



**Kauno technologijos universitetas**  
Statybos ir architektūros fakultetas

**Pastatų statybos ypatumai išmaniuosiuose miestuose**  
Magistro projektas

**Andrius Vanagas**  
Projekto autorius

**Doc dr.. Rasa Apanavičienė**  
Vadovė

**Kaunas, 2018**



**Kauno technologijos universitetas**  
Statybos ir architektūros fakultetas

**Pastatų statybos ypatumai išmaniuosiuose miestuose**  
Magistro projektas

Statybos valdymas (6211EX007)

**Andrius Vanagas**  
Projekto autorius

**Doc. Dr. Rasa Apanavičienė**  
Vadovė

**Doc. Dr. Indrė Gražulevičiūtė -  
Vileniškė**  
Recenzentė

**Kaunas, 2018**



**Kauno technologijos universitetas**  
Statybos ir architektūros fakultetas

Andrius Vanagas

## **Pastatų statybos ypatumai išmaniuosiuose miestuose** Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Andriaus Vanago, baigiamasis projektas tema „Pastatų statybos ypatumai išmaniuosiuose miestuose“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

---

<b>IVADAS</b>	<b>9</b>
<b>1. Išmaniųjų miestų ir išmaniojo pastato plėtros tendencijos</b>	<b>10</b>
1.1. Išmanieji pastatai ir išmaniojo miesto sistema	10
1.2. Išmanieji miestai	11
1.3. Išmaniųjų pastatų ypatumai ir išmanioji statyba	19
<b>2. Išmaniųjų miestų ir išmaniųjų pastatų vertinimo metodologija</b>	<b>24</b>
2.1. Išmaniosios pastatų technologijos	24
2.2. Išmaniųjų miestų vertinimo sistemos	28
2.3. Išmaniųjų pastatų vertinimo sistemos	29
2.4. Išmaniųjų pastatų išmaniuosiuose miestuose vertinimo sistema	31
<b>3. Pastatų statybos ypatumų išmaniuose miestuose vertinimas</b>	<b>35</b>
3.1. Tiriamieji objektai	35
3.2. Tiriamųjų objektų analizė ir vertinimas	50
3.3. Tyrimo rezultatų apibendrinimas ir diskusijos	63
<b>IŠVADOS</b>	<b>67</b>
<b>Literatūros sąrašas</b>	<b>68</b>

## Lentelių sąrašas

- 1.1 lentelė. Išmaniojo miesto apibūdinimai.
- 1.2 lentelė. Išmaniojo miesto dimensijos
- 1.3 lentelė. Išmaniojo miesto pagrindiniai komponentai ir susiję aspektai. Lombardi et al. (2012)
- 1.4 lentelė. Išmaniojo miesto dimensijos.
- 1.5. lentelė. Išmaniuosius rajonus sudarantys elementai
- 1.6 lentelė. Pastatų infrastruktūros komponentai ir rezultatai
- 1.7 lentelė. Įprasto, išmanaus, darnaus pastatų savybių palyginimas.
- 2.1.. lentelė. Išmaniųjų medžiagų ypatybės
- 2.2.. lentelė išmaniųjų medžiagų klasifikacija
- 2.3 lentelė. Pastato projektavimo tikslai ir išmaniojo pastato veikimo rodikliai
- 2.4 lentelė. Breeam kategorijos ir įvertinimo skalė
- 2.5 lentelė. Leed reikalavimai
- 2.6 lentelė. HSBS aktualios sritys
- 2.7. lentelė. Reikalavimai pastatų ypatumams
- 2.8. lentelė .pastato veikimo rodikliai
- 2.9. lentelė. Išmaniojo miesto ypatumų pagal pastato veikimo rodiklius aprašymas
- 2.10. lentelė. Praktiniai pastato dedamųjų pagal išmaniojo miesto ypatumus pavyzdžiai.
- 3.1. lentelė. Objekto Nr. 1. įvertinimas
- 3.2. lentelė. Objekto Nr. 2. įvertinimas
- 3.3. lentelė. Objekto Nr. 3. įvertinimas
- 3.4. lentelė. Objekto Nr. 4. įvertinimas
- 3.5. lentelė. Objekto Nr. 5. įvertinimas
- 3.6. lentelė. Objekto Nr. 6. įvertinimas
- 3.7. lentelė. Objekto Nr. 7. įvertinimas
- 3.8. lentelė. Objekto Nr. 8. įvertinimas
- 3.9. lentelė. Objekto Nr. 9. ir objekto Nr. 10 įvertinimas
- 3.11. lentelė. Bendras tirtų objektų vertinimas

