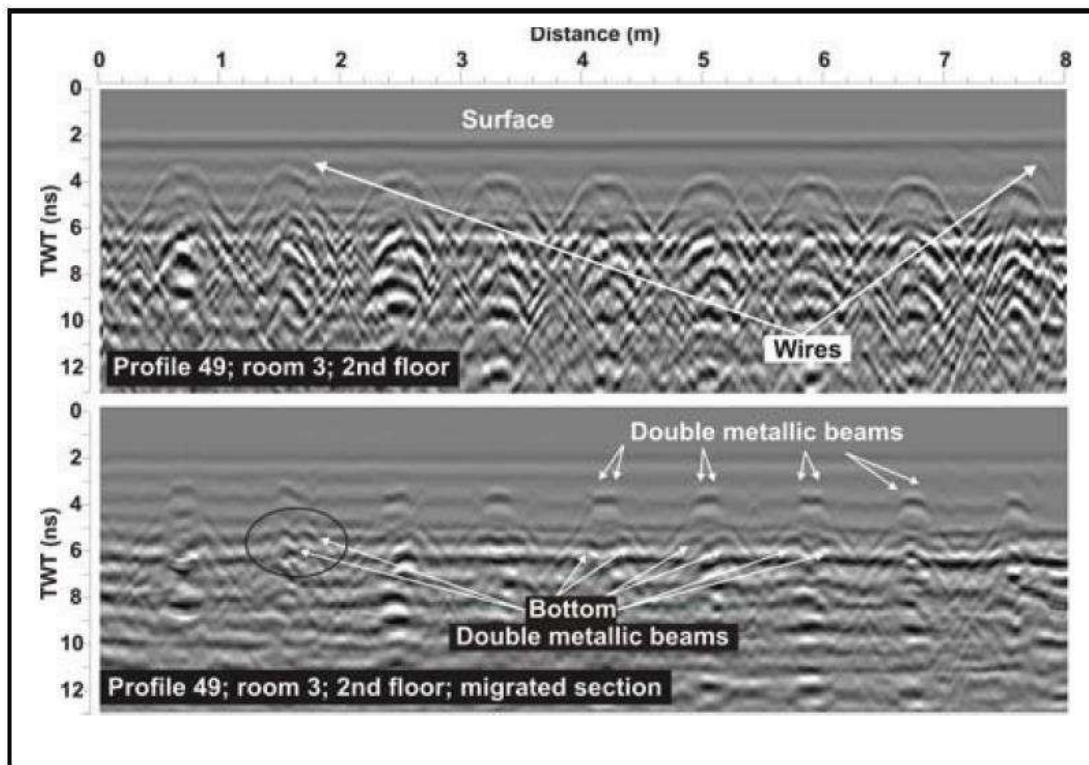
Teste comparative

<http://www.groundpenetratingradar.co.uk/ground-penetrating-radar-surveys/locating-deep-rebar.html>



GPR resolution in Cultural Heritage applications- V. Pérez-Gracia, D. Di Capua, R. González-Drigo, O. Caselles, L.G. Pujades, V. Salinas

<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/8409/GPR%20resolucion.pdf?sequence=1>



Aspecte ale analizei colorimetrice, investigațiilor prin microscopie optica și a emisivității termice

Pentru prezentarea metodei de înregistrare a parametrilor de culoare și pentru demonstrarea influenței majore a condițiilor de mediu, a stării suprafeței etc. la momentul determinarilor, sunt prezentate în continuare analizele pentru 12 puncte alese, marcate în imaginile însoțitoare. Datele achiziționate sunt precedate de prezentarea sintetică a sistemului de culoare și de un scurt comentariu privind emisivitatea termică.

Sisteme colorimetrice

Senzația de culoare este rezultatul impresiei specifice creată pe retină de radiațiile de lumină de diverse frecvențe și lungimi de undă pe care le reflectă corpurile sau pe care le emite o sursă luminoasă. Mecanismul intim fiziologic al vederii cromatice nu este explicat de teoria tricromatică și de cea a culorilor opuse. Mai exact, diversele elemente fotosensibile ale retinei (bastonașe, conuri) conțin substanțe ce suferă transformări fotochimice sub acțiunea luminii, rezultatul fiind o eliberare de energie sub formă de biocurenți. Energia eliberată determină anumite discontinuități ale echilibrului electric putând fi transmise prin intermediul nervului optic către creier, în centrii specializați (lobii occipitali), destinați percepției senzațiilor vizuale de lumină și culoare.

Caracteristicile fizice de bază cu care putem defini vibrațiile de lumină, și deci și de culoare, sunt lungimea de undă – ce determină cromatismul, culoarea, deci calitatea energiei radiante, respectiv amplitudinea - ce determină strălucirea, luminozitatea, deci cantitatea energiei radiante.

Culoarea, ca senzație, va fi definită prin trei elemente:

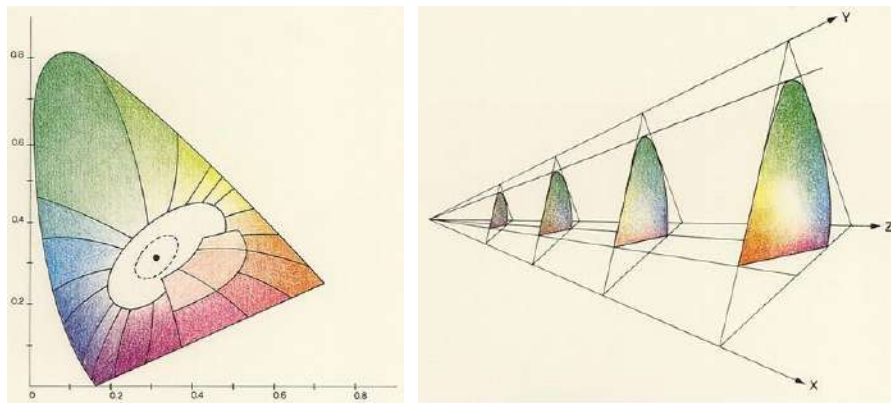
- tenta (cromatismul), generată de anumite radiații luminoase măsurabile colorimetric în lungimi de undă; se crede că ochiul uman poate percepe între 160 și 200 de variații cromatice, tonuri derivate prin amestecul culorilor cuprinse în spectrul solar, la care se adaugă aproximativ 100 de nuanțe purpurii, obținute prin amestecul roșului cu violetul – culori aflate la extremitățile benzii spectrale;
- luminozitatea (strălucirea) dată de raportul dintre intensitatea luminii emise de sursă (luminiscentă) și intensitatea luminii reflectate de suprafața luminată (factor de luminiscentă); o suprafață care reflectă (aproape) în totalitate lumina primită va fi percepută drept albă, în timp ce negrul va rezulta prin absorbția (a aproape) tuturor radiațiilor incidente

- puritatea (saturația), gradul de intensitate cromatică; aceasta depinde de diferitele lungimi de undă pe care le percepem simultan – cu cât lungimile de undă vor fi mai uniforme cu atât culoarea apare mai saturată, mai pură; o culoare saturată la maximum se va produce prin reflexia totală a acelei culori, fenomen însoțit de o absorbție selectivă, completă, a celorlalte culori din spectrul vizibil;

Necesitatea înțelegerii relațiilor dintre culori a condus la dezvoltarea unei palete variate de sisteme și reprezentări grafice, cele mai complexe permițând cuprinderea tuturor celor trei caractere de bază ale culorii. Amintim, cercul cromatic al lui Newton (sfârșitul secolului al XVII-lea); triunghiul culorilor, după matematicianul german Johann Zahn (1684); cercul culorilor, după Goethe (1807); triunghiul, cercul și sfera culorilor, după pictorul german Otto Runge (1810); banda, cercul și sfera culorilor, după Albert Munsell (1913); cercul complex, steaua și sfera culorilor, după Johannes Itten (1961).

Spații de culoare. Sistemul colorimetric CIE $L^*a^*b^*$

Un sistem tricromatic poate defini orice culoare drept combinația a trei culori de bază în cantități unic precizate (culorile fundamentale sunt alese astfel încât nici una să nu poată fi obținută prin amestecul celorlalte două). Într-un sistem tricromatic orice culoare monocromatică spectrală este caracterizată prin trei valori numite valori spectrale sau coeficienți de distribuție. Pot exista culori care sunt caracterizate și prin coeficienți negativi, coordonate negative ale culorilor de bază. Astfel, pentru a elimina valorile negative la precizarea unei culori, au fost definite trei culori virtuale (notate cu X, Y, Z) ce constituie și valorile fundamentale ale culorii în sistemul tricromatic CIE (*Commission Internationale De L'Eclairage*), fiind denumite și coordonate tricromatice sau valori tristimulus.



Spațiul culorilor în sistemul de coordonate CIE XYZ

În sistemul CIE, orice culoare poate fi reprezentată grafic într-un sistem tridimensional printr-un punct de coordonate (X,Y,Z), spațiul culorilor fiind practic dat de totalitatea punctelor ce corespund tuturor culorilor posibile. Măsurarea culorilor va consta în determinarea valorilor X, Y, Z luând în considerare factorii fundamentali ce caracterizează culoarea, și anume: iluminatorul (sursa de lumină) – reprezentat prin curba de distribuție a energiei $E(\lambda)$; obiectul analizat, reprezentat prin curbele de reflexie $R(\lambda)$; senzorul (ochiul uman) caracterizat prin curbele de distribuție spectrală $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$. Pentru o lungime de undă λ , energia transmisă de corpul analizat este egală cu produsul $E(\lambda) \cdot R(\lambda)$, iar pentru toate lungimile de undă ale spectrului vizibil (ϕ) energia transmisă va fi data de relația $\sum E(\lambda) \cdot R(\lambda)$.

Interacțiunea iluminant-corp va fi dată de următoarele formule de calcul:

$$X = \sum_{\lambda=380}^{770} E(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda)$$

$$Y = \sum_{\lambda=380}^{770} E(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda)$$

$$Z = \sum_{\lambda=380}^{770} E(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda)$$

În cazul sistemului CIE LAB 76, coordonatele tricromatice X, Y, Z sunt transformate în alte trei coordonate, anume L^* (coordonata luminozitate), a^* (coordonata roșu-verde), b^* (coordonata galben-albastru), definite prin relațiile:

$$L^* = 116 \cdot f(Y/Y_0)$$

$$a^* = 500 \cdot [f(X/X_0) - f(Y/Y_0)]$$

$$b^* = 200 \cdot [f(Y/Y_0) - f(Z/Z_0)]$$

unde (X_0, Y_0, Z_0) reprezintă coordonatele tricromatice care se obțin în cazul unui material cu suprafața perfect alba.

Diferența de culoare ΔE^* dintre două culori va fi dată de distanța geometrică (euclidiană) dintre punctele corespunzătoare din spațiul culorilor:

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

unde ΔL^* , Δa^* , Δb^* reprezintă diferența de luminozitate, respectiv diferența dintre coordonatele roșu-verde, galben-albastru, dintre cele două puncte analizate.

În cadrul măsurătorilor colorimetrice se vor specifica tipul standard de observator (câmp vizual de 2° – CIE 1931, respectiv 10° – CIE 1964), și sursa standard de iluminat (ex. D₆₅ – lumina zilei la amiază cu o temperatură a culorii de 6504K)

Emisivitatea termica

Explicarea fenomenelor de emisie și absorbție a radiațiilor se bazează pe cunoașterea proceselor interatomice ce au loc la nivelul materiei. În funcție de calitatea suprafeței, de natura și dimensiunile corpului, radiațiile ce cad pe suprafața unui corp pot să se reflecte, să fie absorbite sau să străbată corpul respectiv. Emisivitatea (e) reprezintă mărimea ce caracterizează radiația din punct de vedere energetic, și se definește ca energia totală radiată de unitatea de suprafață a unui corp, în unitatea de timp. Conform legii lui Plank, ce se bazează pe cuantificarea energiei radiante, pentru corpul negru, intensitatea radiațiilor termice depinde de lungimea de undă și de temperatura termodinamică a corpului. Mai exact, energia radiațiilor nu este distribuită uniform în spațiu și variază cu lungimea de undă, radiațiile în infraroșu având un maxim de transport pe energia termică. Se definește coeficientul de emisivitate - ε , ce depinde de natura și gradul de prelucrare a suprafețelor corpului radiant. În cazul materialelor metalice emisivitatea crește odată cu creșterea temperaturii, în timp ce în cazul materialelor nemetalice emisivitatea scade.

Valorile determinarilor în cele 12 puncte arată fără dubiu că valorile parametrilor de culoare variază imediat cu parametrii emisivității (e). În concluzie, cartarea parametrilor de culoare se poate face într-un număr mare de puncte, în ciuda faptului că este o operație laborioasă, dar trebuie menționat că obligatoriu trebuie să fie însoțită și de cartarea altor parametri fizico-chimici. Preocuparea pentru acest aspect a fost generată și de dezbaterile privind dinamica suprafeței și de aceea, pentru analiză și interpretarea datelor s-au adăugat informațiile obținute prin microscopie optică. Acestea au un rol important pentru controlul suprafeței și interpretarea mecanismelor de degradare, fiind strict necesar să fie studiate împreună cu specialiștii geologi.

În prezentul raport sunt prezentate înregistrările prin microscopie optică pentru o serie de limitate de puncte, alese astfel încât să cuprindă o varietate cât mai cuprinzătoare din particularitățile materialului (cuiburi de oxizi, aglomerări, inomogenități etc.). Selecția a fost făcută pentru a prezenta posibilitățile de achiziție și de coroborare a datelor (colorimetri, emisivitate, microscopie – în această primă etapă), care să fie analizate de geolog și restaurator, ulterior adaptată cerințelor lor. Menționez că datele se pot acumula treptat în mai multe campanii, ajungând să completeze întreaga suprafață cercetată. Pentru achiziția acestui set de date este, de asemenea, necesară schela.

Sintetic, putem imediat observa variațiile de emisivitate și de culoare (ΔE) pentru cele 12 puncte.

