

SKAITMENINIMO METODAI MŪRINIŲ PILIŲ REGENERACIJOJE

Inga Genytė

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva**El. paštas inga@pri.lt*

Santrauka. Siekiant išsaugoti, stebint ir regeneruojant mūrinės architektūros paveldą šiuolaikinių skaitmeninių technologijų naudojimas padidina veiklos spartą ir kokybę. Atgaivinant mūrines pilies svarbų vaidmenį atlieka skaitmeninės technologijos: lazerinis skenavimas, fotogrametrija, fotografija, dvimatis projektavimas (2D), trimatis projektavimas (3D). Pasitelkus keletą ar visas šias technologijas gana tiksliai sukuriama būsimo vaizdas ir suvokiama erdvė, atkuriamos interjerų bei eksterjerų detalės. Atkuriamai pilies vizijai suformuoti turi įtakos urbanistinė aplinka, išlikusi autentiška medžiaga, šiuolaikinė paveldosaugos teorija. Šiame straipsnyje apžvelgiami mūro pilių regeneracijos procese naudotini skaitmeninio metodo bei jų variacijos remiantis užsienyje aprobuota medžiaga ir praktika.

Reikšminiai žodžiai: skaitmeninės technologijos, mūrinės pilies, pilių regeneracija, architektūros paveldas, projektavimas.

Įvadas

Skaitmeninių technologijų, o ypač fotogrametrijos plėtra paveldo architektūroje kaip didelis indėlis į kultūros paveldo stebėsenos metodų tobulinimą, architektūros paminklų išsaugojimą bei atkūrimą, kaip parama architektūros, archeologijos bei meno istoriniams tyrimams yra pagrindinis ICOMOS (*International Council on Monuments and Sites*) komiteto CIPA (*International Committee for Architectural Photogrammetry*), įkurto bendradarbiaujant su ISPRS (*International Society of Photogrammetry and Remote Sensing*), tikslas (Statutes CIPA 2004) Pagal CIPA nuostatas architektūros paminklas gali būti tinkamai atkurtas ir saugomas detalai išmatavus ir dokumentavus, vykdant paminklo stebėseną atsižvelgus į jo aplinką bei tinkamai saugant architektūrinio paveldo informacijos ir valdymo sistemas, įtraukiant ir integruojant susijusias disciplinas, toliau tobulinant skaitmeninio metodo (Santana Quintero *et al.* 2007). Siekdamas įvykdyti šią misiją CIPA jungia turinčius bendrą interesą viso pasaulio architektus, istorikus, archeologus, paveldo apsaugos specialistus su skaitmeninių technologijų srityje (fotogrametrijos, CAAD, kompiuterinės grafikos, erdvinių informacinių sistemų bei kt.) dirbančiais specialistais. Organizuoja ir skatina idėjų, žinių, patirties ir mokslinių tyrimų rezultatų tarp minėtų specialistų plėtrą, inicijuoja bei koordinuoja gautų taikomųjų mokslinių tyrimų rezultatų įdiegimą į praktiką.

Vienas iš būdų plėsti skaitmeninių technologijų pasiekimus paveldo architektūroje yra renginių: konferencijų, simpoziumų, specializuotų kollokviumų, seminarų, moky-

mo medžiagos, praktinių užsiėmimų bei specializuotų kursų inicijavimas ir organizavimas. Regeneruojant architektūros paveldo objektus laikomasi tarptautinės nuomonės, išdėstytos UNESCO, ICOMOS doktrinų tekstuose, skatinančiuose naudoti visais mokslo ir technikos pasiekimais, padedančiais išsaugoti architektūrinį palikimą (Venice... 1964), užtikrinančiuose visuotinę reikšmę turinčio paveldo išsaugojimą, skatinant bendradarbiavimą (Convention concerning..., 1972), siekiančiuose valdant archeologinį paveldą išsaugoti paminklus ir vietas *in situ*, įskaitant visų susijusių dokumentų ir rinkinių tinkamą ilgalaikį išsaugojimą ir kuravimą (Charte internationale... 1990), bei kitose doktrinos.

