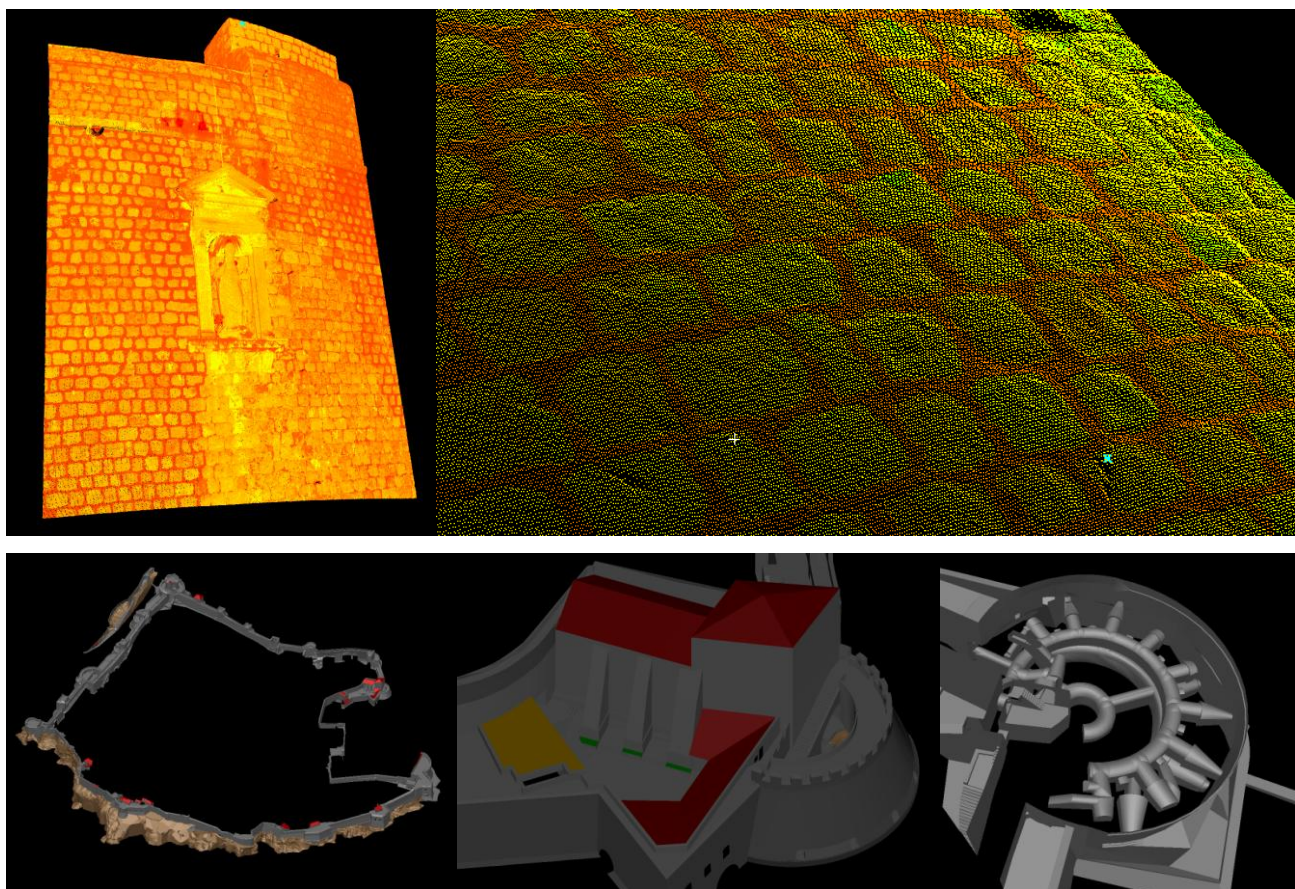


**GEOGRAPHICA D.O.O.**

PODIZEĆE ZA GEODETSKE POSLOVE  
21000 SPLIT, GAJEVA 16

***DOKUMENTIRANJE OBJEKATA  
KULTURNE BAŠTINE  
METODOM PROSTORNOG SKENIRANJA***

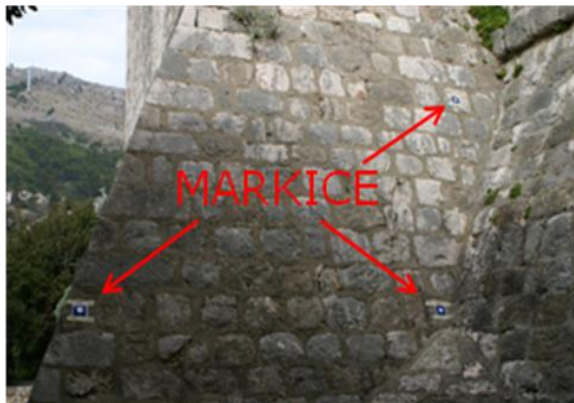


# **DOKUMENTIRANJE OBJEKATA KULTURNE BAŠTINE**

## **METODOM PROSTORNOG SKENIRANJA**

### **1. METODOLOGIJA**

#### **1.1 PRINCIP RADA PROSTORNOG SKENERA**



- Skener radi na principu lasera koji plohu objekta snimanja u računalu materijalizira skupom točaka zadane gustoće (oblak točaka).
- Skener je mrežnom vezom povezan sa prijenosnim računalom pomoću kojega se upravlja njegovim radom kroz programski paket Cyclone.
- Sastavni dio skenera je i digitalna kamera čije vidno polje definira područje rada skenera na pojedinom stajalištu.
- Potpuni snimak objekta postiže se višestrukim premještanjem skenera na odabrana stajališta.
- Sva mjerenja izvršena na jednom stajalištu predstavljaju zasebnu cjelinu u zasebnom koordinatnom sustavu koji je definiran orijentacijom skenera na tom stajalištu.
- Da bi se mjerenja sa pojedinih stajališta mogla povezati u jedinstvenu cjelinu, prije početka mjerenja, vrši se označavanje vidljivog dijela objekta posebnim, numeriranim, oznakama (markicama) prepoznatljivim skeneru u procesu mjerenja (minimalno tri za svako stajalište).
- Položaj markica definira se i u državnom koordinatnom sustavu klasičnim metodama izmjere pomoću totalne mjerne stanice sa laserskim daljinomjerom.
- Ovo dvostruko određivanje koordinata markica omogućuje automatsko povezivanje mjerenja sa pojedinih stajališta u jedinstvenu cjelinu pomoću identičnih brojeva markica.
- Rezultat je cjeloviti snimak objekta definiran u državnom koordinatnom sustavu.