Tabel valori emisivității și variație cromatică

Punct	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$e_{S\text{ uscată}}$	0.85	0.83	0.81	0.80	0.82	0.85	0.82	0.82	0.87	0.83	0.80	0.81
$e_{S\text{ umedă}}$	0.83	0.82	0.87	0.80	0.81	0.83	0.81	0.81	0.80	0.82	0.89	0.85
ΔE	5,09	9,44	9,43	4,37	6,89	3,97	15,31	7,23	2,73	7,96	13,77	12,24

unde,

$e_{S\text{ uscată}}$ - emisivitate pe suprafață uscată

$e_{S\text{ umedă}}$ - emisivitate pe suprafață umedă

ΔE - variație cromatică (colorimetrie umed-colorimetrie uscat)

**Propunere pentru elaborarea unei metode de
determinare ai parametrilor de culoare in situ**

Suprafață uscată			
1	L*	a*	b*
	58,48667	2	11,05

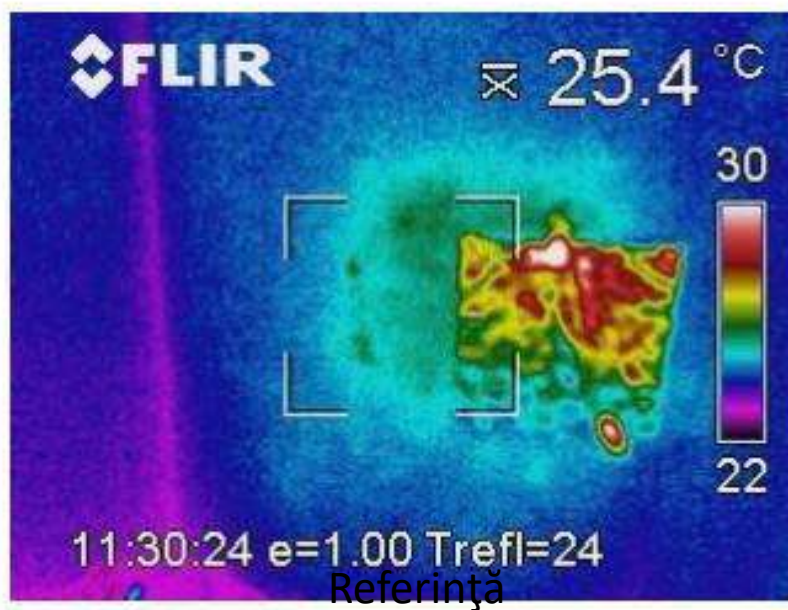
Suprafață umedă			
1	L*	a*	b*
	60,46	3,57	15,47

Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul CIE L*a*b*

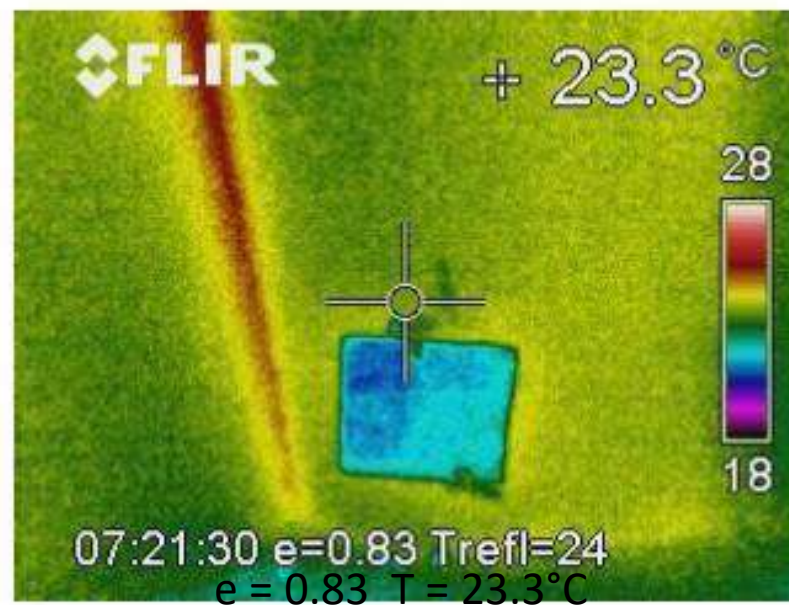
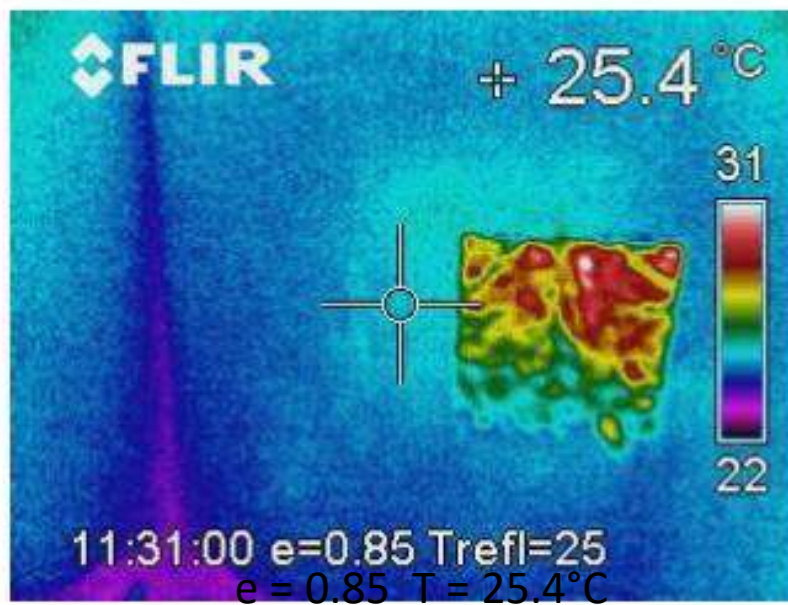
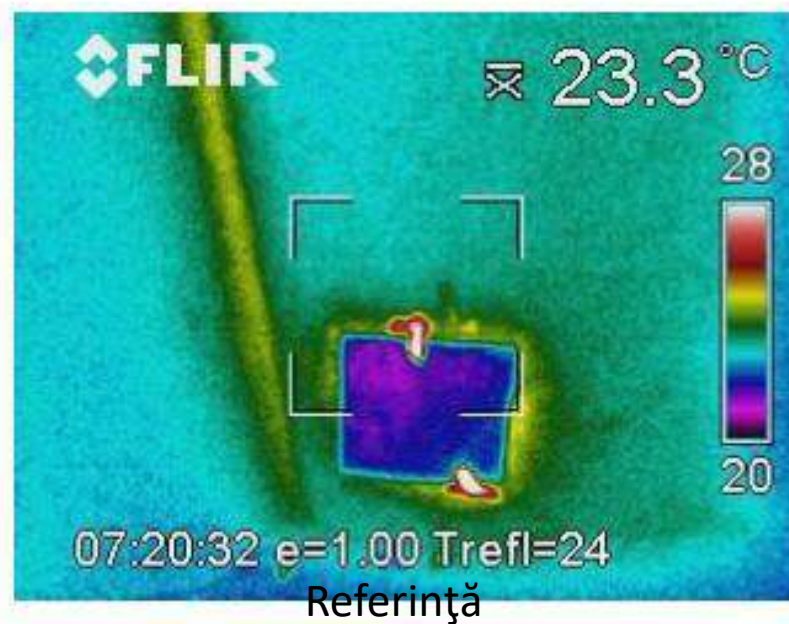


Coloana de sud. Verdere dinspre vest

Suprafață uscată



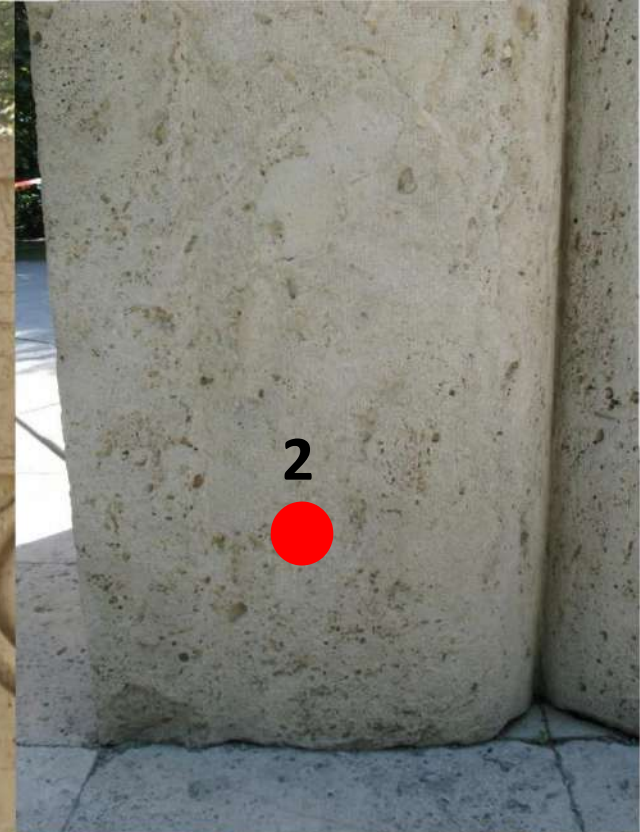
Suprafață umedă



Suprafață uscată			
2	L*	a*	b*
	60,79	2,15	11,54

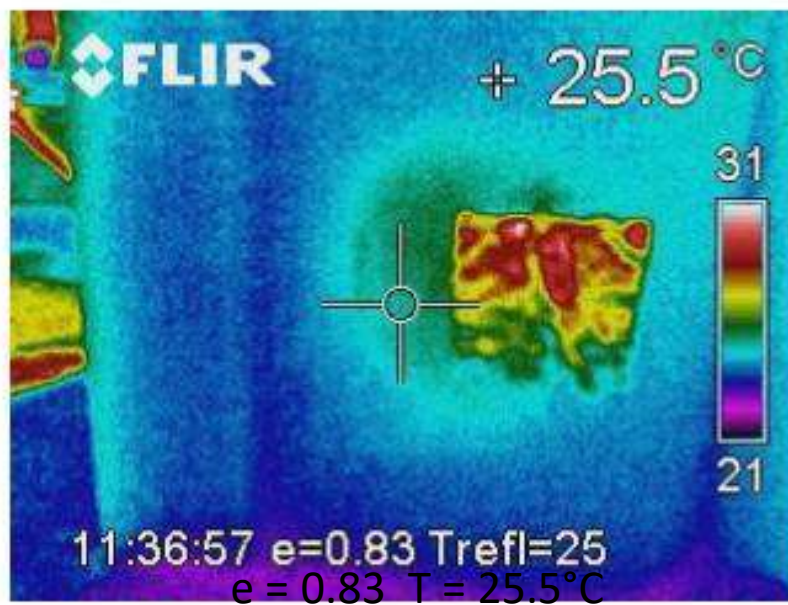
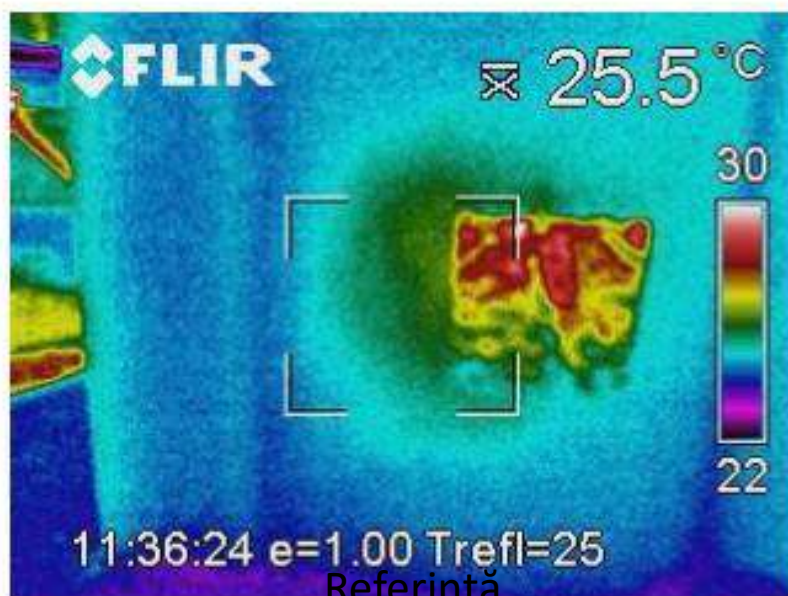
Suprafață umedă			
2	L*	a*	b*
	68,23	3,62	17,16

Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul CIE L*a*b*

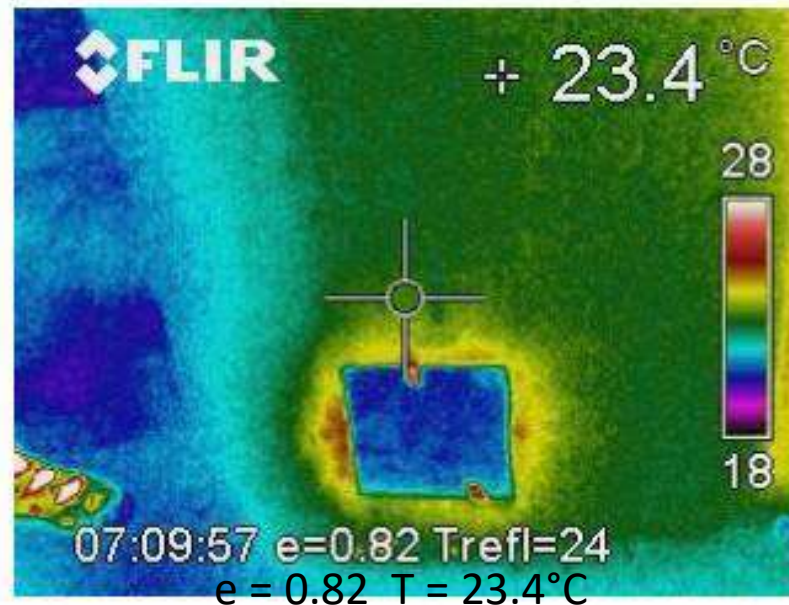
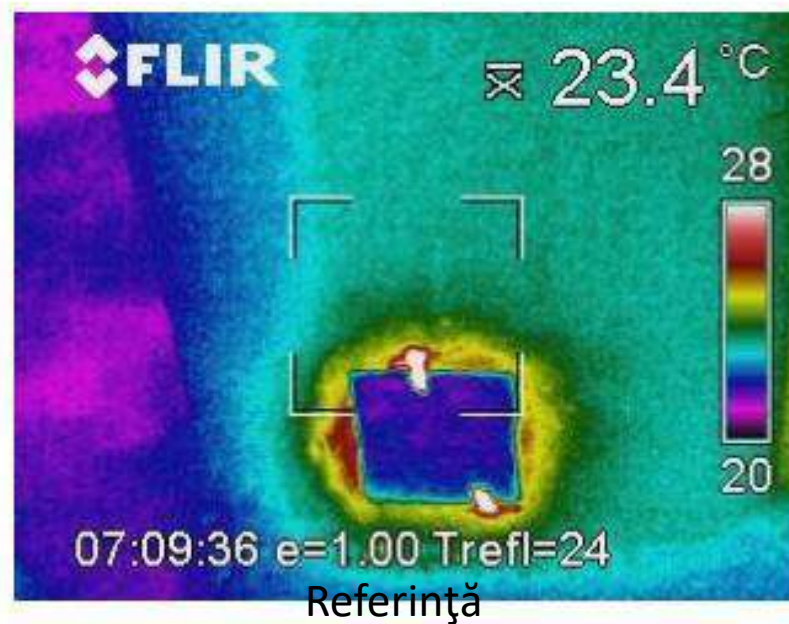