## **Paveikslų sąrašas**

- 3.1. pav. New York Times Building, Niujorkas
- 3.2. pav. DPR Construction Phoenix Regional Office, San Franciskas
- 3.3.pav. Pastatas Legion House at Liberty Place, Sidnėjus, Australija.
- 3.4. pav. The Leadenhall Building , Londonas
- 3.5.pav. Pastatas Siemens HQ, Masdar City, Abu-Dabis.
- 3.6.pav. Pastatas Bullitt centre, Sietlas, Vašingtonas.
- 3.7.pav. Pastatas The Edge (Deloitte HQ), Amsterdamas, Olandija.
- 3.8. pav. Glumac biuras, Šanchajus
- 3.9. pav. Verslo centras Premium, Vilnius
- 3.10. pav. DC pier biuras, Vilnius.
- 3.11.pav. Išmaniųjų miestų grafinės analizės pagal CIMI
- 3.12 pav. Objektų balų įvertinimo skaičius pagal metus
- 3.13 pav. Maksimalus balų įvertinimo skaičius pagal metus
- 3.14 pav. Įvertinimo, potencialo ir maksimalaus įvertinimo vidurkių palyginimas
- 3.15. pav. Ypatumų įvertinimo vidurkiai (radaro tipo diagrama)
- 3.16. pav. Ypatumų įvertinimo vidurkiai (stulpelinė diagrama)

Autoriaus Vanagas Andrius. Pastatų statybos ypatumai išmaniuose miestuose. Magistro studijų baigiamasis projektas. vadovė doc. dr. Rasa Apanavičienė; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir Architektūros fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Inžinerijos mokslai, statybos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: Išmanusis miestas, išmanusis miestas, Išmaniosios statybos

Kaunas, 2019. 73p.

### **Santrauka**

Pastatai yra neatskiriama miesto dalis. Didėjant gyventojų skaičiui ir vyraujant technologijų tendencijoms, atitinkamai keičiasi požiūris į pastatus ir miestus – pradedami vadinti išmaniaisiais. Jiems keliami reikalavimai, priklausomai nuo problemų su kuriomis susiduriama. Tiek išmaniesiems miestams, tiek išmaniesiems pastatams reikalavimai skirstomi į sritis. Miestams orientuojasi į ekonomiką, žmones, valdžią, mobilumą, aplinką, gyvenimą. Kai pastatams priskiriama energijos valdymas, saugumas, medžiagos, aplinka, inžinerinės sistemos, realaus laiko stebėjimas, apšvietimas. Tačiau nėra detalių metodų, kurie nustatytų pastato ypatumų integracijos į išmanųjį miestą lygį.

Darbo tikslas – rasti išmaniojo pastato ir išmaniojo miesto tarpusavio ryšį ir sudaryti metodiką, kuri tai įvertintų.

Darbo metodai : mokslinių šaltinių analizė, praktiniai pavyzdžiai.

Išanalizavus išmaniuosius ypatumus, praktinius pavyzdžius tiriant dešimt objektų atskiruose išmaniuosiuose miestuose, rastas tarpusavio ryšys ir įvertinti tirtų objektų rezultatai, kurie parodė komunikavimo tarp visų dalyvių tendencijas, kitimą, sritis, kurioms reikia skirti daugiau dėmesio, kad būtų pasiektas maksimaliai efektyvus, atitinkantis poreikius ir kokybę užtikrinantis rezultatas. Sukurta sistema galės būti vystoma autorių ir naudojama užsakovų, nekilnojamojo turto vystytojų ir rangovų ateityje, kuriant išmaniuosius pastatus išmaniuose miestuose

Darbą sudaro: įvadas, literatūros analizė, metodologija, tyrimo dalis, išvados, literatūros sąrašas ir priedai.

Apimtis – 73 puslapiai, 16 paveikslėlių, 28 lentelės, 121 literatūros šaltinių.

Author's Vanagas Andrius. Peculiarities of Building Construction in Smart Cities, supervisor doc. dr. Rasa Apanavičienė; Civil Engineering and Architecture Kaunas University of Technology.  
Study field and area (study field group): Engineering sciences, construction engineering  
Keywords: Smart city, smart building, smart construction.  
Kaunas 2019. 73p.

### **Summary**

Buildings are an integral part of the city. As the population increases and technological trends prevail, the attitudes towards buildings and cities changing accordingly - they are being called smart. They are subject to requirements depending on the problems they face. For smart cities and smart people, building requirements are divided into areas. Cities are focused on economy, people, power, mobility, environment, and life. When buildings include energy management, security, materials, environment, engineering systems, real-time monitoring, lighting. However, there are no detailed methods to determine the level of integration of the building's features in the smart city.

The aim of the thesis is to find the connection between the smart building and the smart city and to develop a methodology that would evaluate it.

Methods of work: analysis of scientific sources, practical examples.

Analyzing smart peculiarities, practical examples of ten objects in individual smart cities. Interconnection and evaluation of the results of the researched objects, which showed trends, changes in communication between all participants and areas that need more attention to achieve maximum efficiency that meets needs and quality result. Created system can be developed by authors and used by future clients, real estate developers and contractors, creating smart buildings in smart cities

Structure: introduction, literature analysis, methodology, research part, conclusions, references and appendixes.