Atlikto tyrimo objektas – tarptautinėje erdvėje mūrinių pilių regeneracijos procese naudotini fotogrametrijos, fotografijos, lazerinio skenavimo, kompiuterinės grafikos skaitmeninio metodo bei jų variacijos, remiantis užsienyje vykusių mokslo renginių medžiaga bei praktika. Straipsnyje gvildenama problema ypač aktuali šiandien, įgyvendinant Lietuvos kultūros paveldo regeneravimo bei apsaugos tikslus, architektūros paveldo integravimą į virtualią kultūros paveldo erdvę, sklaidą pasaulyje.

Mūrinių pilių skaitmeninės regeneracijos tyrimo aspektai

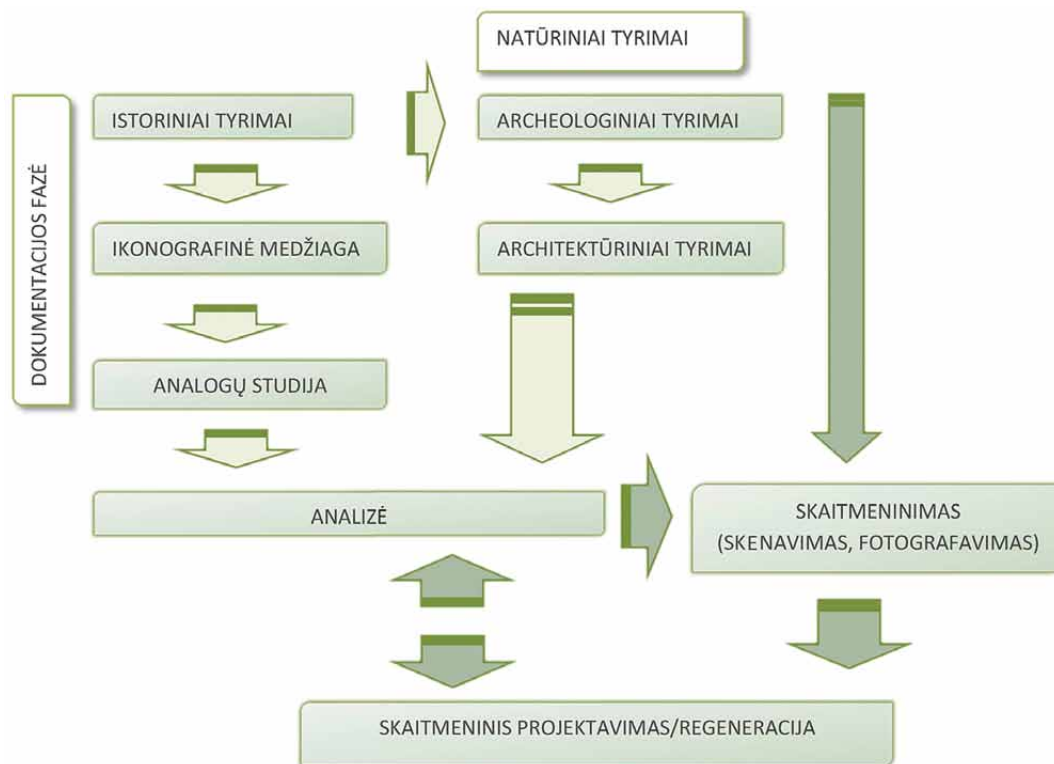
Mokslui sparčiai žengiant į priekį, skaitmeninės technologijos taptautinėje erdvėje tampa svarbios mūrinių pilių regeneracijos procese (Eppich 2011). Etapais atlikus mūri-