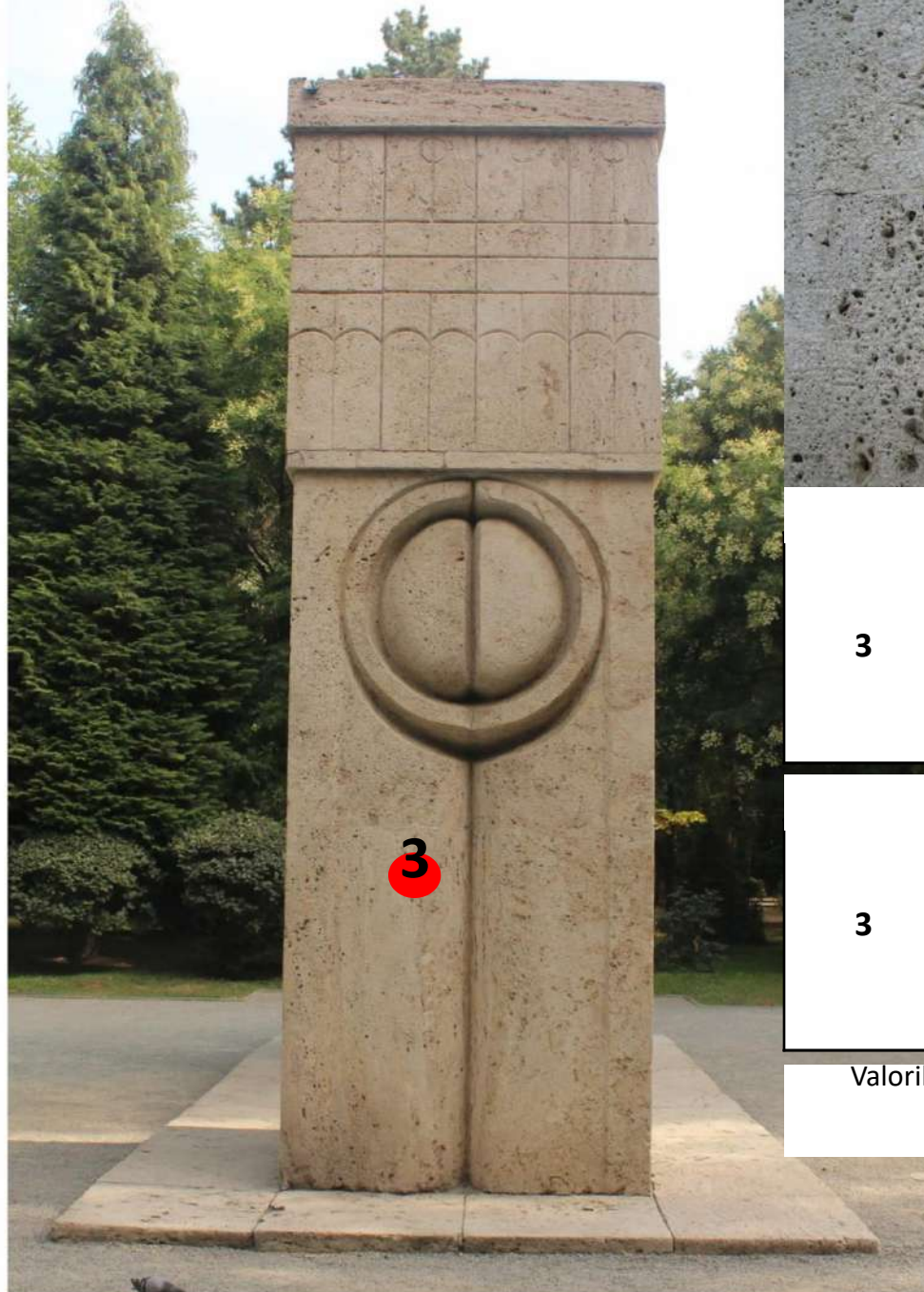
Coloana de sud. Verdele dinspre vest

Suprafață uscată



Suprafață umedă





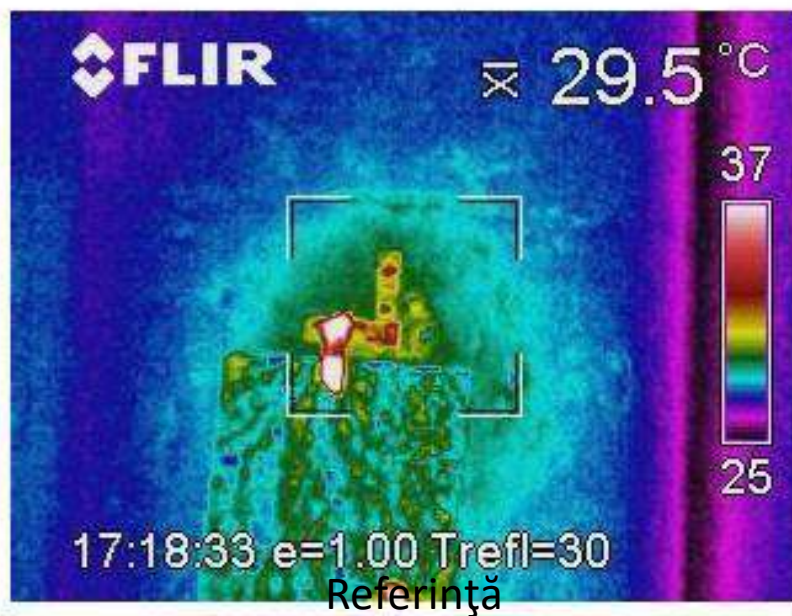
Suprafață uscată			
3	L*	a*	b*
	73,72	1,24	8,57

Suprafață umedă			
3	L*	a*	b*
	67,65	3,57	15,40

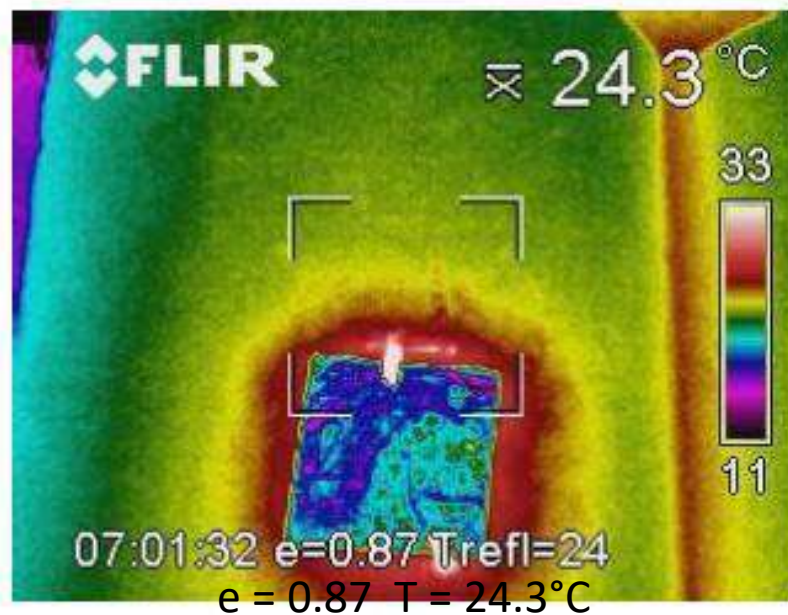
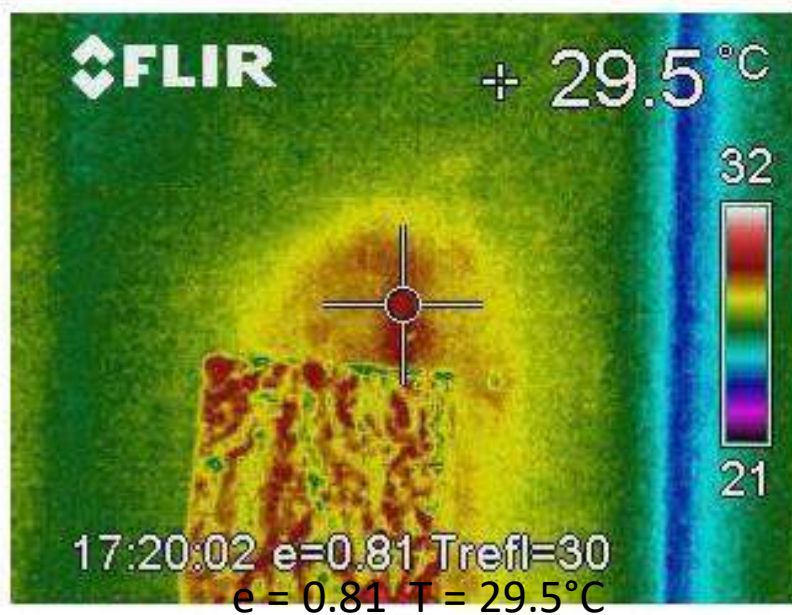
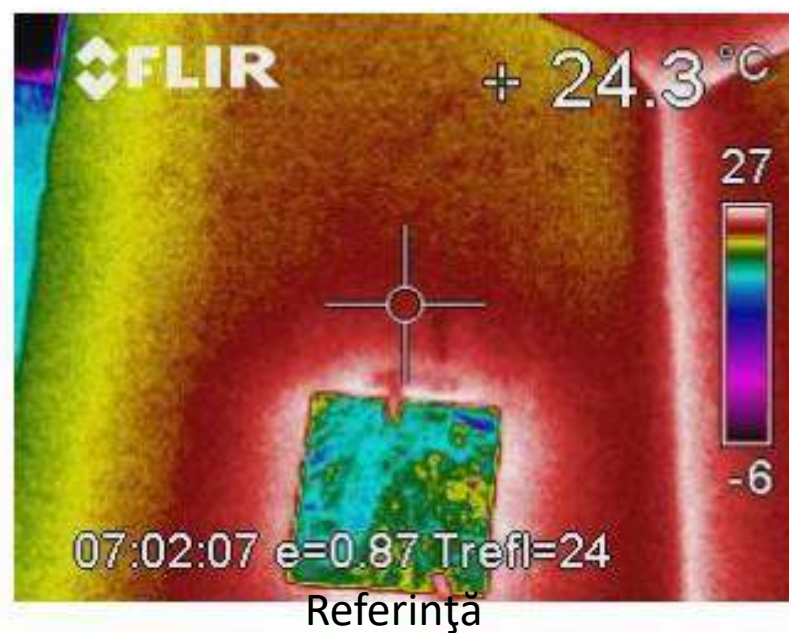
Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul
CIE L*a*b*

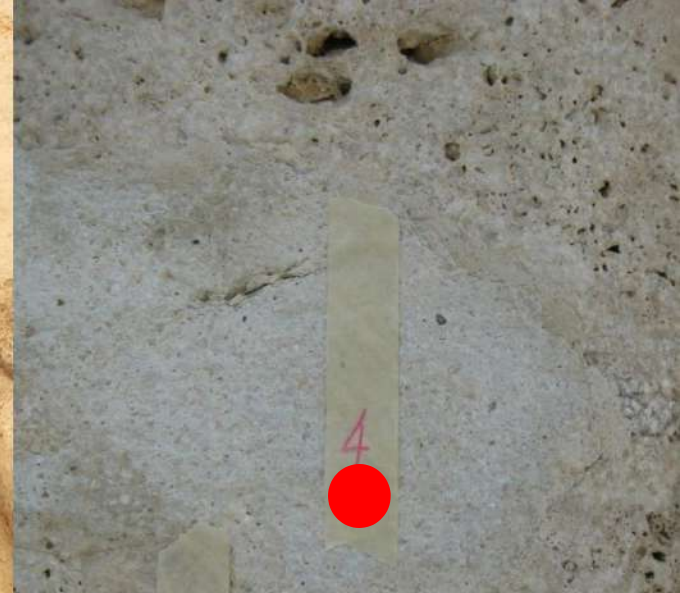
Coloana de sud. Verde din sud

Suprafață uscată



Suprafață umedă





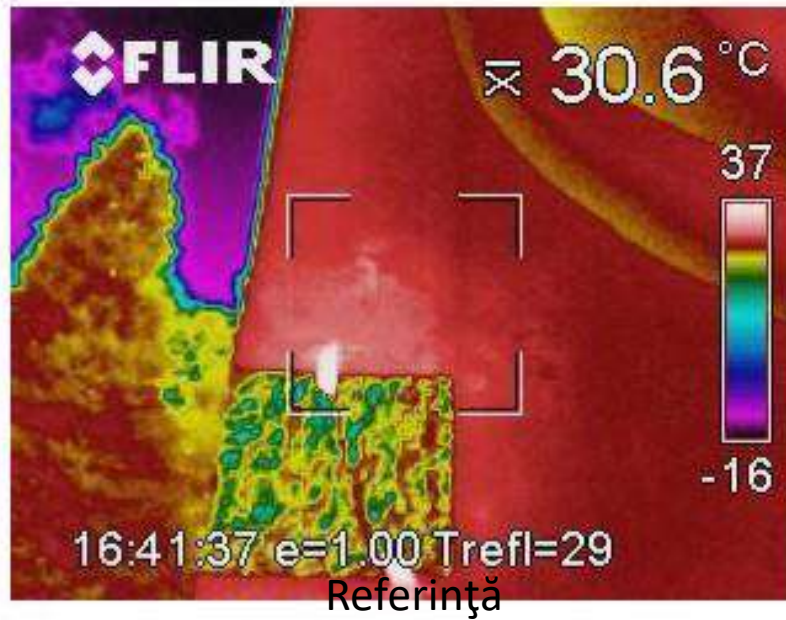
Suprafață uscată			
4	L*	a*	b*
	77,42	1,41	10,16