Volume - 73 pages, 16 pictures, 28 tables, 121 literature sources



## **Įvadas**

Išmanieji miestai yra ryškiausia šiuolaikinė tendencija siekiant įgyvendinti idėjas, kurių svarbiausi aspektai yra mobilumas, gyvenimo kokybė, valdžia, aplinka, ekonomija bei žmonės. Kad šios kryptys būtų tinkamai pritaikytos sprendžiant iškilusias problemas, svarbų vaidmenį atlieka pastatai, kuriuos labai svarbu pritaikyti prie išmaniojo miesto reikalavimų. Šiuo metu daug dėmesio skiriama charakteristikoms, kurios galėtų apibūdinti projektų statybą intelektualiuose miestuose. Sąvoka „išmanusis namas“ yra apibrėžta, nustatyti net ISO standartai. Pagrindiniai aspektai į kuriuos atsižvelgiama yra pastato prisitaikymas prie miesto sistemos, jo pasiekiamumas, pritaikymas, integracija, tvarumas, darnumas – balansas su gamta. Tačiau mažai apibrėžta, kokios būtent technologijos ir kokie joms keliami reikalavimai turėtų būti taikomi statybų projektams išmaniuosiuose miestuose. Remiantis moksliniais tyrimais ir pritaikius metodus galima išanalizuoti ar medžiagų termo – fizinių savybių klasifikavimas tinkamas išmaniųjų medžiagų kategorijoms apibūdinti, ar yra kitos statybinių medžiagų savybės, kurios galėtų būti klasifikuojamos, kaip tinkamos išmaniesiems pastatams. Taip pat neaišku pagal kokius parametrus inžinerines pastato sistemas galima būtų priskirti išmaniajai kategorijai. Galiausiai, galima ištirti kokia statybų projektų valdymo praktika taikoma šiandien labiausiai pasiteisina ją pritaikant išmaniesiems pastatams lyginant su įprasta statybos praktika.

### **Darbo mokslinė problema:**

Kuriant darnią aplinką ryškiausia tendencija yra išmanieji miestai, kurie labai priklauso nuo pastatų, tačiau nėra aptarta, ar pastatų statybai intelektualiuose miestuose turi būti būdingos tam tikros charakteristikos.

**Darbo tikslas** - nustatyti ypatumus, kuriuos statybos projektai turi atitikti, kad būtų suderinti su bendruoju išmaniojo miesto kontekstu

### **Darbo uždaviniai:**

1. Išanalizuoti ir pagrįsti problemos aktualumą moksliniu ir praktiniu aspektu
2. Išanalizuoti išmaniųjų pastatų ir išmaniųjų miestų vertinimo sistemas
3. Pasiūlyti pastatų išmaniuose miestuose vertinimo metodiką
4. Atlikti pasirinktų statybos objektų ypatumų išmaniuose miestuose vertinimą
5. Pateikti išvadas ir rekomendacijas

## **1. Išmaniųjų miestų ir išmaniojo pastato plėtros tendencijos**

### **1.1. Išmanieji pastatai ir išmaniojo miesto sistema**

Pastatai - tai didelės urbanistinės sistemos dalis. Urbanistinė sistema - tai labai sudėtinga sistema, kurią sudaro šie komponentai:

- aplinka ( pastatai, infrastruktūra, architektūra );
- visuomenė paremta vertybėmis ir žmonėmis bei technologijomis;
- natūrali aplinka;

Šie aspektai kaskart mainosi vieni su kitais taip veikdami miesto nuolatinę kaitą. Pastatai - tai nuolat besikeičiančių komponentų sistemos dalis. Jiems atitenka vaidmuo, kuriame jie turi prisitaikyti prie paslaugų, žmonių kurie nori tame pastate gyventi, dirbti ar žaisti. Taip pat dalis besikeičiančių išteklių, kurių reikia pastato efektyvumui užtikrinti bei atliekų šalinimo, kuris lieka po to. Dalis nuolatos besikeičiančių sąnaudų ir produkcijos.

Urbanistinė sistema vis didėja ir didėja. Manoma, kad iki 2050 metų miestuose apsigyvens apie 70% viso pasaulio populiacijos. Miestai susiduria su dideliais iššūkiais siekiant išsaugoti sveiką gyvenamą ir darnią aplinką atsižvelgiant į didėjančią populiaciją, infrastruktūrą, didėjančius išteklius, atliekas bei paslaugas. Atliekant vieną iš pagrindinių vaidmenų palaikant miesto sistemos tvarką, pastatas turi būti išmanusis ir darnus tiek viduje, tiek išorėje. Išmanusis pastatas turi išlaikyti tvarią pasiekiamumo sistemą. Turi būti sujungtas su aptarnaujančiomis sistemomis, palaikyti naudojimo, perdirbimo ir antrinio panaudojimo bei šalinimo darną. Reikalingas balanso palaikymas - ką pasiima iš gamtos, tą atiduoda.

#### **Pastatų ryšys su miestu**

Sistemos ir įrenginiai turintys tinklo ir komunikacijos galimybes naudojami pastato viduje, kaip kad, buvimo aptikimas ir aplinkos jutikliai, pradėti naudoti ir išmaniuose miestuose. Jutikliai reaguojantys į gyventojų atpažinimą, pritaikomi stovėjimo aikštelių ir vietinio oro kokybės stebėjimui. Prilygstančioms pastatų valdymo sistemoms, išmanieji miestai turi centrinės valdymo sistemas energijos vartojimo kontroliavimui, duomenų rinkimui bei avarių nuspėjimui ir pranešimui. Kortelių prieigos ar vaizdo kamerų sistemos, naudojamos identifikuoti asmenims, kurie nėra laukiami ar keliantys grėsmę, veido atpažinimui, automobilio numerių nuskaitymui ar kredito kortelių informacijai nuskaityti.