nės pilies matavimo duomenų, 3D, fotonuotraukų, brėžinių, išlikusios autentiškos medžiagos, pilies istorijos aspektų bendrą analizę, galima atkurti visą mūrinės pilies statybos evoliuciją (Kurdiovsky, Wittine 2011). Remiantis įvairiausias kompleksiniais tyrimais, prasidedančiais pirmame pažinties su pilimi etape, ji įvertinama vizualiai, susidaromas pirminis įspūdis, nustatomi jos meniniai ypatumai dabartinėje situacijoje, ankstesnių rekonstrukcinių pakeitimų ir techninio išsilaikymo lygiai, atliekami schematiniai apmatavimai, analizuojami dokumentai, literatūra. Norint gauti visapusišką, išsamų tyrimų vaizdą, be kurio negalėtų būti priimtas teisingas mūrinių pilių regeneravimo darbų sprendimas, pasitelkiama tyrimų programa, kuri apima tarpusavyje suderintą architektūrinių tyrimų darbų ciklą, inžinerines bei technines studijas. Suvienijamos architektų, istorikų, archeologų, restauratorių pajėgos, pereinama sudėtinga dokumentacijos fazė, archeologinių tyrimų duomenų analizė (Magyar 2011). Atliekami natūriniai mūrinės pilies tyrimai – pilies fiksacijos, archeologiniai, zondažiniai atidengimo darbai bei nenatūriniai pilies tyrimai – surenkami istoriniai duomenys (tekstinė ir grafinė medžiaga), atskleidžiama pilies statybos istorija, išryškinamos prarastų architektūrinių formų išlikusios liekanos, nustatomas tikslus pilies dokumentinis atstatymas pasitelkus skaitmenini-

mo technologijas. Remiantis užsienio kolegų patirtimi bei atliktais tyrimais Lietuvoje, praktiniu darbu, pateikiama autorės sudaryta mūrinių pilių skaitmeninės regeneracijos schema (1 pav.).

Lazerinis skenavimas

Taupant laiką bei sąnaudas pilies tyrimų darbams atlikti pasitelkiamas lazerinis skenavimas (*LIDAR, angl. Light Detection and Ranging*). Lyginant su kitomis matavimo sistemomis, šios technologijos naudojimas turi pranašumų kombinuojant archeologus dominančius didelio tikslumo duomenis didelėse teritorijose (Ballarin 2011). Tai viena iš pažangiausių technologijų duomenims apie esamas mūrines pilies bei jų aplinką surinkti ir modeliuoti (Santana Quintero *et al.* 2007). Net smulkiausi pilies užimamos teritorijos ir jos apylinkių paviršiaus reljefai gali būti smulkiai išanalizuoti taikant spalvinio kodavimo metodą (2 pav.). Skirtingos spalvos leidžia lengviau nustatyti mūrinės pilies elementus, jos aukščius (Blake; De Jonge 2011). Toks skenavimas palengvina pilių pažinimą, sumažina darbų vietovėje trukmę. Pažangi optinė nuotolinių matavimų technologija leidžia nustatyti atstumus iki atspindinčių paviršių ir kai kurias tų paviršių savybes (Santana Quintero *et al.* 2007). Toks



1 pav. Mūrinių pilių skaitmeninės regeneracijos schema (aut. I. Genytė)
Fig. 1. Digital regeneration scheme of masonry castles (auth. I. Genytė)

mūrinės pilies bei ją supančios aplinkos paviršius gali būti skenuojamas iš orlaivio, kuriame įtaisytas lazerinis skeneris, arba stovint ant žemės. Skenuojant iš orlaivio gaunama nereguliari labai tanki taškinė trijų matavimų geometrinė ir radiometrinė informacija. Iš tų duomenų galima greitai sukurti labai tikslų ir detalų trimatį pilies bei jos aplinkos modelį (Blake, De Jonge 2011). Nors lazerinis pilių skenavimas iš orlaivio labai efektyvus būdas, bet atviroje teritorijoje pranašumas dažnai teikiamas aerofotogrametriniams metodams. Galimas ir hibridinis variantas, kai kartu naudojami lazerinis skenavimas ir aerofotonuotraukos duomenys (Garcia *et al.* 2011).

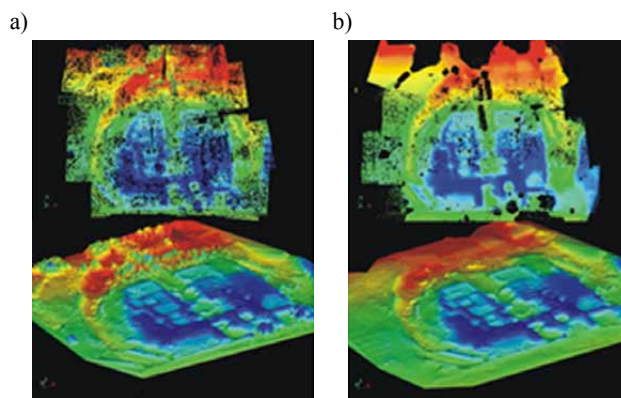


2 pav. Mont Orgueil pilies Prancūzijoje 3D lazerinis skenavimas (Digital Surveys 2010)