Suprafață umedă			
4	L*	a*	b*
	80,90	0,69	7,61

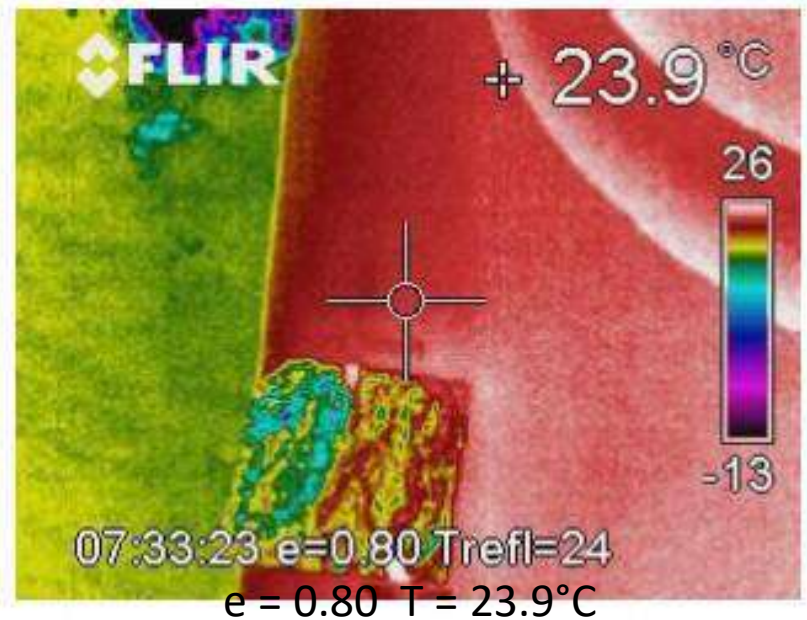
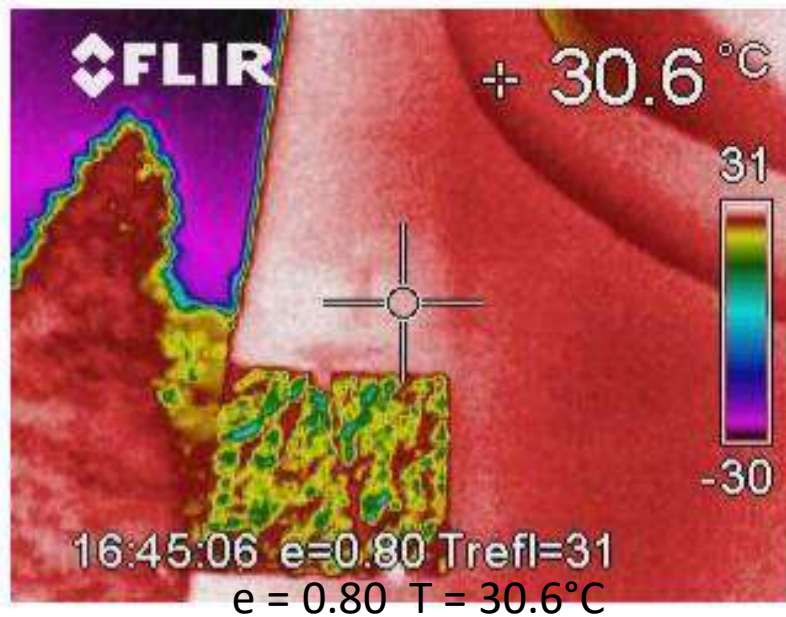
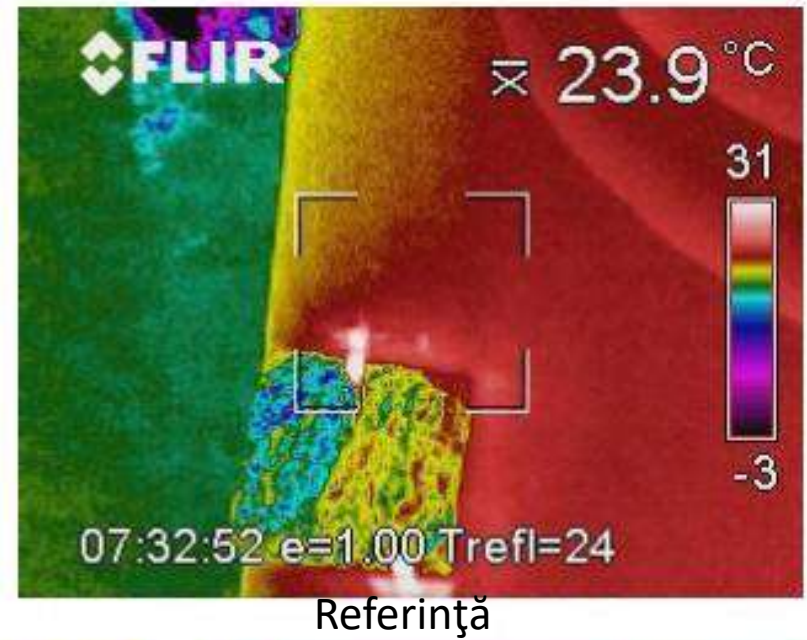
Valorile numerice ale coordonatelor de culoare
în sistemul CIE L*a*b*

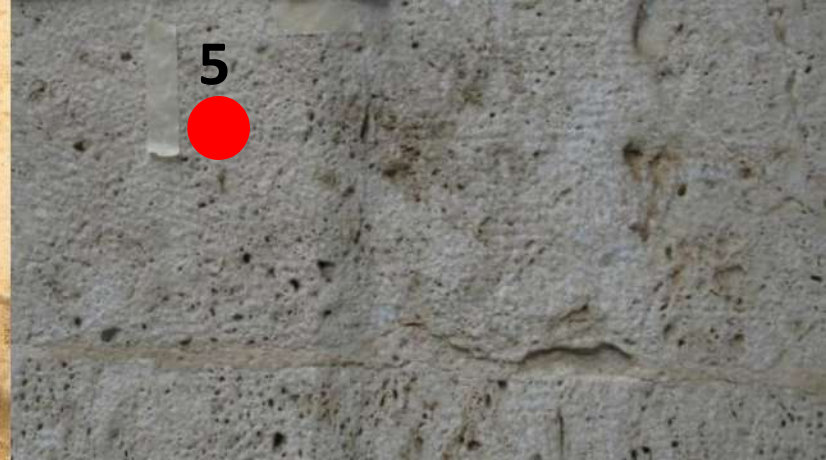
Coloana de nord - interior. Partea superioară

Suprafață uscată



Suprafață umedă





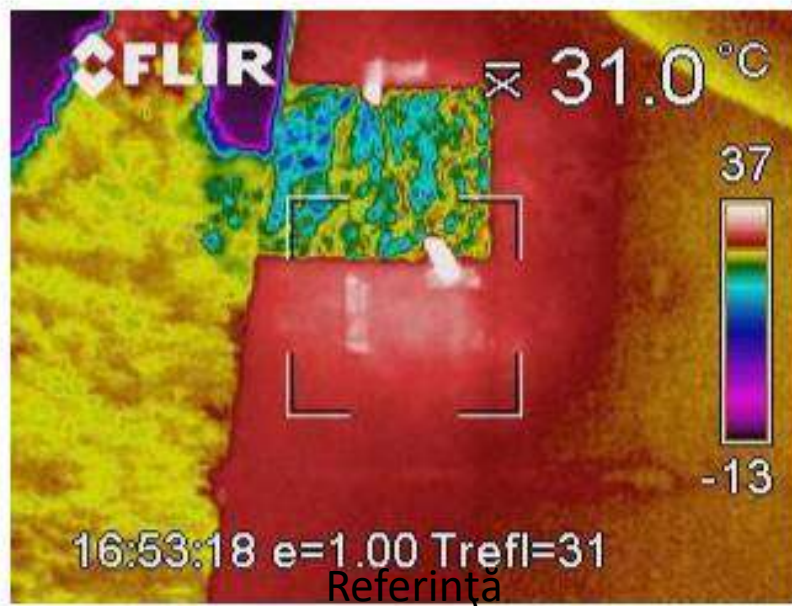
Suprafață uscată			
5	L*	a*	b*
	66,29	3,45	14,62

Suprafață umedă			
5	L*	a*	b*
	73,16	3,17	15,07

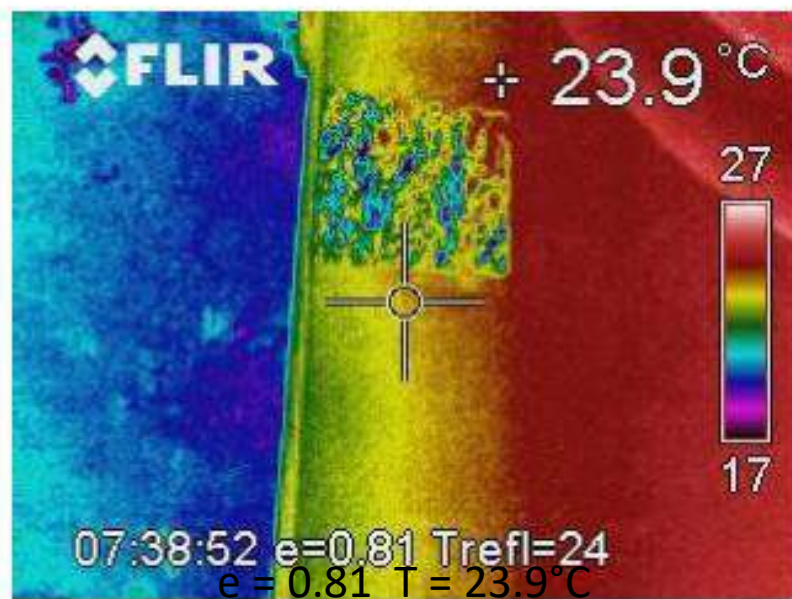
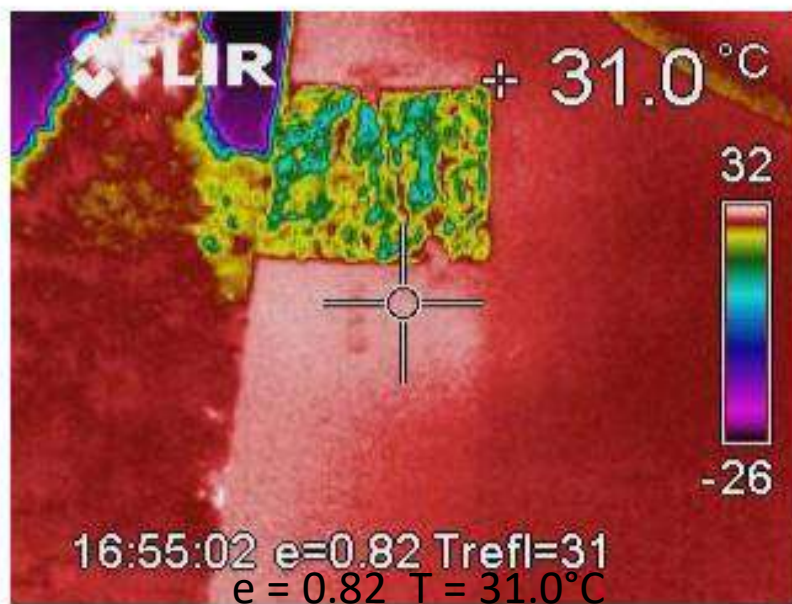
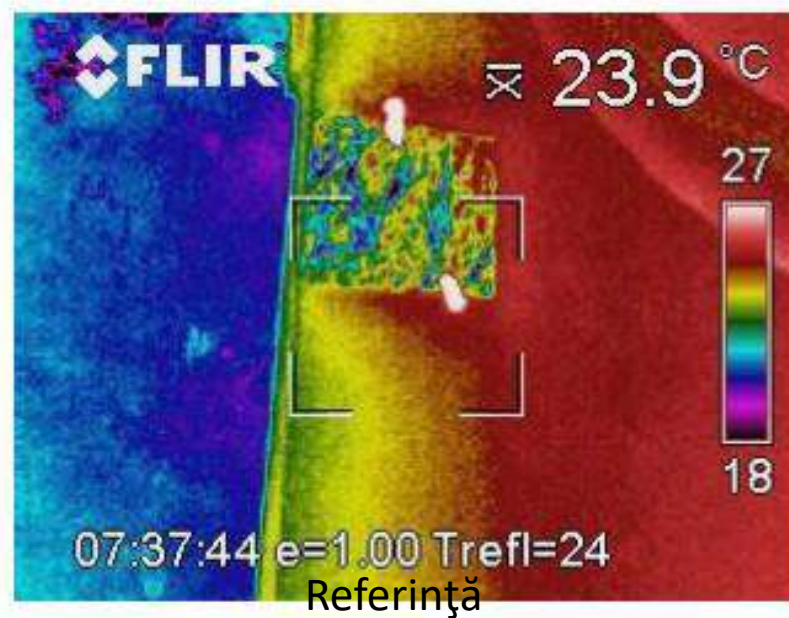
Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul
CIE L*a*b*