Kaip pavyzdys, San Diego miestas, iki 2030 metų planuoja sumažinti energijos suvartojimą iki 30%. Tačiau miestas nežino kiek ir kur suvartojama energijos. Tam tikslui įrengti gatvių apšvietimo ir stovėjimo aikštelių skaitikliai. Įrengiant 3200 jutiklių bei pakeičiant tradicinius šviestuvus į LED ir tampant didžiausiu miestu, paremtu daiktų internetu (IoT), San Diego miesto gatvių apšvietimo kaštai sumažėjo 60%. Tiek išmanusis miestas, tiek pastatas reikalauja geresnės integracijos, aukštesnio lygio komunikacijų, geresnio duomenų perdavimo, priėmimo ir patikimumo, geresnio ataskaitų pateikimo ir galimybės dalintis tarp skirtingų posistemų [1].

Įtraukiant išmanių aplinkos jutiklių tinklą, kaip oro kokybės, šviesos intensyvumo ir garso lygio nustatymą, leidžia miesto valdytojams prieiti prie duomenų, kurie padeda gerinti miesto aptarnavimą. Pavyzdžiui, duomenys padeda nustatyti kada rinkti atliekas ar nukreipti eismą į mažiau perpildytas zonas. Kaip kad išmaniajame pastate ŠVOK, apšvietimo, energijos valdymo sistemos gali dirbti kartu sukuriant komfortą, saugumą bei mažas energijos išlaidas. Be geros integracijos visa tai labai sunku pasiekti. Taip ir išmaniajam miestui reikėtų žiūrėti iš „Viršaus į apačią“ (ang. from the top-down), žvelgiant į problemas kuo detaliau, įsigyjant ne vieną uždarą sistemą vienam konkrečiam tikslui, kuri neturi galimybių plėstis į kitas sritis. Galiausiai, sukurtas daugiapakopis modelis, kuris apima įmones, infrastruktūrą, įrangą ir jų lygį. Modelis leidžia pardavėjams, integratoriams ir savininkams konkurencingai įtraukti išmaniąsias sistemas išsaugant vertę visiems dalyviams [1].

## **1.2. Išmanieji miestai**

### **Išmaniojo miesto sąvoka**

Buvo manoma kad iki 2050 metų, 68% visos populiacijos gyvens miestuose remiantis jungtinėmis tautomis.. Iki tada žmonių populiacijas bus 9,7 mlrd ir 11,2 mlrd iki 2100 metų. Jungtinių tautų atnaujintame pranešime teigiama, kad 55% pasaulio populiacijos gyvena miesto zonose. Tai reiškia, kad 4 mlrd žmonių gyvens miestuose iki 2050 metų. Be to, miesto gyventojai suvartoja apie 75% visos pasaulio energijos ir sudaro 80% teršalų. Tapti efektyviu, tvariu, gyvenamu ir patraukliu, miestai turi tapti labiau išmanūs. Daugiau kaip 700 miestų iš viso pasaulio pristatė savo išmaniojo miesto projektus Išmaniojo miesto susitikime ir parodoje Barselonoje, Ispanijoje (2018). [2]

Išmanusis miestas - tai miesto zona, kuri naudoja skirtingų tipų elektroninius jutiklius informacijai surinkti, kuri panaudojama efektyviam kaštų ir išteklių valdymui. Įtraukiant gautus duomenis iš gyventojų, įrenginių bei išteklių jie apdorojami, analizuojami eismo ir transporto, elektrinių, vandens tiekimo tinklų, atliekų, teisėsaugos, informacinių sistemų, mokyklų, ligoninių ir kitų bendruomenės paslaugų valdymui. Išmaniojo miesto konceptas sujungia informacines ir ryšių technologijas bei įvairius įrenginius sujungtais su tinklu, kad optimizuoti miesto veiklos ir paslaugų efektyvumą bei prisijungti prie piliečių [3, 4].

Kuriant išmaniuosius miestus saugoma gamta, naudojamos gamtai ir žmonėms nekenksmingos medžiagos, atsinaujinantys energijos šaltiniai, mažinamas oro užterštumas, prisitaikoma prie žmogaus įpročių renkanti ir dalinanti informacija, ženkliai mažinamos išlaidos darnai palaikyti. Išmanusis miestas kaip aukštųjų technologijų intensyvus ir pažengęs miestas, jungiantis žmones, informacijos ir miesto elementus, naudojant naujas technologijas, siekiant sukurti tvarų, ekologiškesnį miestą, konkurencingą ir novatorišką verslą bei pagerinti gyvenimo kokybę [3, 4].