Fig. 2. Mont Orgueil castle in France 3D laser scan (Digital Surveys 2010)

Fotogrametrija

Fotogrametrija mūrinių pilių regeneracijai taikoma kaip būdas gauti informaciją apie mūrinių pilių elementų formą, dydį ir padėtį fiksuojant, matuojant, dešifruojant fonuotruokus. Fotografuojama stovint ant žemės paviršiaus skaitmeniniu fotoaparatu bei iš orlaivių specializuotomis fotokameromis (aerofotoaparatais) (3 pav.) atliekant nuotolinį zondavimą (skaitymą) – padaroma aerofotografinė nuotrauka (Fernandez-Palacios 2011). Nuotolinis zondavimas labiausiai paplitęs pirminis duomenų surinkimo būdas, suteikiantis galimybę surinkti duomenis apie chemines, fizines ir biologines pilies mūro savybes nuotoliniu būdu nenaudojant fizinio kontakto. Gaunama informacija yra elektromagnetinių bangų atspindžio sklaidos nuo pilies mūro rezultatas. Tam tikslui naudojami įvairaus spektro elektromagnetinių bangų (ultravioletinių; regimosios šviesos – mėlynųjų, žaliųjų, raudonųjų; infraraudonųjų – artimųjų, terminųjų, mikrobangų) jutikliai (Blake, De Jonge 2011). Toks natūros pakeitimas modeliu turi organizacinių, ekonominių bei techninių privalumų: atsiranda galimybė gauti papildomą informaciją elektromagnetinio spinduliavimo spektro zonose, nepasiekiamose vizualiai analizuoti; gaunama natūrali optinė pilių mūro savybių ir ribų generalizacija, geriau išaiškėja didesnės apimties pilies užimamos teritorijos bei pilies pastatų struktūros ir jų tarpusavio ryšių pagrindiniai dėsniai; galima operatyviai ir sistemingai tirti greitai besikeičiančius didelėse erdvėse procesus; galima automatizuoti nuotolinius matavimus ir gautų rezultatų apdorojimą; svarbi nuotolinio zondavimo ypatybė – rezultatų objektyvumas ir patikimumas.