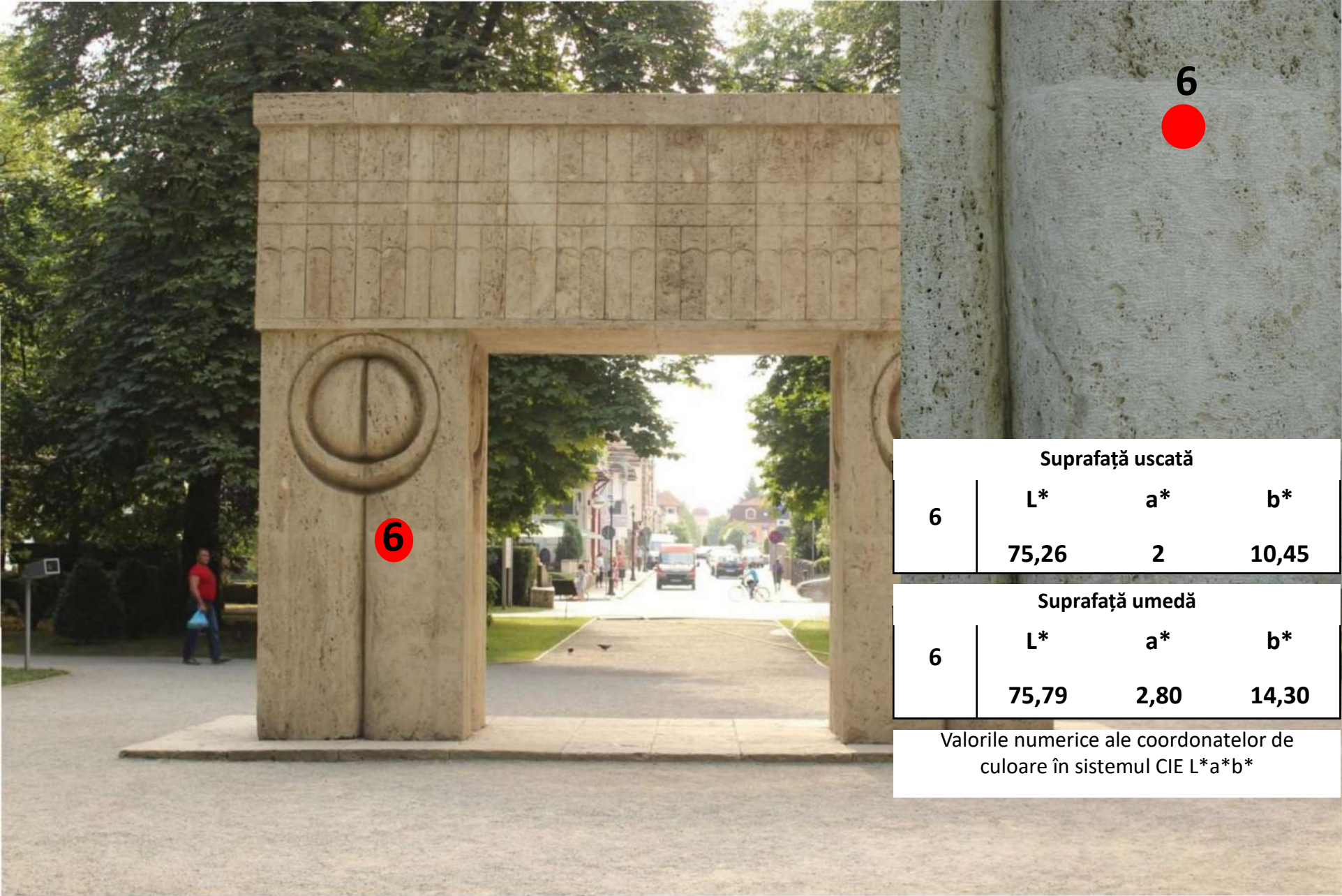
Coloana de nord - interior. Partea superioară

Suprafață uscată



Suprafață umedă





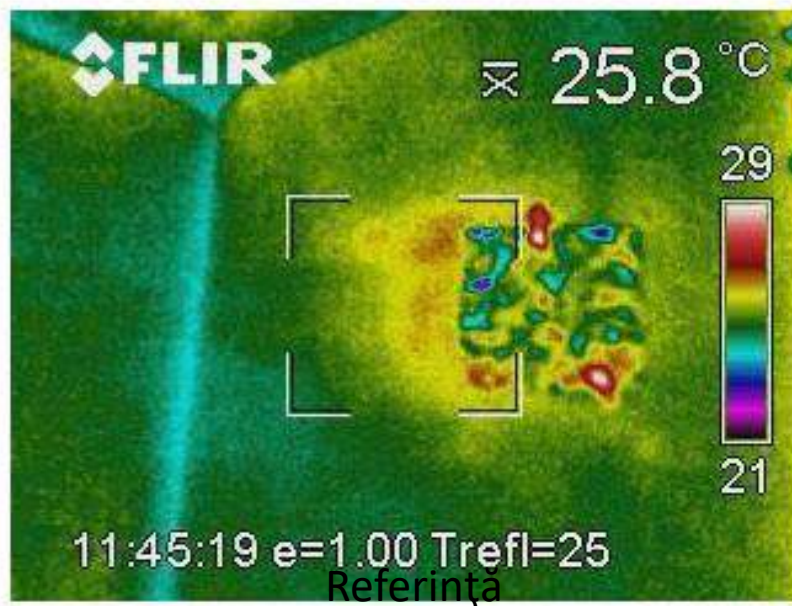
Suprafață uscată			
6	L*	a*	b*
	75,26	2	10,45

Suprafață umedă			
6	L*	a*	b*
	75,79	2,80	14,30

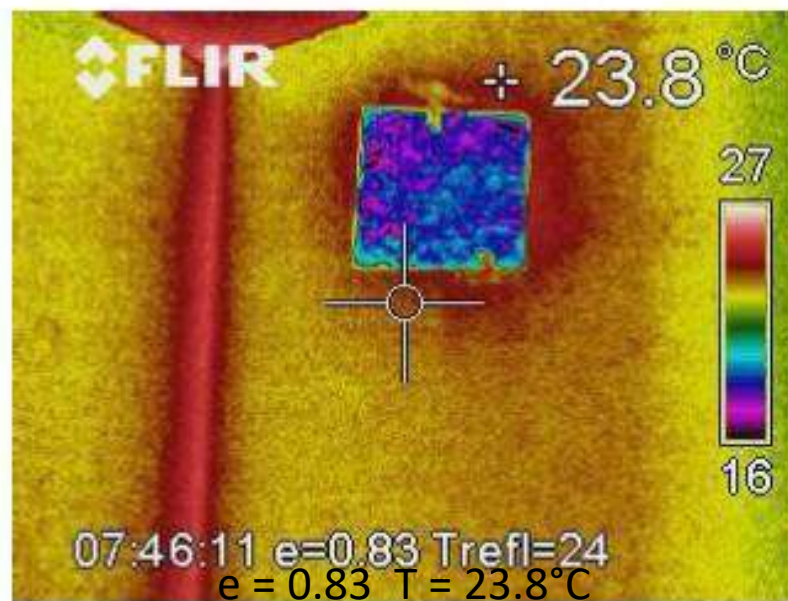
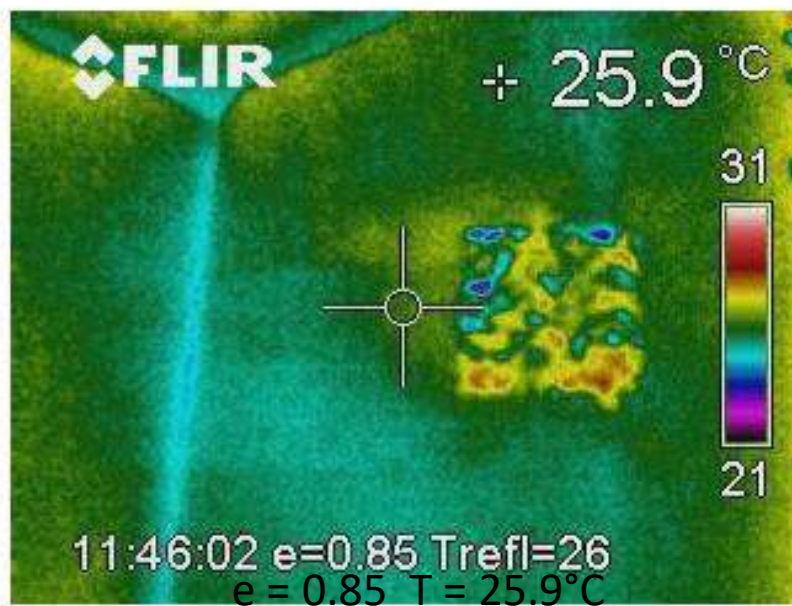
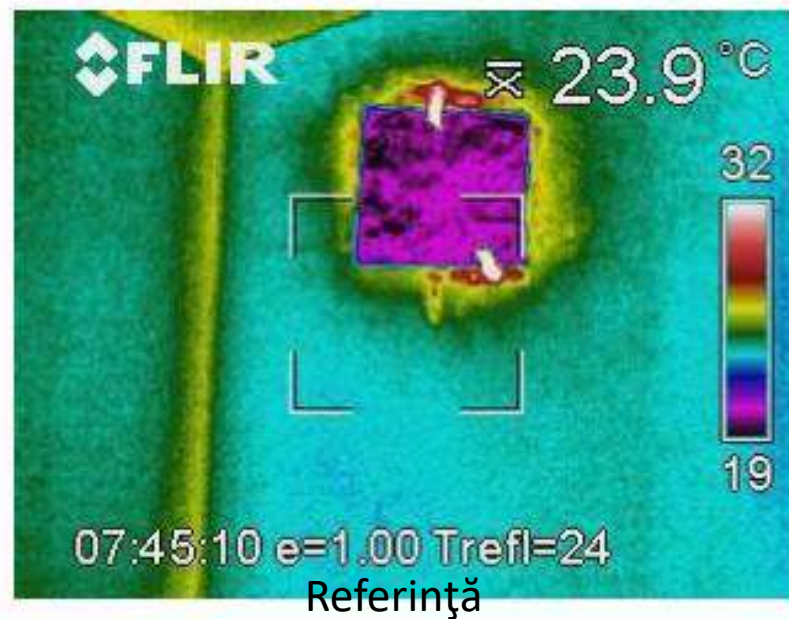
Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul CIE L*a*b*

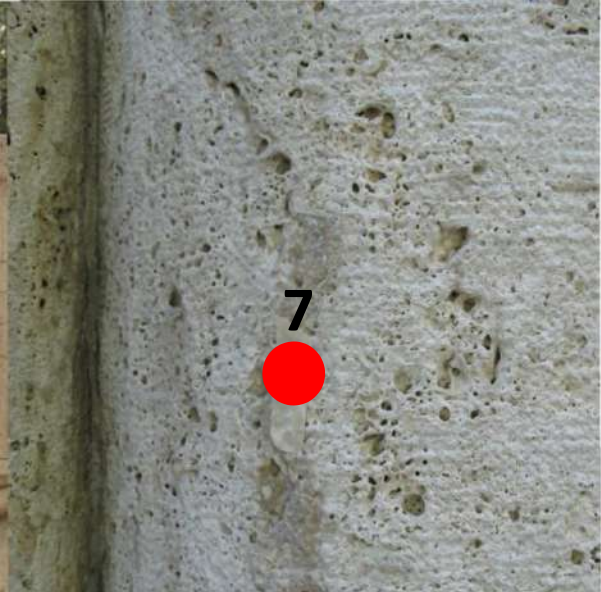
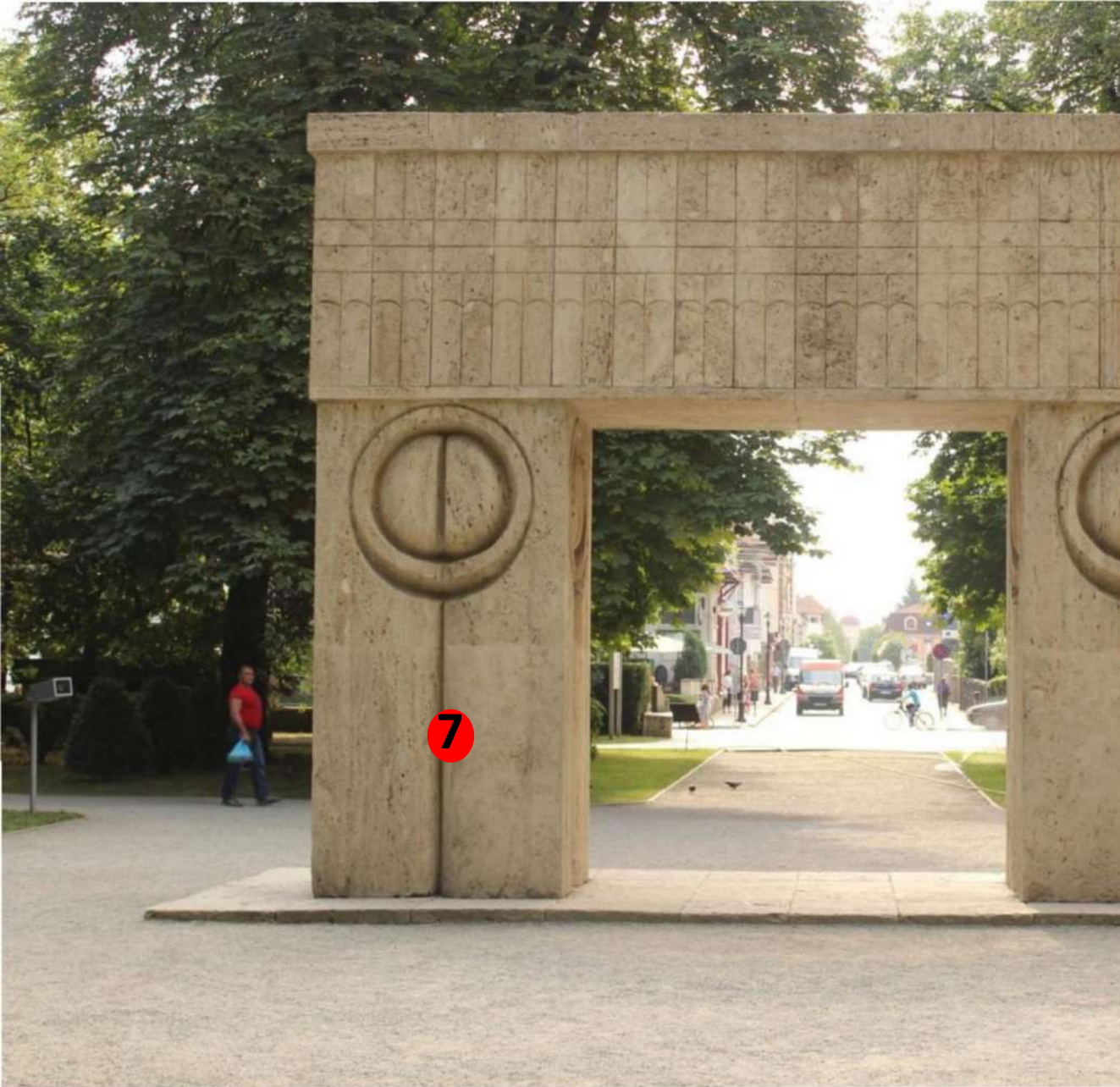
Coloana de sud. Verdere dinspre vest