Išmanieji miestai naudoja informacines ir bendravimo technologijas didinant veiklos aktyvumą, dalinimuisi informacija su visuomene gerinant tiek valdžios paslaugų kokybę, tiek gyventojų gerovę. Išmaniesiems miestams nėra vieno tikslo ir konkretaus aprašymo, kuris apibūdintų jų ypatumus. Taip pat įtakos turi ir laikotarpis (1.1., 1.2. lentelės) [3, 4].

lentelė. Išmaniojo miesto apibūdinimai. [3, 4]

Išmanusis miestas aukštųjų technologijų intensyvus ir pažengęs miestas, jungiantis žmones, informaciją ir miesto elementus naudojant naujas technologijas siekiant sukurti tvarų, ekologiškesnį miestą, konkurencingą ir novatorišką verslą ir pagerinti gyvenimo kokybę.	Bakıcı et al. (2012)
Būti išmaniajam miestui reiškia naudoti visas galimas technologijas ir išteklius protingai ir koordinuotai plėtoti miesto centrus, kurie yra integruoti, gyvenamieji ir tvarūs	Barrionuevo et al. (2012)
Miestas, gerai veikiantis perspektyviu būdu ekonomikoje, žmonėse, valdžioje, mobilume, aplinkoje ir gyvenime, pagrįstas savarankiškų, nepriklausomų, informuotų piliečių veiklos ir paskirstymo kombinacija.	Giffinger et al. (2007)
Išmaniųjų miestų iniciatyvos bando pagerinti miesto veiklą naudojant duomenis, informaciją ir informacines technologijas (IT), siekiant efektyvių paslaugų teikimo piliečiams, stebėti ir optimizuoti esamą infrastruktūrą, didinti įvairių ekonominių subjektų bendradarbiavimą ir skatinti novatoriškus verslo modelius tiek privačiame tiek viešajame sektoriuje.	Marsal-Llacuna et al. (2014)
Išmanusis miestas paremtas intelektualiu informacijos mainų srautu tarp daugelio skirtingų posistemų. Šis srautas analizuojamas ir išverčiamas į piliečių ir komercines paslaugas. Miestas pasinaudos šiuo srautu, kad padarytų plačią ekosistemą efektyvią ir tvarią. Informacijos mainai grindžiami išmaniosios valdžios valdymo sistema skirta miestams tapti tvariais.	Gartner (2011)
Išmanusis miestas yra pasaulinė miestų strategijų tendencija, kuria siekiama atkurti jų kokybę. Gyventojai, gyvenantys miestuose, diegdami naujoves bei aukštąsias technologijas sprendžia problemas, susijusias su dideliu gyventojų tankiu.	(Hajduk, 2016)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• IT švietimas</li> <li>• IT infrastruktūra</li> <li>• IT ekonominė gyvenimo kokybė</li> </ul>	Mahizhnan (1999)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekonomika</li> <li>• Mobilumas</li> <li>• Aplinka</li> <li>• Žmonės</li> <li>• Gyvenimas</li> <li>• Valdžia</li> </ul>	Giffinger et al. (2007)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gyvenimo kokybė</li> <li>• Tvari ekonominė plėtra</li> <li>• Gamtos išteklių valdymas pasitelkiant politikos dalyvavimą</li> <li>• Ekonominių, socialinių ir aplinkos apsaugos tikslų derinimas.</li> </ul>	Thuzar (2011)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valdymo ir organizavimo technologijos</li> <li>• Valdžia</li> <li>• Politikos kontekstas</li> <li>• Žmonės ir bendruomenės</li> <li>• Ekonomika</li> <li>• Pastatyta infrastruktūra</li> <li>• Gamta ir aplinka</li> </ul>	Chourabi ir kt. (2102)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Žmogiškasis kapitalas (pvz: kvalifikuota darbo jėga)</li> <li>• Infrastruktūros kapitalas (pvz: aukštųjų technologijų ryšių priemonės)</li> <li>• Socialinis kapitalas (pvz: intensyvios ir atviros tinklų sąsajos)</li> <li>• Verslo kapitalas (pvz: kūrybinga ir rizikinga verslo veikla)</li> </ul>	Kourtit and Nijkamp (2012)

### Išmanojo miesto apibūdinimas, jo aspektai

Išmanusis miestas nori reaguoti į mūsų laiko iššūkius, susietus su tvarumu ir gyvenimo kokybe. Tai pasiekama, pavyzdžiui pagerinant miesto veiklos ir paslaugų efektyvumą bei konkurencingumą. Užtikrinti, kad miestas atitiktų dabartinių ir būsimų kartų poreikius, kalbant apie ekonominius, socialinius ir aplinkosaugos klausimus. Trumpai, išmanusis miestas turėtų būti vieta gyventi su geriausia gyvenimo kokybe ir efektyviausiu išteklių naudojimu.

Išmaniajame mieste žmonės keičiasi informacija ir kartu dirba projektuose. Taip pat, išmanieji miestai yra tvarūs ir jie ekonomiškai energijos, vandens, žaliavų, maisto ir finansinių išteklių atžvilgiu. Lombardi et al. (2012) išskiria šešis pagrindinius miesto aspektus (1.3. lentelė). Be to, išmanieji miestai turėtų skatinti gyventojus, įmones ir miesto paslaugas išradinėti naujus būdus organizuoti, bendrauti, dalintis ir gaminti. Miestai išmanūs tik tada, kai į savo poreikius įtraukia savo gyventojus ir įmones į projektus. Galiausiai išmanusis miestas dirba kad supaprastinti dalykus: kiekvienas geriau turėtų paprastas ir skaidrias (viešas) paslaugas. Taip susidaro aštuonios dimensijos, kurios yra išmanojo miesto pagrindas (1.4. lentelė)

1.4 lentelė. Išmaniojo miesto dimensijos.[7]