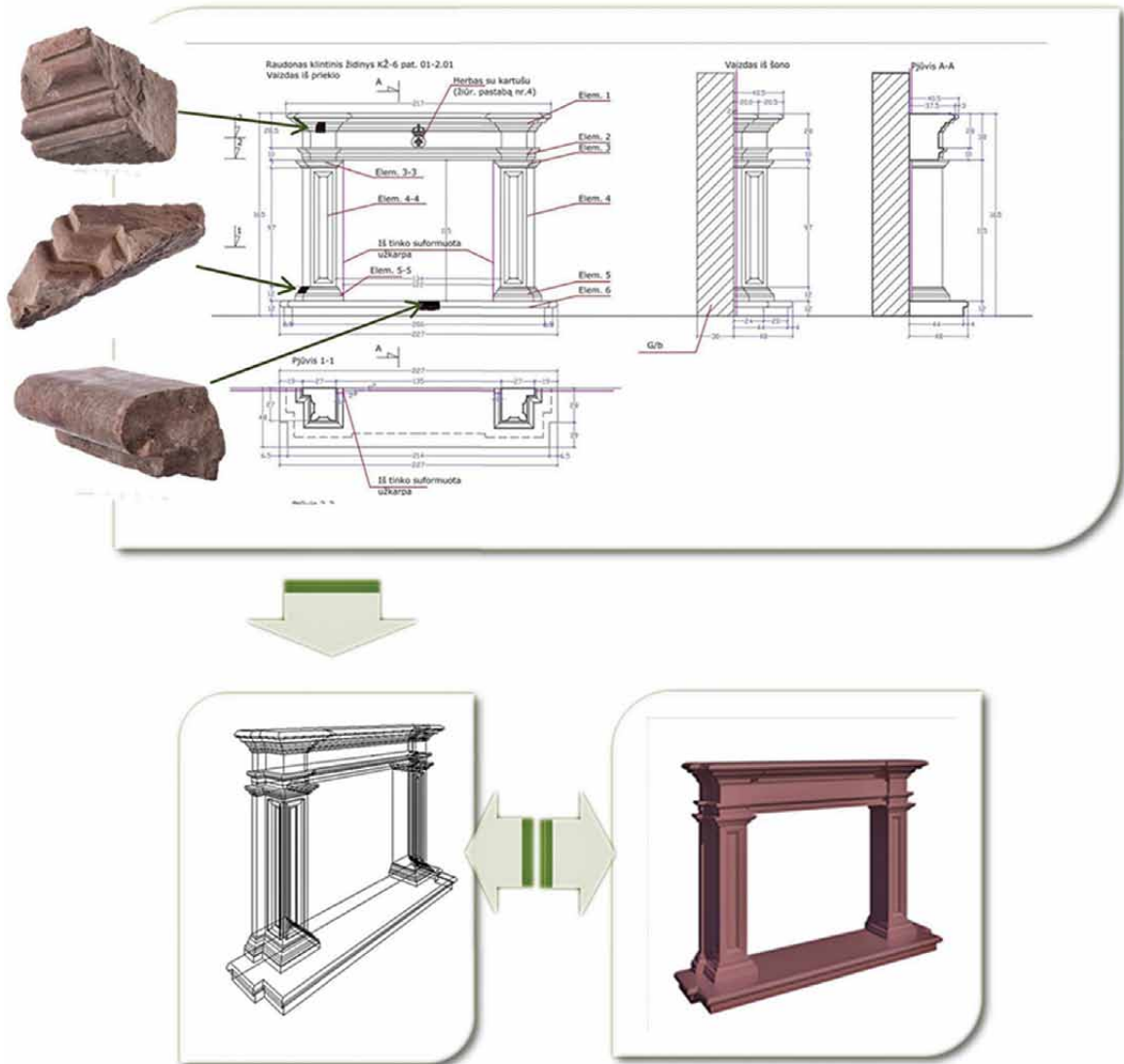
3 pav. Archeologinių vietovių fotogrametrinės apžvalgos metodai naudojant šviesos sukėlimo platformas: neapdorotas skaitmeninis reljefo modelis suderinus vaizdą (a), redaguotas skaitmeninis reljefo modelis (b). Taškų tinklas (žr. a ir b viršutinės dalis) ir paviršius po atliktos trianguliacijos (žr. a ir b apatinės dalis) (Garcia *et al.* 2011)

Fig. 3. Method for photogrammetric surveying of archaeological sites with light aerial platforms: raw digital elevation model after image matching (a), edited digital elevation model (b) Point mesh (above) and triangulated surface (below) (Garcia, J. *et al.* 2011)

Modeliavimas

Kadangi daugelis mūrinių pilių buvo statytos, rekonstruotos, restauruotos, konservuotos ar atkurtos pagal netradicinius projektus, o fortifikacinės pily, apsaugotos aukštomis sienomis, vartais bei bokštais, buvo statomos ant kalnų ar kalvų viršūnių, salose, pusiasaliuose bei kitose natūralios gamtos apsaugotose vietose, tad tokios sudėtingos ir įvairios architektūros struktūrų architektūrinių duomenų įsisavinimas bei modeliavimas yra komplikuoatas. Modeliuojant stambių sudėtingų mūrinių pilių pagrindinius elementus pagal surinktus archeologinius, istorinius, architektūrinius duomenis, įtraukiant fotogrametrijos, geodezinius bei kitus duomenis, lazerinį skenavimą bei automatinę (skaitmeninę) vaizdo techniką, greičiau pasiekiami kokybiški rezultatai (Lo Buglio 2011). Daug dėmesio skiriama vaizdo tech-

nologijoms, kurias taikant gali būti pridėdamos smulkios pilies komplekso detalės, ekonomiškios ir mobilios. Be to, vaizdo technologijų taikymas mažiausiai laiko reikalauja renkant duomenis (4 pav.) (Genytė 2011). Kuriant trimates sistemas (3D) mūrinės pilies modeliavimo procese taikoma lazerinio skenavimo technologija (Blake, De Jonge 2011). Sukurti pusiau automatiniai ir automatiniai lazerinių duomenų analizės ir pilių rekonstravimo metodai. Atkuriamos segmentų geometrinės struktūros, taškai, tiesės (briaunos), paviršiai ir rekonstruojami tūriniai pastatų su stogais modeliai. Įvairiu rakursu sudaromi apibendrintieji ir detalieji pilių modeliai su pavieniais statiniais ar jų elementais. Taikant technologiją galima nustatyti fasadų struktūrą, originalią jų spalvą, nes daugiaspektriuose vaizduose ji nesikeičia. Sudarinėjami grafiniai pilių modeliai, blokų, pilių stogų