Suprafață uscată



Suprafață umedă





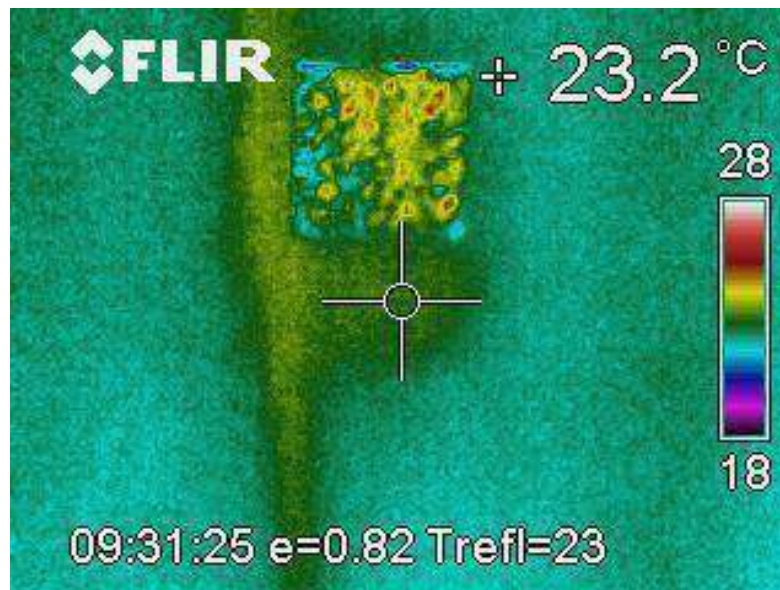
Suprafață uscată			
7	L*	a*	b*
	72,36	2,01	11,50

Suprafață umedă			
7	L*	a*	b*
	57,10	1,65	10,30

Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul CIE L*a*b*

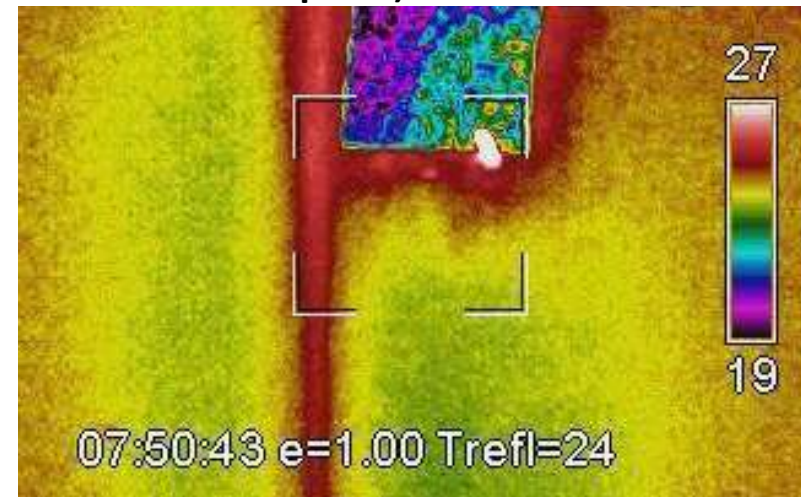
Coloana de sud. Verdere dinspre vest

Suprafață uscată

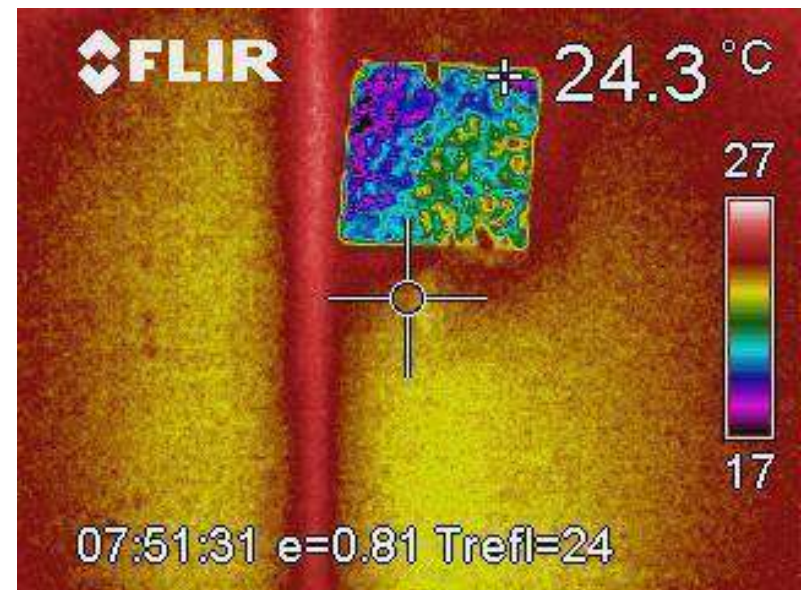


$e = 0.82$ $T = 23.2^{\circ}\text{C}$

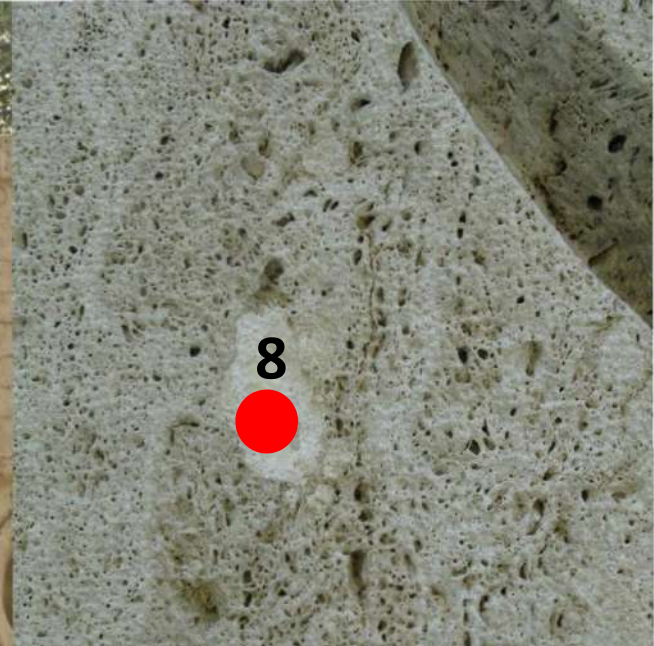
Suprafață umedă



Referință



$e = 0.81$ $T = 24.3^{\circ}\text{C}$



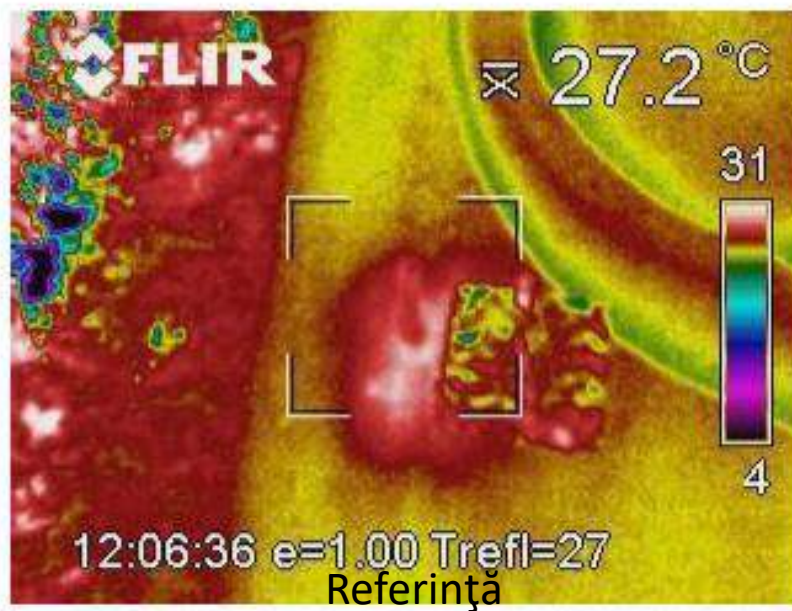
Suprafață uscată			
8	L*	a*	b*
	74,21	3,18	13,40

Suprafață umedă			
8	L*	a*	b*
	8,39	4,93	17,31

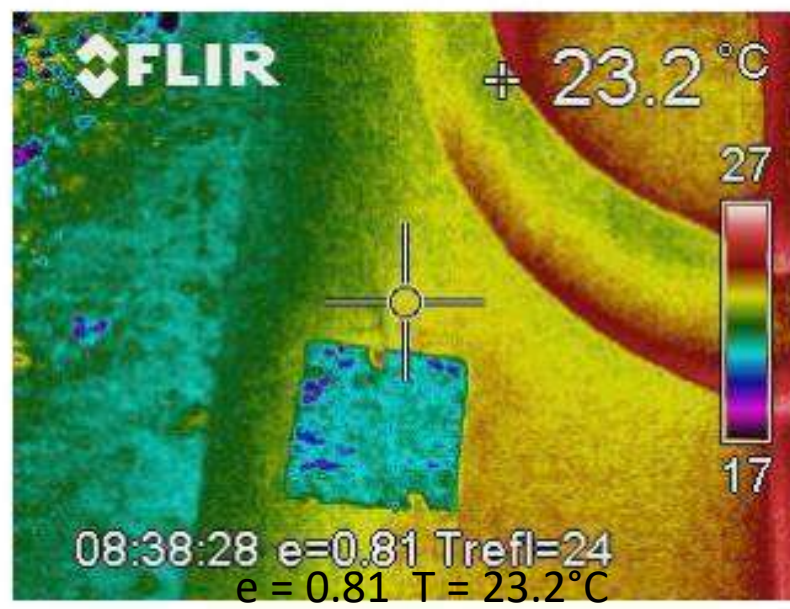
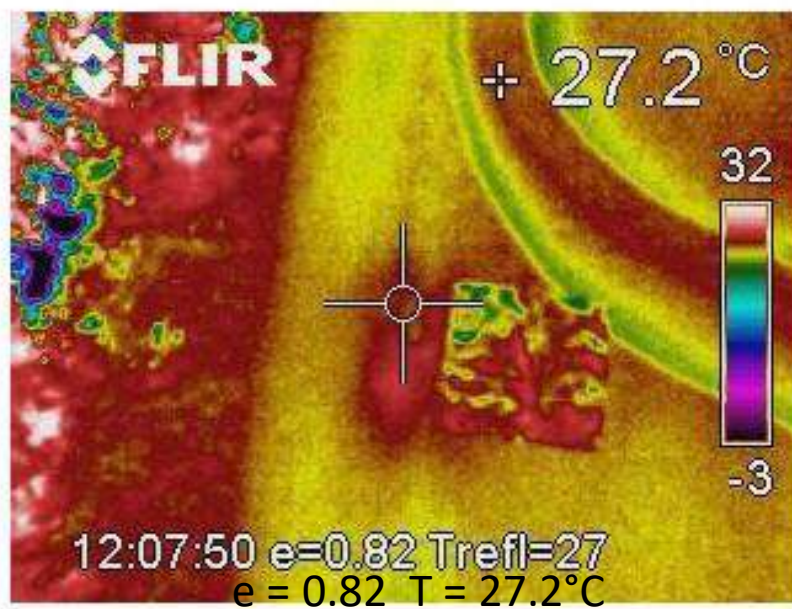
Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul CIE L*a*b*

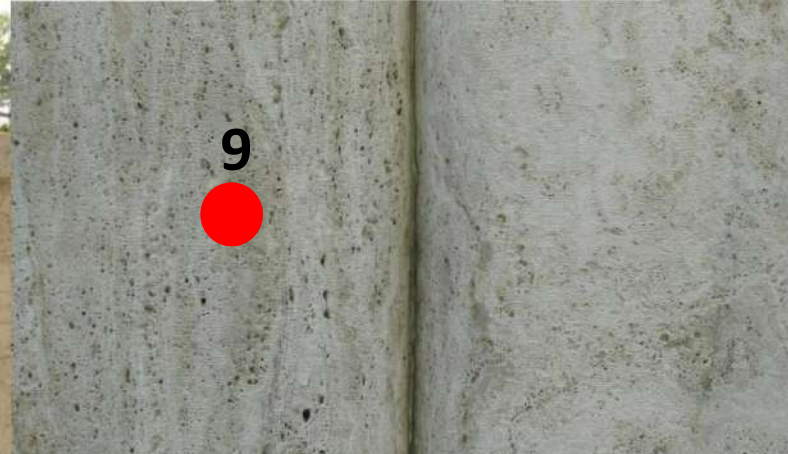
Coloana de sud. Verde din spre vest

Suprafață uscată



Suprafață umedă





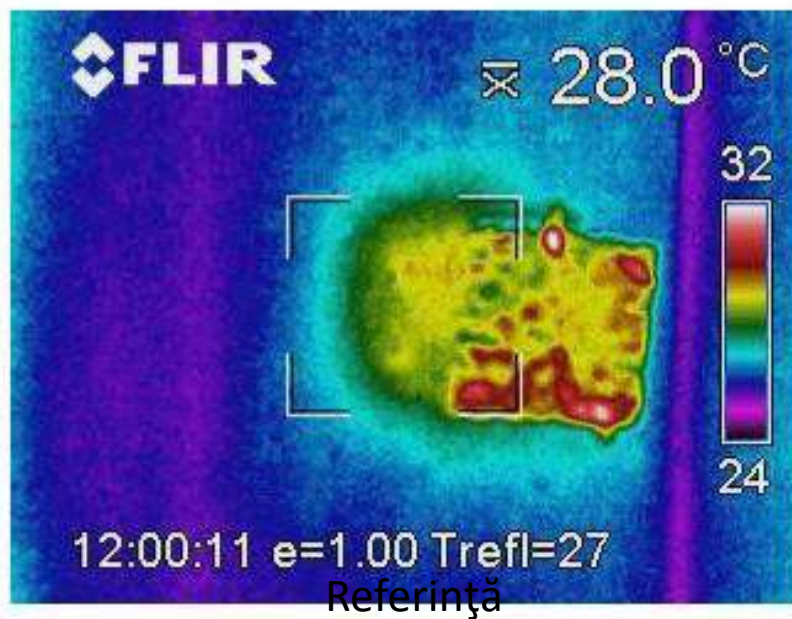
Suprafață uscată			
9	L*	a*	b*
	61,04	3,36	15,28