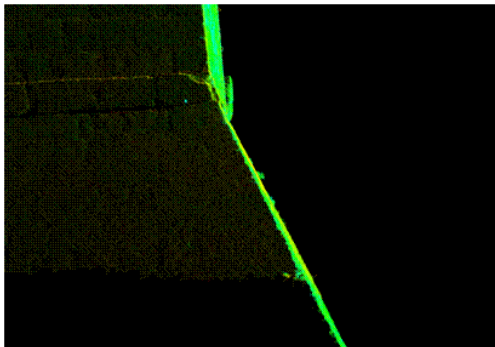
## 1.2 PREDNOSTI PROSTORNOG SKENIRANJA NAD DRUGIM METODAMA SNIMANJA

- ✓ **Jedina metoda koja omogućuje plošno snimanje objekta**
- ✓ Velika brzina prikupljanja vrlo detaljnih podataka mjerenja na terenu i izrade dokumentacije
- ✓ Do 5 puta jeftinija od drugih metoda
- ✓ Vjieran i vrlo točan prikaz objekta snimanja
- ✓ Potpuna prostornost (trodimenzionalnost) snimka
- ✓ Mogućnost izrade vrlo detaljnog prostornog modela objekta
- ✓ Mogućnost određivanja tlocrta i presjeka u bilo kojem dijelu objekta, a ne samo u pojedinim točkama ili linijama
- ✓ Vjernije, sadržajnije i detaljnije izvođenje ravninskih crteža ( tlocrta, presjeka i pogleda )
- ✓ Mogućnost naknadne izrade proizvoljnih ravninskih prikaza bez potrebe za dodatnim terenskim radovima u bilo kojem trenutku u budućnosti
- ✓ Mogućnost proučavanja i sagledavanja raznih aspekata konzervacije, rekonstrukcije, sanacije ili bilo čega drugog na objektu bez izlazaka na teren i dodatnog snimanja
- ✓ Jednostavnost dosnimavanja fizičkih promjena na objektu koje mogu nastati tijekom godina iz bilo kojeg razloga
- ✓ Mogućnost automatiziranog ispitivanja deformacija i promjena oblika objekta na temelju višekratnog skeniranja u određenim vremenskim intervalima
- ✓ Cjelovitost i homogenost snimka
- ✓ Neograničena mogućnost primjene

### 1.3 DOKUMENTIRANJE OBJEKATA KULTURNE BAŠTINE IZ PODATAKA PROSTORNOG SKENIRANJA

- Dokumentacija se može izraditi u šest nivoa:
  1. Prostorna baza podataka mjerenja
  2. Dokumentacija postojećeg stanja
    - 2.1 Pogledi na pročelja sa strukturom zidova
    - 2.2 Tlocrti
    - 2.3 Presjeci sa pogledima i strukturom zidova
    - 2.4 Kotiranje svih nacрта
  3. Trodimenzionalni plošni model
  4. Trodimenzionalni poligonalni model
  5. Foto-realistično vizualizirani trodimenzionalni poligonalni model
  6. Digitalni orto-foto

#### 1.3.1 PROSTORNA BAZA PODATAKA MJERENJA



- Osnovni podatak mjerenja prostornog skeniranja jesu oblaci točaka, unaprijed zadane gustoće, koji materijaliziraju plohu objekta snimanja.
- Slika prikazuje podatke mjerenja sa jednog stajališta. U ovom slučaju, oblaci točaka su vizualizirani bojama koje ovise o intenzitetu refleksije laserske zrake od objekta, u određenom spektru boja.

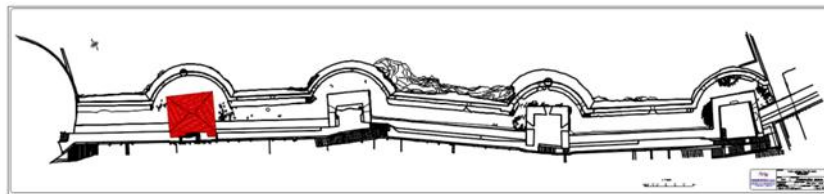
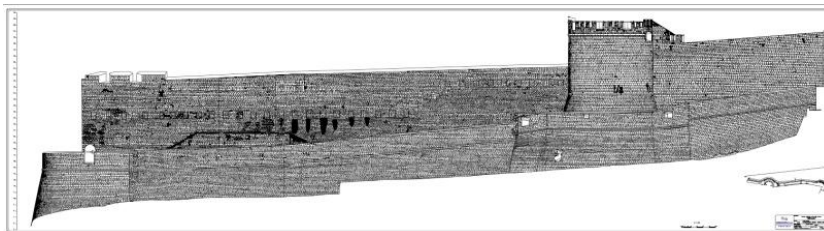


- Ova slika prikazuje foto-realistično vizualizirane oblake točaka.
- Za pridruživanje boja točkama oblaka mogu se koristiti fotografije snimljene kamerom skenera ili klasičnim fotoaparatom.
- Ova vizualizacija omogućuje cikličko ažuriranje stanja objekta