<b>Išmanieji pastatai ir infrastruktūra</b>	Išmanieji pastatai Išmanieji tiltai Išmanieji greitkeliai Išmanieji Uostai Išmaniosios medžiagos ir technologijos Išmanioji energija ir šaltiniai Išmanioji atsinaujinanti energija
<b>Išmanusis transportas ir mobilumas</b>	Išmanusis transportas Išmanioji navigacija ir sekimas Išmaniosios stovėjimo aikštelės Bendro naudojimo transportas Autonominiai automobiliai E-mobilumas
<b>Išmanusis planavimas, projektavimas ir statybos</b>	Išmanusis planavimas BIM VR 3D spausdinimas Išmaniosios statybos Išmanusis pirkimas Išmanioji tiekimo grandinė Robotai
<b>Išmanusis komunalinių paslaugų ir įrenginių valdymas</b>	Išmanioji energija Išmanusis vanduo Išmaniosios dujos Išmanieji jutikliai/įrenginiai Išmaniųjų įrenginių valdymas Išmanusis energijos/vandens valdymas
<b>Išmanioji aplinka</b>	Išmanusis atliekų valdymas Išmanusis emisijos/užterštumo kontroliavimas ir valdymas Išmanusis perdirbimas Išmanusis energijos kaupimas Išmaniosios viešosios erdvės Išmanioji bendruomenė
<b>Išmanioji valdžia, politika ir ekonomika</b>	E-valdžia Išmanioji politika Išmanusis valdymas Išmanusis sprendimu priėmimas E - atsiskaitymas E – užsakymai Inovacijos ir verslumas
<b>Išmanieji žmonės ir gyvenimas</b>	Išmanioji darbo jėga Išmanieji namai Išmanusis ūkio tvarkymas Namų robotai Daiktų internetas ( IoT) Didieji duomenys
<b>Išmaniosios paslaugos</b>	Išmanioji sveikata Išmanusis saugumas Išmanusis išsilavinimas Išmanusis sportas Išmanioji gaisro apsauga Išmanusis draudimas Išmanusis turizmas

**Pagrindiniai tikslai:** 1) gerinti aplinkos kokybę miesto erdvėje. Taip pat mažinti išmetamo CO<sub>2</sub> kiekį, eismą ir atliekas. Optimizuojant energijos suvartojimą, sukuriant energiją taupančius pastatus, buitinę techniką ir elektroninius prietaisus. Baigiant perdirbama energija ir naudojant atsinaujinančius išteklius. 2) Gyvenimo kokybės stiprinimas. Teikiant geresnes viešąsias ir privačias paslaugas, tokias kaip viešojo transporto ir sveikatos priežiūros paslaugas [5].

**Idealus išmanusis miestas**, tai miestas, kuriame galima mėgautis sveiku ir maloniu gyvenimu, kur gali turėti patikimą transportą, kur darbas yra geras ir kur jis yra saugus. Ir, aišku, tai taip pat tvarus miestas. Kur ekonomika skleidžia naują sėkmingą veiklą ir kur visi mėgaujasi kultūra. Idealus išmanusis miestas, kaip protingas organizmas, tikrina savo gyvybines funkcijas, reguliuoja save ir saugo savo sveikatą, sumažinant urbanizacijos trūkumus. Atsikratytas miesto spūsčių, būsto trūkumo, nesveikos koncentracijos smulkių dulkių, perpildytų miesto centrų, žlungančių socialinių struktūrų ir triukšmo [5].

lentelė. Išmaniojo miesto pagrindiniai komponentai ir susiję aspektai. [2]

	<b>Išmaniojo miesto aspektai</b>	<b>Susiję miesto gyvenimo komponentai</b>
1.	Išmanioji ekonomika	Industrija Inovacijos ir konkurencingumas
2.	Išmanieji žmonės	Išsilavinimas Kūrybiškumas ir socialinis kapitalas
3.	Išmanioji valdžia	E – demokratija Dalyvavimas ir teisių suteikimas
4.	Išmanusis mobilumas	Logistika ir infrastruktūra Transportas
5.	Išmanioji aplinka	Efektyvumas ir tvarumas Ištekliai
6.	Išmanusis gyvenimas	Apsauga ir kokybė Kultūra

1) Pažangus verslas apima tokius aspektus kaip inovacijos, verslumas, lanksti darbo rinka ir tarptautinis tinklas. Valstybės parama moksliniams tyrimams ir plėtrai, valstybės išlaidos švietimui, BVP vienam miesto gyventojų skaičiui, nedarbo lygis

2) Išmanieji žmonės – tai ne tik miesto žmonių ugdymas, bet ir socialinė sąveika, visuomenės sąmoningumas ir dalyvavimas visuomeniniame gyvenime. Gyventojų su viduriniu išsilavinimu procentas, užsienio kalbų įgūdžiai, dalyvavimas mokymuose visą gyvenimą, individualus kompiuterių įgūdžių lygis, patentų paraiškos vienam gyventojui

3) Pažangi valdžia apima valdžios skaidrumą, viešųjų ir socialinių paslaugų prieinamumą ir piliečių dalyvavimą priimanant sprendimus. Mieste esančių universitetų ir mokslinių tyrimų centrų skaičius, prieinamumas e – valdžioje, namų ūkių, turinčių interneto prieigą namuose procentas, e – valdžios naudojimas asmenims.