Suprafață umedă			
9	L*	a*	b*
	60,42	4,40	17,73

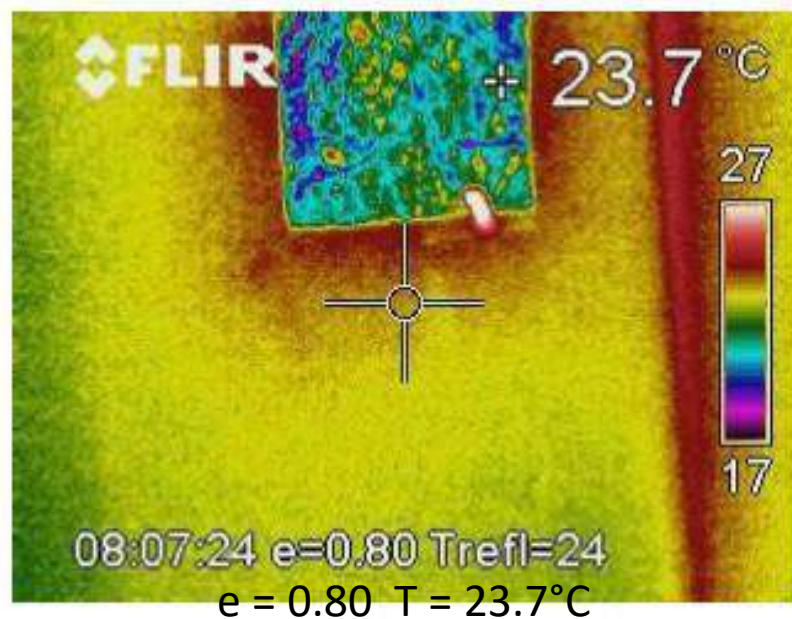
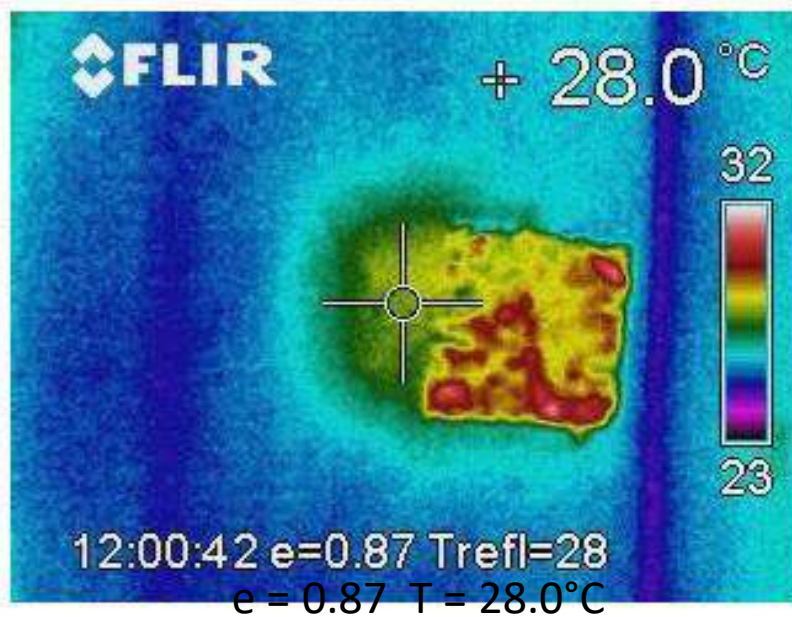
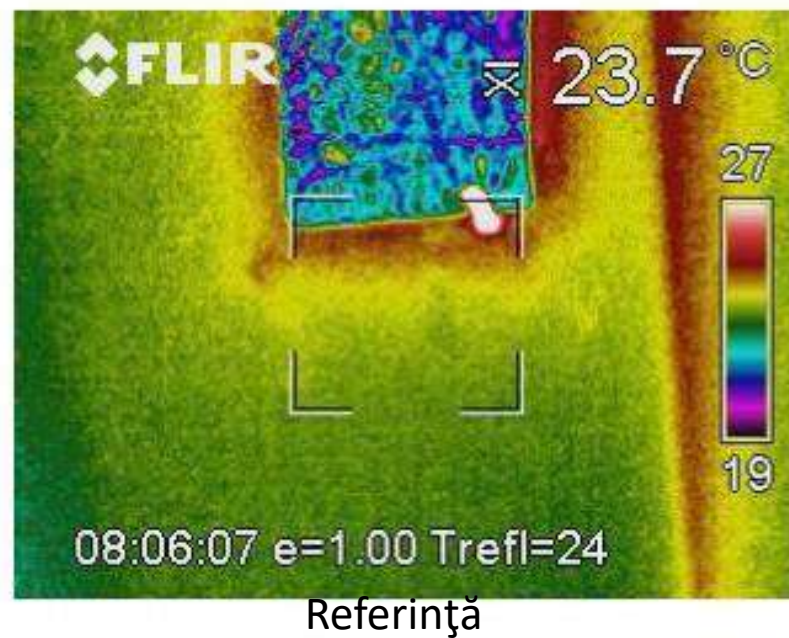
Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul CIE L*a*b*

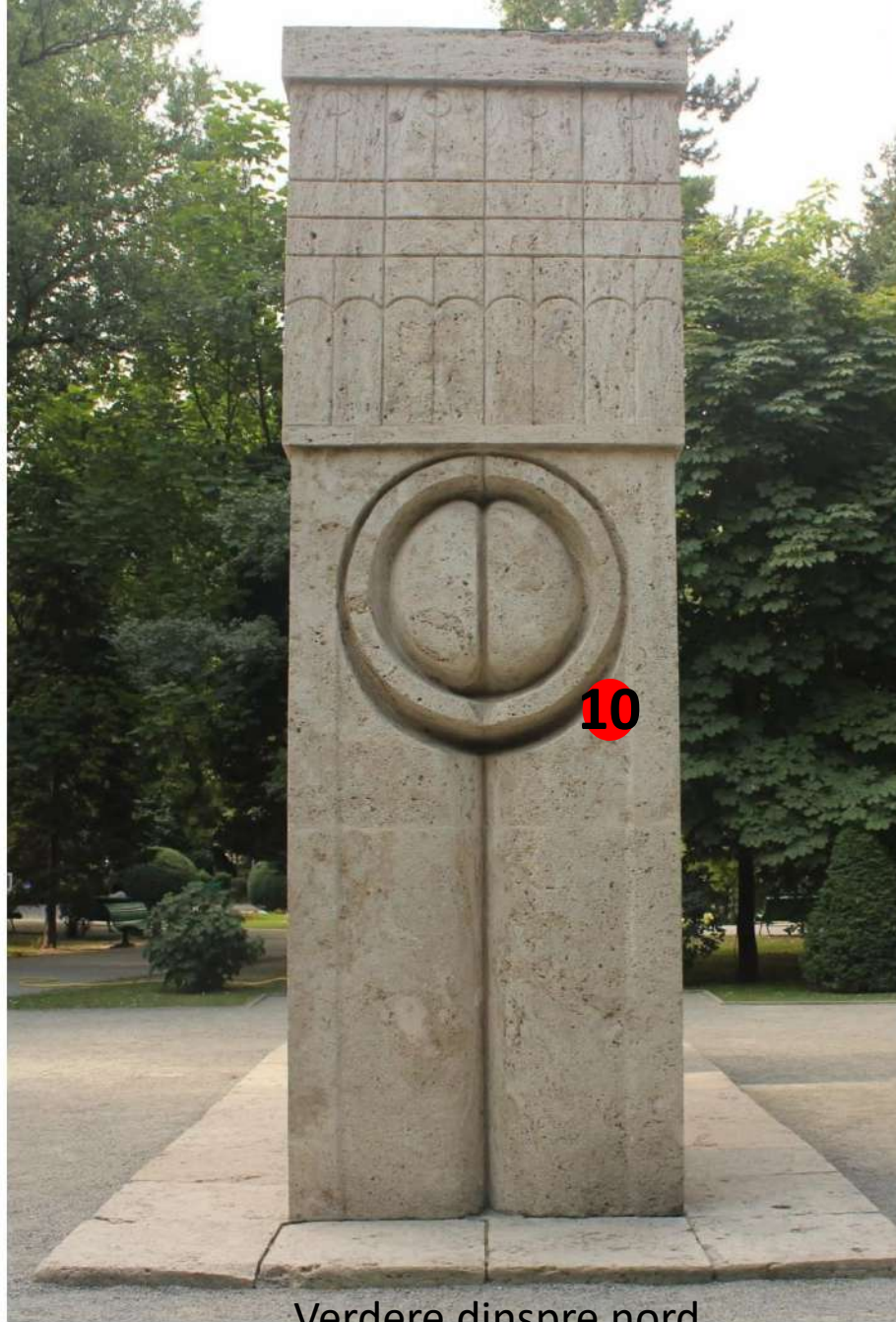
Coloana de sud. Verdere dinspre vest

Suprafață uscată



Suprafață umedă





Verdere dinspre nord



Suprafață uscată

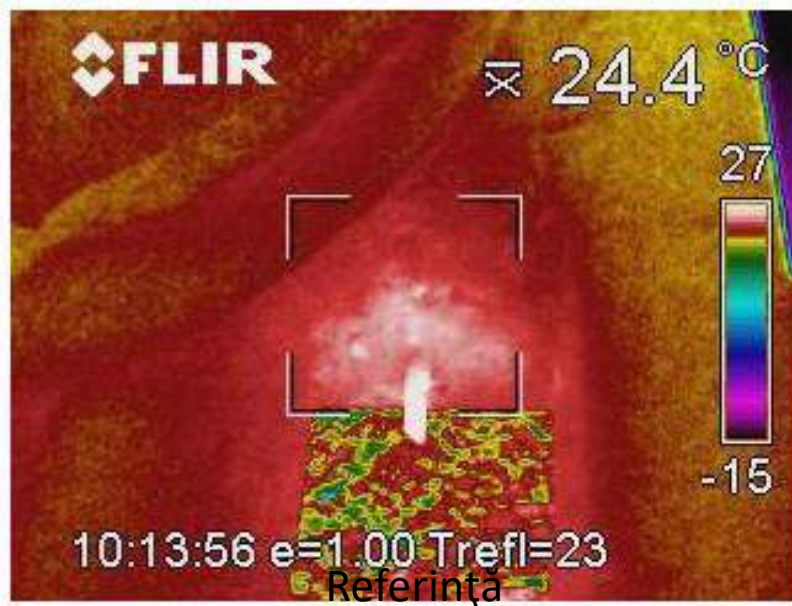
10	L*	a*	b*
	68,57	3,17	15,93

Suprafață umedă

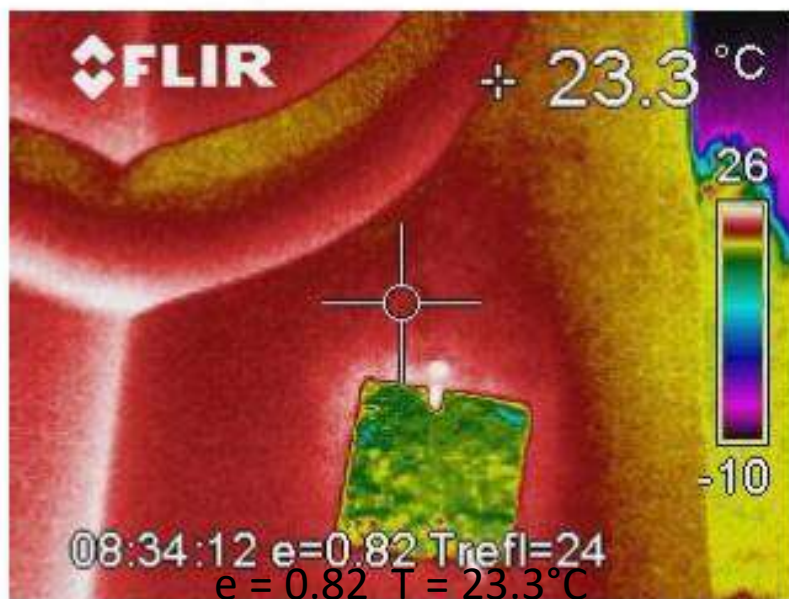
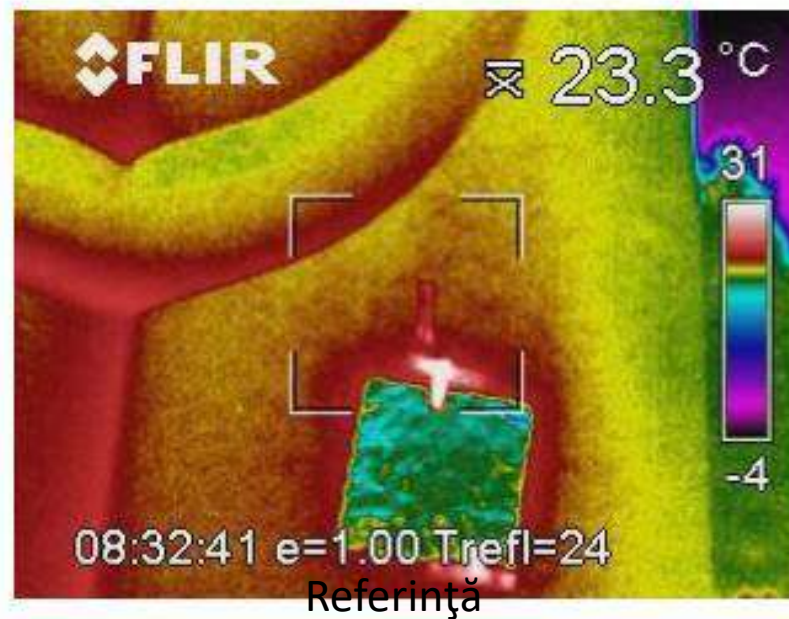
10	L*	a*	b*
	61,41	4,69	19,06