- Ovakav model podataka pogodan je za:
  - Vizualnu i numeričku analizu deformacija na objektu i općeg stanja objekta
  - Proučavanje objekta u smislu njegova nastanka, faza građenja i td.
  - Održavanje objekta
  - Digitalno arhiviranje postojećeg stanja objekta
  - Služi za izradu svih drugih segmenata dokumentacije

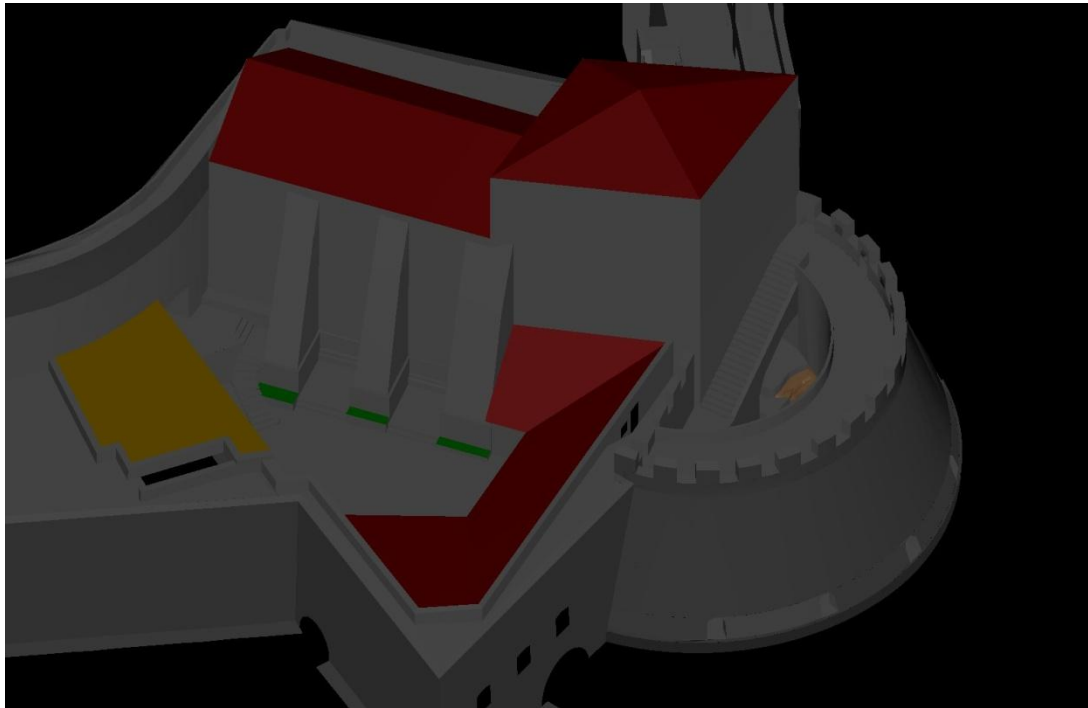
### 1.3.2 DOKUMENTACIJA POSTOJEĆEG STANJA

- Na temelju izmjerenih podataka izrađuje se i klasična dokumentacija postojećeg stanja (pogledi, tlocrti i presjeci).
- Ona se sastoji od ravninskih nacrti izrađenih pomoću CAD alata.
- Nacrti nastaju ravninskim iscrtavanjem svih elemenata objekta uključujući i strukturu zidova (iscrtavanje svakog kamena).
- Svi nacrti se kotiraju.