4) Transporto sistemos ir (IRT) infrastruktūra yra išmaniojo mobilumo dalis, o jo prieinamumas ( tiek fiziškai, tiek skaitmeniniu būdu ) atlieka svarbų vaidmenį.

5) Išmanioji aplinka skirta tvariam išteklių valdymui, aplinkos apsaugai ir taršos problemoms. Ambicingas CO2 išmetimo mažinimo strategijos, efektyvus elektros energijos ir vandens naudojimas, žaliųjų zonų plotai, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos intensyvus nuo energijos suvartojimo, politikos, kuriomis siekiama išvengti miestų padrikimo, perdirbtų atliekų dydis.

6) Galutinis aspektas (išmanusis gyvenimas ) skiriamas piliečių gyvenimui, įskaitant kultūrą, sveikatą, saugumą, būstą ir socialinę sanglaudą. Rekreacinių sporto ir laisvalaikio srities dalis, viešųjų bibliotekų skaičius, knygų skolinimasis ir kitos žiniasklaidos priemonės, muziejų vizitai, teatro ir kino lankomumas.

#### **Išmaniųjų miestų kartos ir raida (1.0; 2.0; 3.0;)**

Pastebėta, kad kai kuriuose miestuose pasikeičia išmaniųjų miestų koncepcija. Išskirti trys skirtingi etapai, kaip miestai įsitraukė į technologijas ir plėtrą. Toliau judančių technologijų kompanijas, valdomas miesto valdžios, ir galiausiai – piliečiai. Kai kurie miestai juda iš vieno etapo į kitą. Kiti užstrigę ties vienu, darant eksperimentus su išmaniaisiais miestais [6, 7, 8, 9, 10, ].

#### **Išmanieji miestai 1.0 Technologiškumas**

Tarptautinėms technologijų kompanijoms gauti potencialą pakeisti miestų technologijas, siekiant aukšto efektyvumo bei aukšto technologiškumo, yra vienas pagrindinių tikslų. Ir anksti prisitaikantys miestai užtikrintai pirktų, tai, ką jos parduotų. Ši į technologijas orientuota vizija išmaniesiems miestams sudaro aplinką, kuri patraukli miestų technologijų inovacijoms, kurios turi potencialą didinti darbo vietas ir ekonomiką [8,9,10].

Technologijų tiekėja skatina priimti sprendimus miestams, kurie nevisai turi galimybes tinkamai suprasti technologinių sprendimų pasekmes ir kaip jie gali paveikti piliečių gyvenimus. Dėmesys paversti miestą tinkamu ir pritaikytu tiek transportui, tiek pėstiesiems mažai svarbus. To rezultatas netvarkinga kelių infrastruktūra [8,9,10].



## **Išmanieji miestai 2.0 Technologijų integravimas, pritaikymas prie miesto sistemos**

Šiame etape vadovauja miestai, o ne technologijų tiekėjai. Šios kartos savivaldybė, kuriai vadovauja perspektyvūs merai ir miesto administratoriai, užima pirmaujančią vietą padedant nustatyti kokios jų miesto ateitis ir koks vaidmuo yra pažangių technologijų ir kitų inovacijų. Miesto administratoriai vis daugiau dėmesio skiria technologiniams sprendimams, kurie padeda pagerinti gyvenimo kokybę [8,9,10].

Taip pat žingsnis siekiant atspindėti žmonių poreikius ir jų mastą. Kaip žmonės sąveikauja, tvarko darbotvarkę. 2.0 yra labiau konsultacinis. Miestas matomas labiau suapvalintas, susiejant fizinį, socialinį ir ekonominį aspektus bei transportas tampa labiau mobilus ir sujungtas [8,9,10].

Ekologijų ir natūralių sistemų vertė kyla, kartu su ekologiškais technologijomis ir energijos valdymu. Didesnis dėmesys išskirtinumui, estetikai, žmonių komfortui ir vietos suvokimui [8,9,10]

## **Išmanieji miestai 3.0 Piliečių bendra kūrimas**

3.0 eina dar vienu žingsniu priekyje, įgyjami 2.0 pranašumai, ir remiamasi piliečių kolektyvine vaizduote ir intelekto gebėjimu bendrai kurti ir formuoti savo miestą. Kuriant miestą atsižvelgiama į emocinį poveikį žmonėms, kaip jie susiduria su sukurtu produktu, todėl yra didelis susirūpinimas dėl viešosios erdvės, žmonių mąsto ir estetikos. Tai prisitaikantis miestas, kuris savo lankstumu valdydamas save turi daugiau galimybių tapti atsparus ir pasitikintis ateitimi [8,9,10].

Miestas naudoja turimas technologijas, kad sukurtų aplikacijas. Sąveikūs, savi reguliaciniai ir interaktyvūs įrenginiai, kurie mums parodo, kaip mūsų miestas eina realiu laiku. Tai padeda vizualizuoti, stebėti ir kontroliuoti miestą. Tikslas yra panaudoti techninius pajėgumus, siekiant sukurti išmaniają ekonomiką, mobilumą, gyvenimo aplinką. Kad tai įvyktų reikalaujami išmanieji tinklai ir jutikliai, atviri dalyvaujantieji ir atviros duomenų platformos bei miesto paslaugų programos (app). Šie stebėsenos tikslai padeda išlaikyti tvarumą. Siekiama turėti visišką ir integruoja požiūrį į miesto sistemas kaip energija, transportas, sveikata ir užimtumas (darbingumas), analizuojant, renkant piliečių atsiliepimus ir pasidalinant informacija visoms miesto agentūroms ir departamentams, kad priimti geresnius sprendimus [8,9,10].