4 pav. Archeologinių radinių panaudojimas suskaitmeninant ir atkuriant skaitmeninį trimatį interjero elementą – židinį Vilniaus Žemutinės pilies rūmuose (aut. I. Genytė, 2011)

Fig. 4. Use of the archaeological finds by digitalising and restoring digital three-dimensional interior element – fireplace in the palace of Lower castle in Vilnius. (auth. I. Genytė, 2011)

ir net pilių struktūros modeliai (Oreni 2011). Naudojant naujausią lazerinio skenavimo technologiją kuriami įvairaus profilio modeliai, tiksliai apibūdinantys pilies statybvietsės paviršių bei joje esančius ir (ar) buvusius pilies statinius ar jų elementus (5 pav.).

Iš nuskaityto pilies vaizdo stacionariu lazeriniu skeneriu galima pagaminti 3D modelį, o konvertavimo priemonė leidžia 3D bei 2D koordinatėms (platuma, ilguma ir aukštis) virsti kitomis koordinačių sistemomis (Fernandez-Palacios 2011). Galima lyginti 2D ir 3D formato vaizdus, taip pat ir skirtingų spektrinių zonų fotografinius vaizdus. Aukščių reikšmės kaupiamos ir vertinamos atliekant automatinius skaičiavimus. Tai suteikia geras eksploatacines savybes, keičiant ir demonstruojant vertikaliosios projekcijos modelius.

Skaitmeninių technologijų naudojimas leidžia žymiai pagerinti dvimačio vaizdo kokybę: pakeisti kontrastą bei ryškumą, paryškinti kontūrus, sumažinti trikdžių įtaką, pakeisti fokusavimą ir kitus vaizdus, kurie turi erdvinius iškraipymus dėl sferinio paviršiaus, galima rekonstruoti. Galima formuoti įvairius videoefektus bei juos modeliuoti.

Tobulėjant 3D modeliavimui skaitmeninės technologijos užima vis daugiau vietos regeneruojant mūrines pilies Vakarų Europos šalyse. Remiantis atliekamų mokslinių tyrimų duomenimis, skaitmeninis 3D modelis naudoja-

mas studijoms ir analizei, iškeliant tam tikras hipotezes. Skaitmeninio 3D modelio naudojimas taip pat padeda geriau suprasti pilių architektūros jų evoliucijos laikotarpiams bei rekonstrukcijų metu savybes, kurios šiandien jau nematomos (Almagro 2011). Padedantis taupyti laiką bei sąnaudas, gaunant kokybišką produktą, skaitmeninių technologijų naudojimas ypač padeda, kai sprendžiamos atliekant išnykusių ar perstatytų mūrinių pilių regeneracijos tyrimus iškilusios problemos, suteikia galimybes virtualiai pilies rekonstrukcijai. Turistams planuojamas kurti virtualios ekskursijos po 3D mūrines pilies (Renaudin *et al.* 2011).