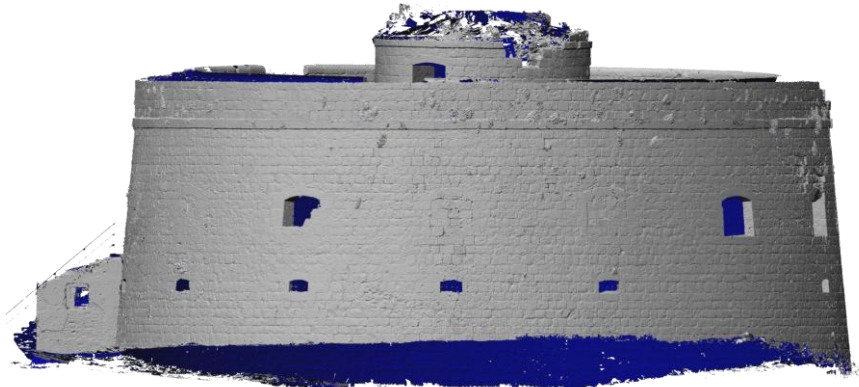
- Ova vrsta dokumentacije najviše se koristi kod:
  - Projektiranja
  - Konzervatorskih radova i zaštiti kulturne baštine
  - Proučavanje nastanka objekta prema fazama građenja
  - Izvođenja građevinskih i drugih radova na objektu
  - Obavezna je, prema zakonu, prije izvođenja bilo kakvih zahvata na objektima kulturne baštine

### 1.3.3 TRODIMENZIONALNI PLOŠNI MODEL



- Ova slika prikazuje prostorno modelirane podatke mjerenja CAD alatom.
- Na temelju podataka mjerenja izvučene su konture objekta.
- Nakon toga izvršena je plošna obrada i renderiranje modela.
- Model je vizualiziran proizvoljnim bojama.
- Ovakav model je manje detaljan, ali je zato pogodan za široku primjenu.
- Vrlo je precizan i sadrži sve građevinske elemente objekta.
  
- Naročito je pogodan za:
  - Sve vrste projektiranja
  - Proračune statike objekta
  - Održavanje objekta
  - Izradu troškovnika raznih radova
  - Upravljanje objektom

### 1.3.4 TRODIMENZIONALNI POLIGONALNI MODEL



- Ova slika prikazuje prostorno modelirane podatke mjerenja poligonalnom metodom.
- Pomoću posebnih programskih paketa vrši se poligonalno modeliranje podataka mjerenja što rezultira izuzetno detaljnim trodimenzionalnim modelom objekta.
- Veličina pojedinog poligona je u okvirima rezolucije skeniranja (1-2 cm).
  
- Ovakav, detaljan, model pogodan je za:
  - Uočavanje i analizu deformacija na objektu
  - Automatizirano ispitivanje (praćenje) deformacija i promjena oblika objekta na temelju višekratnog skeniranja u određenim vremenskim intervalima
  - Proučavanje objekta u smislu njegova nastanka, faza građenja i td.
  - Održavanje objekta
  - Izradu konzervatorskih i drugih studija

### 1.3.5 FOTO-REALISTIČNO VIZUALIZIRANI TRODIMENZIONALNI POLIGONALNI MODEL



- Ovakav oblik dokumentacije nastaje dodavanjem tekstura na bazni poligonalni model i predstavlja virtualnu stvarnost objekta u trenutku snimanja.
- Za teksturiranje modela koriste se fotografije snimljene fotoaparatom skenera prilikom skeniranja ili naknadno.
- Točnost teksturiranja je vrlo visoka i kreće se u okvirima točnosti skeniranja, dakle 1 cm.
  
- Ovakav model podataka pogodan je za:
  - Analizu općeg stanja i deformacija na objektu.
  - Automatizirano ispitivanje (praćenje) deformacija i promjena oblika objekta na temelju višekratnog skeniranja u određenim vremenskim intervalima.
  - Proučavanje objekta u smislu njegova nastanka, faza građenja i td.
  - Održavanje objekta.
  - Izradu konzervatorskih i drugih studija.
  - Omogućava opetovano teksturiranje istog modela fotografijama iz drugog vremenskog perioda, a time vrlo brzo uočavanje i analizu potencijalnih problema te njihovo sprečavanje.
  - Služi za izradu digitalnog orto-fota.