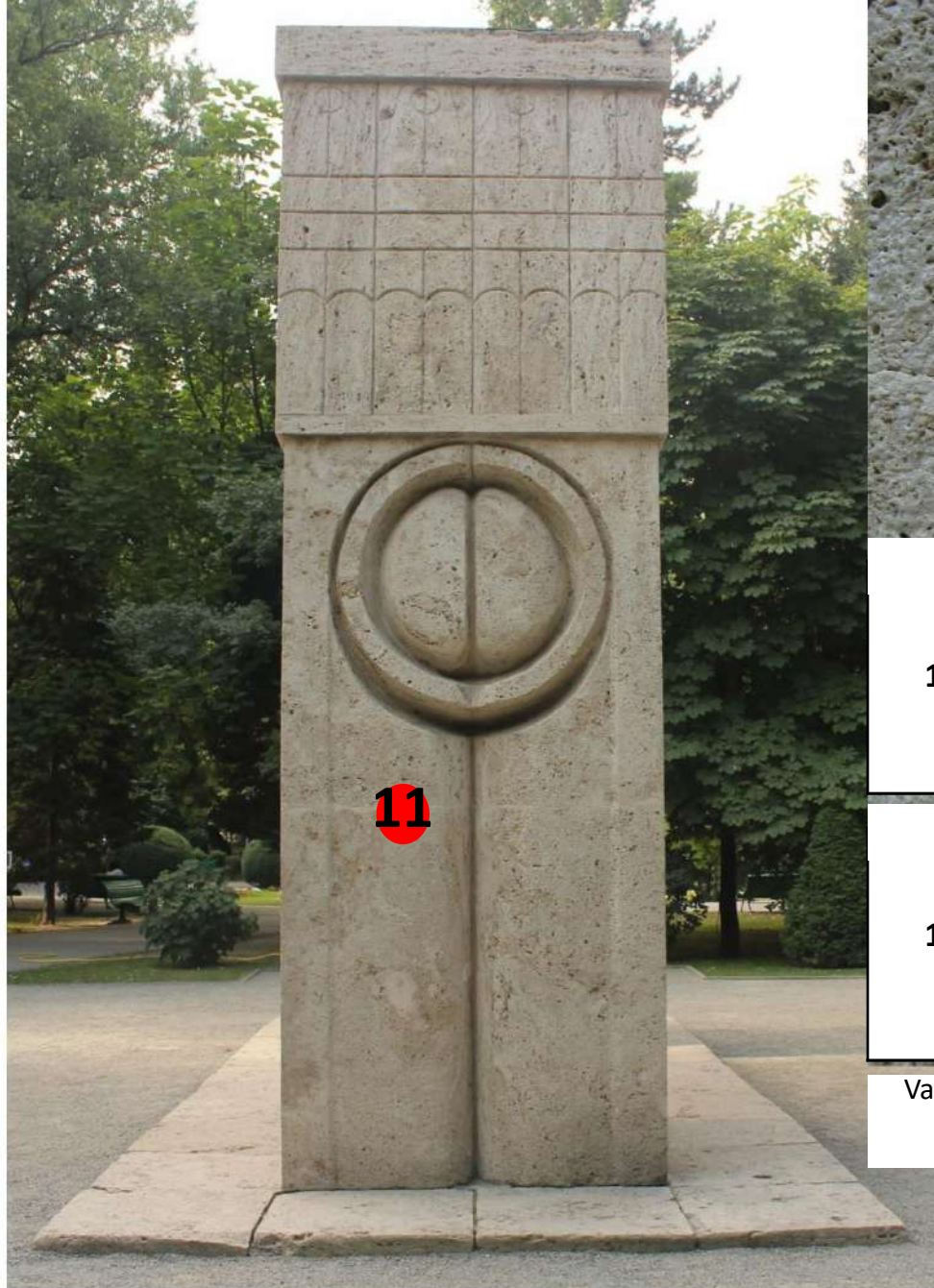
Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul
CIE L*a*b*

Suprafață uscată

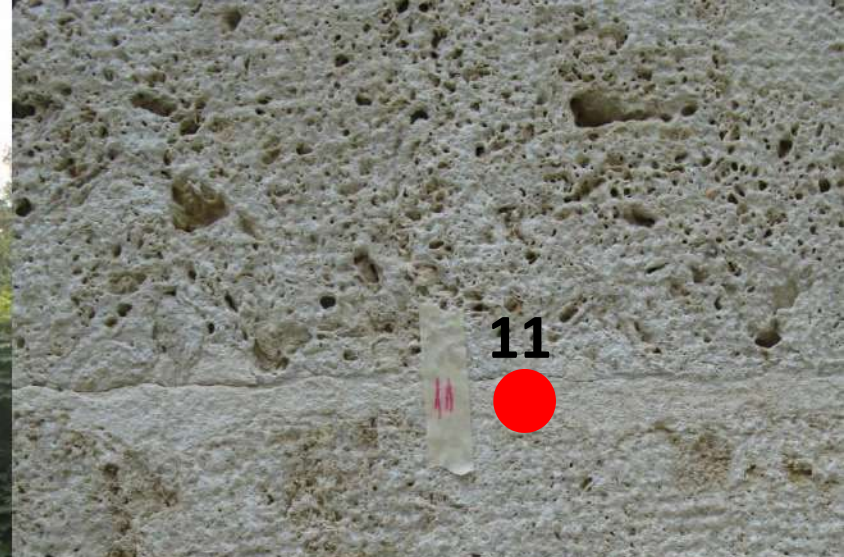


Suprafață umedă





Verdere dinspre nord



Suprafață uscată

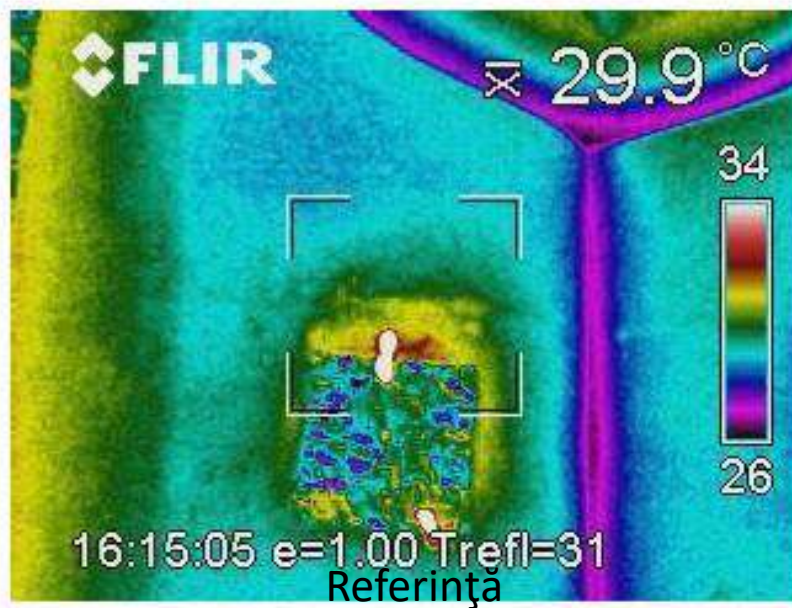
11	L*	a*	b*
	78,13	3,53	14,64

Suprafață umedă

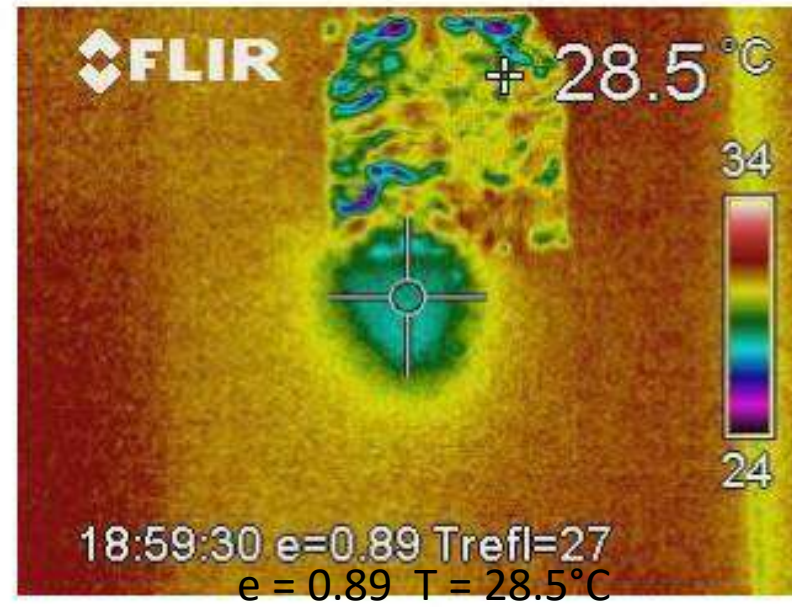
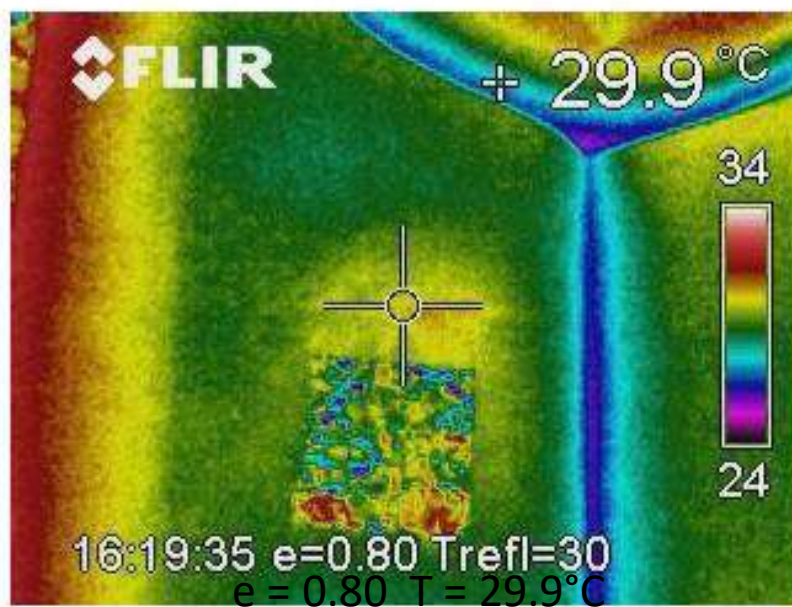
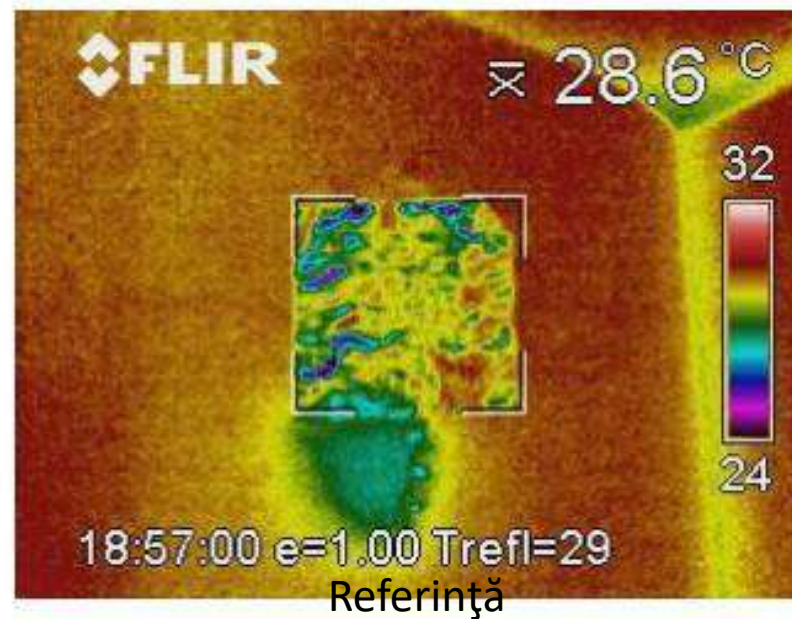
11	L*	a*	b*
	64,93	4,25	18,50

Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul
CIE L*a*b*

Suprafață uscată



Suprafață umedă





Verdere dinspre nord

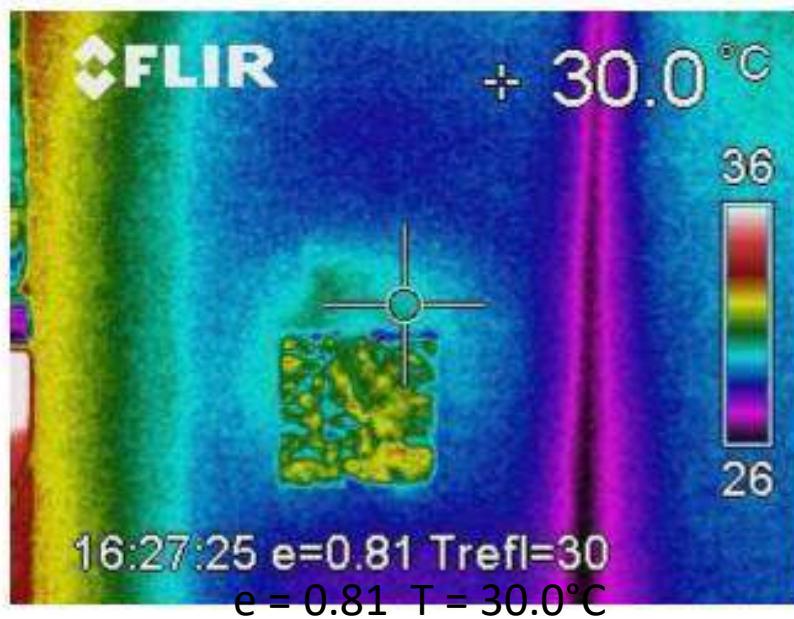
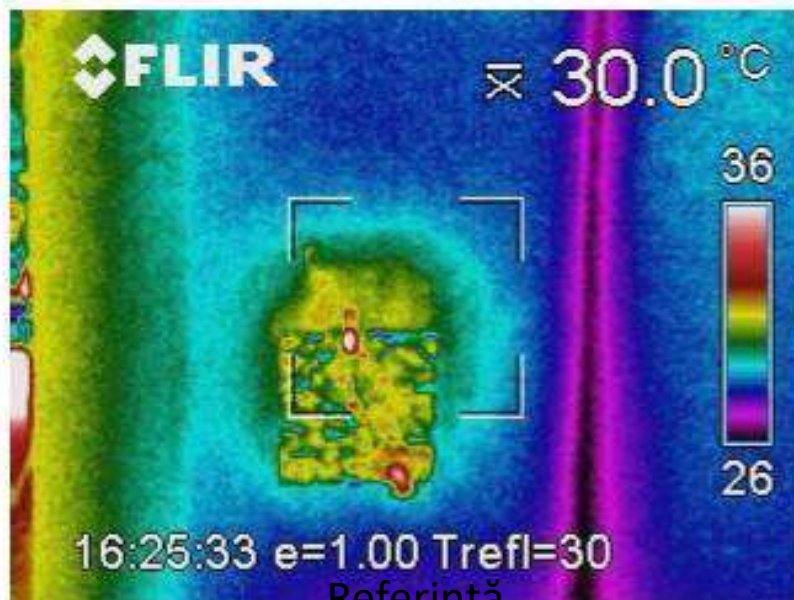


Suprafață uscată			
12	L*	a*	b*
	79,13	3,02	12,5

Suprafață umedă			
12	L*	a*	b*
	68,63	4,53	18,60

Valorile numerice ale coordonatelor de culoare în sistemul CIE L*a*b*

Suprafață uscată



Suprafață umedă