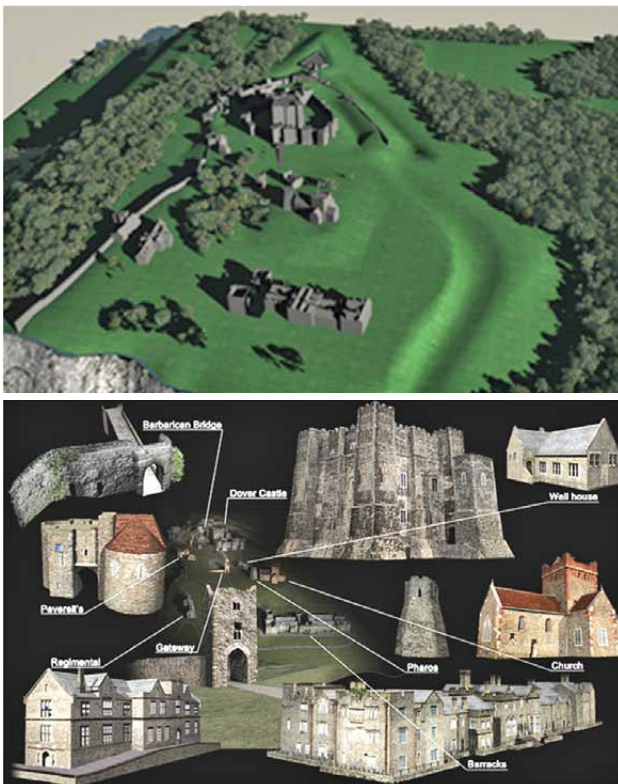
Išvados

1. Tarptautinėje erdvėje mūrinių pilių regeneracijos procese naudotini fotogrametrijos, fotografijos, lazerinio skenavimo, kompiuterinės grafikos skaitmeninio metodai kartu su vykdomais natūriniais mūrinių pilies tyrimais, pilies dokumentavimo procesais suteikia galimybes kokybiškai, greitai bei ekonomiškai pasiekti mūrinių pilių regeneravimo tikslus.
2. Skaitmeninio technologijų integravimas į mūrinių pilių matavimo, dokumentavimo procesus užtikrina tinkamą pilių stebėsenos, informacijos bei valdymo sistemų saugą.
3. Tobulėjant trimačiui modeliavimui, taupant laiką, lėšas, galima vizualiai kokybiškai atkurti mūrinių pilių evoliucijos laikotarpius, jų rekonstrukcijas, su jomis susijusį nematerialų paveldą: pilyse vykusias apeigas, šventinius renginius, vyravusius papročius, amatus. Virtualiai atkūrus Lietuvoje išnykusias mūrines pilies ar regeneravusių mūrinių pilių nematomus laikotarpius, būtų užpildyta mūrinių pilių Lietuvoje evoliucijos spraga.
4. Pateikta mūrinių pilių skaitmeninės regeneracijos schema, apimanti natūrinių tyrimų bei dokumentavimo fazes, istorinius, archeologinius, architektūrinius tyrimus, pasitelkiant analogų studiją, ikonografinę medžiagą. Remiantis surinktos suskaitmenintos medžiagos analizės produktu, atliekamas skaitmeninis mūrinių pilių projektavimas/regeneracija.

Straipsnis remiamas:

Lietuvos mokslo tarybos pagal Nacionalinę mokslo programą „Valstybė ir tauta: paveldas ir tapatumas“, vykdomą mokslo projektą „Inovatyvūs architektūros paveldo regeneravimo metodai: Panemunės pilyje“, Nr. VAT-57/2012

Europos mokslų fondo pagal PALATIUM programos tematiką „Court Residences as Places of Exchange in Late Medieval and Early Modern Europe (1400–1700)“.



5 pav. Dover pilies trimatis modelis (Heutink 2010)

Fig. 5. Dover castle 3D model (Heutink 2010)

The publication is supported by:

The Research Council of Lithuania program „The State and the Nation: Heritage and Identity (2010-2014)“, the ongoing science project „Innovative methods of regeneration of architectural heritage: castles of Panemunė“, Nr. VAT-57/2012.

European Science Foundation (ESF) program PALATIUM on field „Court Residences as Places of Exchange in Late Medieval and Early Modern Europe (1400-1700)“.

Literatūra

Almagro Vidal, A. 2011. Islamic palaces of Al-Andalus. A perceptive approach through virtual reconstruction. *Leuven workshop Virtual Palaces. Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Ballarin, M. 2011. Digital technologies for knowledge: the 3D model of the Tribuna of Palazzo Grimani in Venice. *Leuven workshop Virtual Palaces, Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Blake, B.; Van Genechten, B.; De Jonge 2011. The integration of metric data with historical context at Arenberg Castle, Heverlee. Telling the story from the evidence of social, architectural and domestic functions revealed in the interpretation of 3D and 2D measured work by RLICC 2000-2011. *Leuven workshop Virtual Palaces, Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Charte internationale pour la gestion du patrimoine archéologique. 1990 [interaktyvus], [žiūrėta 2012 11 18]. Prieiga per internetą: http://www.international.icomos.org/charters/arch_f.pdf

Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage. 1972 [interaktyvus], [žiūrėta 2012 11 18]. Prieiga per internetą: http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/pdf/CIPA_Status.pdf.