### 1.3.6 DIGITALNI ORTO-FOTO



- Digitalni orto-foto je ravninski prikaz teksturiranog modela u proizvoljno izabranom pogledu ili presjeku.
- Izrađuje se u proizvoljnom mjerilu i adekvatnoj rezoluciji izraženoj u mjernim jedinicama (2, 5, 10 mm i td.) ovisno o svrsi i traženoj točnosti prikaza.
- Ovakav oblik dokumentacije u potpunosti zamjenjuje i nadograđuje klasičnu dokumentaciju postojećeg stanja zadržavajući opće prihvaćenu formu.

## 2. INSTRUMENTARIJ

Obzirom da smo prva tvrtka u Hrvatskoj koja je počela sa primjenom prostornog skeniranja prije pet godina, raspolažemo, osim sa bogatim iskustvom, i sa najsuvremenijim instrumentarijem koji se konstantno obnavlja. Tako danas imamo na raspolaganju tri prostorna skenera.

### 2.1 CYRAX 2500



- vidno polje 40x40° sa mogućnošću nagiba i zaokreta u bilo kojem smjeru
- maksimalna rezolucija skeniranja 0,25 mm
- maksimalni domet 150 m
- točnost pojedinog mjerenja 2-5 mm

## 2.2 LEICA SCAN STATION



- novija generacija laserskog skenera
- motoriziran
- vidno polje 360° u horizontalnom i 270° u vertikalnom smislu
- maksimalna rezolucija skeniranja 0,25 mm
- maksimalni domet 150 m
- točnost pojedinog mjerenja 2-5 mm

## 2.3 RIEGL LMS-Z390i



- najnovija generacija laserskog skenera
- motoriziran
- vidno polje 360° u horizontalnom i 360° u vertikalnom smislu
- maksimalna rezolucija skeniranja 0,001°
- maksimalni domet 400 m
- točnost pojedinog mjerenja 2-6 mm
- brzina skeniranja 8000 točaka u sekundi
- mogućnost izrade digitalnog orto-fota

## 2.4 OSTALI INSTRUMENTI

Za određivanje mreže geodetskih točaka u državnom koordinatnom sustavu te snimanje koordinata orijentacionih točaka koristimo vrlo preciznu totalnu mjernu stanicu TPS1203 firme Leica sa laserskim daljinomjerom, točnosti mjerenja duljina  $\pm 2$  mm i točnosti mjerenja kutova  $\pm 3''$  kako bismo zadržali točnost skeniranih podataka.

### 3. REFERENCE

U dugogodišnjem radu na dokumentiranju objekata kulturne baštine izrađena je dokumentacija za veliki broj objekata, a ovdje navodim samo značajnije objekte. Posebno su označeni objekti čija dokumentacija je izrađena na temelju podataka prostornog skeniranja.

1. Crkva Sv. Stjepana u Dubrovniku
2. Crkva Sv. Marije na Lokrumu
3. Akvedukt u Solinu u naselju Bilice
4. Crkva Sv. Spasa u Civljanima
5. Crkva Sv. Ante i Roka u Podstrani
6. Stari most u Mostaru
7. Kule Tara i Halebija sa okolnim kućama uz Stari most u Mostaru
8. Most Kriva ćuprija u Mostaru
9. Župna crkva u Kaštel Štafiliću
10. Crkva Gospe od Karmena u Dubrovniku
11. Akvedukt u naselju Mostine
12. Kuća Cega u Trogiru
13. Mauzolej akademika Šime Ljubića u Starome gradu na Hvaru
14. Dubrovačke zidine ( predziđe ) od kule Minčeta do bastiona Pile
15. Kula Minčeta
16. Stonske zidine zapadni dio
17. Zidine liburnskog grada Asseriae – **3D skeniranje**
18. Palača u Polačama na otoku Mljetu
19. Tvrđava Sokol u Dunavama u Konavlima – **3D skeniranje**
20. Ostaci kasnoantičkih objekata oko palače u Polačama na otoku Mljetu – **3D skeniranje**
21. Kula uz crkvu Sv. Marije na otoku Lokrumu
22. Arheološke iskopine uz crkvu Sv. Marije na otoku Lokrumu
23. Arheološki lokaliteti uz trasu Jadranske autoceste na dionicama od Perkovića do Šestanovca
24. Dubrovačke zidine u cijelosti – **3D skeniranje**
25. Potez ulice od Mlina u Dubrovniku – **3D skeniranje**
26. Tvrđava Royal na otoku Lokrumu – **3D skeniranje**
27. Franjevački samostan Mala braća u Dubrovniku – **3D skeniranje**
28. Gundulićeva poljana u Dubrovniku – **3D skeniranje**
29. Dvorac Zrinski u Čakovcu – **3D skeniranje**

30. Arheološki lokalitet u uvali Caska na otoku Pagu
31. Arheološki lokaliteti u Resniku kod Trogira
32. Arheološki lokalitet u Kandlerovoj ulici u Puli– **3D skeniranje**
33. Utvrđena kuća u Brsečinama kod Dubrovnika– **3D skeniranje**
34. Stonske zidine – **digitalizacija postojeće dokumentacije**
35. Tvrđava na Prevlaci – **3D skeniranje**
36. Oltar katedrale Sv. Duje u Splitu – **3D skeniranje**
37. Stropne slikarije u kući Dešković u Splitu
38. Tvrđava u Zadvarju – **3D skeniranje**
39. Arheološki lokalitet na trgu Pet bunara u Zadru – **3D skeniranje**
40. Reljefni letner u Dubrovniku – **3D skeniranje**
41. Gustjerna na otoku Lokrumu – **3D skeniranje**
42. Tvrđava Sv. Jurja u uvali Caska na otoku Pagu – **3D skeniranje**
43. Zgrade Vlade RH u Zagrebu – **3D skeniranje**
44. Južni toranj zagrebačke katedrale – **3D skeniranje**
45. Dvije keramičke peći u Crikvenici – **3D skeniranje**
46. Zapadni dio stonskih zidina u Stonu – **3D skeniranje**
47. Arheološki lokalitet u Solinu - **3D skeniranje**
48. Zapadni dio dioklecijanovih podruma u Splitu - **3D skeniranje**
49. Zapadne terme Dioklecijanove palače u Splitu - **3D skeniranje**
50. Istočni i sjeverni dio stonskih zidina u Stonu - **3D skeniranje**
51. Zlatna vrata Dioklecijanove palače u Splitu - **3D skeniranje**
52. Crkva Sv. Marije kod Vrgorca - **3D skeniranje**
53. Kula Grupković kod Vrgorca - **3D skeniranje**
54. Gašpine mlinice u Solinu - **3D skeniranje**
55. Crkva Sv. Duh na Hvaru - **3D skeniranje**
56. Crkva Sv. Magdalene na Hvaru - **3D skeniranje**
57. Crkva Sv. Lovre u Trogiru - **3D skeniranje**
58. Crkva Sv. Mihovila u Žrnovnici - **3D skeniranje**
59. Povijesni i etnološki zaseok Belajići - **3D skeniranje**

#### 4. PODACI ZA KONTAKT

**Geographica d.o.o.**

Gajeva 16  
21000 SPLIT

URL: [www.geographica.hr](http://www.geographica.hr)  
e-mail: [geographica@geographica.hr](mailto:geographica@geographica.hr)

fax: +385 (0) 21 385 452  
tel: +385 (0) 21 314 534, 314 535

KONTAKT OSOBA:

Miljenko Žabčić dipl.ing.geod.  
direktor

gsm: +385 91 200 85 01  
e-mail: [miljenko@geographica.hr](mailto:miljenko@geographica.hr)