Digital Surveys. 2010. *Mont Orgueil pilies Prancūzijoje 3D lazerinis skenavimas* [interaktyvus], [žiūrėta 2012 07 18]. Prieiga per internetą: <http://www.digitalsurveys.co.uk/projects/project-images/>.

Eppich, R. 2011. New possibilities, an assessment and the future of three dimensional tools for capturing, modeling and documenting cultural heritage. *Leuven workshop Virtual Palaces. Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Fernandez-Palacios, B. J. 2011. Importance of 3D models for studies and analyses of architectural structures. *Leuven workshop Virtual Palaces, Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

García, J.; Martínez, J.; Fernández, J. J.; San José, J. I.; Martínez, R.; Delgado, F. J.; Finat, J. 2011. A hybrid methodology for documentation, information and management systems. A case study for the Palatial Complex of the Alcazarejo and the Alcázar of Valladolid. *Leuven workshop Virtual Palaces, Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Genyť, I. 2011. Recovery aspects of the Castle Palaces in the Baltic Sea Region. *Leuven workshop Virtual Palaces. Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Heutink, M. 2010. 3D Modeling & Texturing – Buildings [interaktyvus], [žiūrėta 2012 07 18]. Prieiga per internetą: <http://www.benhance.net/gallery/3D-Modeling-TexturingBuildings/8916931>.

ICOMOS, STATUTES. CIPA – Documentation du patrimoine (1969–2000: Comité international de photogrammétrie architecturale, CIPA). 2004 [interaktyvus], [žiūrėta 2012 11 24]. Prieiga per internetą: <http://cipa.icomos.org/index.php?id=7>.

ICOMOS, Venice Charter. 1964 [interaktyvus], [žiūrėta 2012 11 22]. Prieiga per internetą: http://www.international.icomos.org/charters/venice_f.pdf

Kurdiovsky, R.; Wittine, H. 2011. Re-building the Hofburg of Vienna. *Leuven workshop Virtual Palaces, Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Lo Buglio, D.; De Luca, L. 2011. Comparative study of the cognitive aspects contained in the 3D representation of cultural heritage: review of six technical and methodological approaches. *Leuven workshop Virtual Palaces. Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Magyar, K. 2011. The changing ways of the visual and physical reconstruction: a case study on Buda Castle. *Leuven workshop Virtual Palaces. Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Oreni, D. 2011. The vaults of Villa Reale in Monza: a three-dimensional virtual model for the accurate understanding of their genesis and construction techniques. *Leuven workshop Virtual Palaces. Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Renaudin, N.; Rondot, B.; De Luca, L. 2011. 3D virtual reconstruction and visualization of the Petit Trianon in Versailles. *Leuven workshop Virtual Palaces. Part I. Digitizing and Modelling Palaces*. University of Leuven. Leuven. Belgium.

Santana Quintero, M.; Blake, B.; Eppich, R. 2007. Conservation of Architectural Heritage: The Role of Digital Documentation Tools: The Need for Appropriate Teaching Material, *International Journal of Architectural Computing* 5(2): 240–253. <http://dx.doi.org/10.1260/1478-0771.5.2.240>

DIGITIZING METHODS IN REGENERATION OF MASONRY CASTLES

I. Genyť

Abstract

In monitoring, preservation and regeneration of masonry architectural heritage modern digital technologies increase performance speed and quality. In rehabilitation of masonry castles an important role is played by the digital technologies, such as laser scanning, photogrammetry, photography, two-dimensional design (2D) and three-dimensional design (3D). Fairly accurate view of the future and perceived space, restored interior and exterior details is created with the help of some or all of these technologies. Formation of the restored castle's vision is also influenced by its urban environment, preserved authentic material and even modern heritage conservation theory. This article provides an overview of digitization techniques and their variations based on approved foreign materials and practices used in the process of masonry castles regeneration.

Keywords: digital technology, masonry castles, castle regeneration, architectural heritage, design.