Tikslas yra numatyti problemas, kaip eismo kliūtys ar energijos vartojimo perteklius, siekiant sumažinti miesto paslaugų ir operacijų trukdžių poveikį. 3.0 galvoja apie vientisą jungtį, kuri įmanoma pasitelkiant išmanųjį ir perspektyvų valdymą, kur būtina skubiai ir integruotai spręsti išskylančias problemas, kad būtų koordinuojami įvairių sričių ir tarpvalstybinių agentūrų išteklių. [8,9,10]

### **Išmaniojo miesto technologijų tendencijos.**

Išmanusis miestas tai miestas, kurį planuojant galutinis tikslas sujungti viską su visais, naudojant naujausias technologijas. Susijungimo galimybė, kuri sukuria didelį duomenų kiekį, panaudojama gerinti miesto aptarnavimą, infrastruktūrą, be to, gerinant gyventojų aplinką ir kokybę. Kadangi, išmanus ir tvarus miesto planavimas paveikia visus, būtina žinoti ir suprasti kokios technologijos įtraukiamos statant juos, ir kaip jos gali pagelbėti pasiekti galutinius tikslus transformuojant miestą į iš tikrųjų išmanų ateities miestą. Šiuo metu vyrauja įvairios technologijų tendencijos [14, 15, ] :

### **Išmaniosios miesto technologijos**

- Informacijos ir komunikacijos technologijos
- Geografinės erdvės technologijos
- 5G technologijos
- Daiktų internetas
- Jutikliai
- Dirbtinis intelektas
- Virtuali ir papildyta realybė
- „Blockchain“

### **Išmanieji rajonai**

Išmanieji rajonai susideda iš trijų pagrindinių: efektyvus energijos vartojimas naudojant išmaniuosius tinklus ir centralizuotas šildymo bei aušinimo sistemas, naujo mobilumo ir IRT (ang. ICT.) naudojimą. Derinant šiuos tris aspektus tarpusavyje, energijos apkrovos gali būti sumažintos ar padidintos priklausomai nuo piko meto, kad maksimalizuoti energijos efektyvumą ir integravimą atsinaujinančių šaltinių siekiant nulinės energijos balanso. Naudojant IRT, energijos tiekėjai ir politikos formuotojai gali naudotis stebėsenos duomenimis ir užtikrinti skaidrumo lygį, kad piliečiai piliečiai galėtų prisiimti atsakomybę dėl išmaniojo energijos valdymo ir pokyčių įpročių. Iš esmės automatizuota sistema gali sumažinti administracines apkrovas ir sumažinti su jomis susijusias išlaidas, tuo pačiu metu kuriant darbo vietas kituose sektoriuose. Visa tai pasiekama atsižvelgiant į tris pagrindinius elementus, kurie sudaro rajono sistemas – pastatai, energija, infrastruktūra (1.5. lentelė) [17, 20, 21].

1.5. lentelė. Išmaniuosius rajonus sudarantys elementai [14, 15]

<b>Išmanieji pastatai</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatinės sistemos</li> <li>• Durų ir langų jutikliai</li> <li>• Išmaniojo pastato laidų sistema</li> <li>• Išmanioji techninė ir buitinė įranga</li> <li>• Išmaniosios inžinerinės sistemos</li> <li>• Išmanusis nuotolinis valdymas</li> </ul>
<b>Išmanioji energija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Išmanusis energijos valdymas</li> <li>• Išmanieji tinklai</li> <li>• Išmaniojo apšvietimo kontroliavimo sistemos</li> <li>• Išmanieji saulės energijos sprendimai</li> <li>• Išmanusis vandens / elektros stebėjimas</li> <li>• Termostato valdymo sistemos</li> </ul>
<b>Išmanioji infrastruktūra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pažangios eismo valdymo sistemos</li> <li>• Pažangios kelionės informacijos paslaugos</li> <li>• Komerčio transporto priemonių eksploatacijos paslaugos</li> <li>• Informacijos valdymo sistemos</li> <li>• Išmanieji sprendimai statant automobilį</li> <li>• Belaidės platformos</li> </ul>

#### **Išmaniųjų rajonų technologijos [22, 23,]**

- Išmaniosios šildymo ir vėsinimo sistemos
- Išmaniosios atsinaujinančių šaltinių panaudojimo technologijos
- Dirbtinis, besimokantis intelektas (algoritmai)
- Tikslių duomenų stebėjimo ir kontroliavimo sistemos
- Energijos ir išteklių kaupimo sistemos
- Aplinkos ir oro kokybės stebėjimo ir informavimo, analizavimo ir kontroliavimo sistemos

#### **1.3. Išmaniųjų pastatų ypatumai ir išmanioji statyba**

##### **Pastato integracija ir balansas**

Pasak JAV žaliųjų pastatų tarybos (ang. US Green Building Council (USGBC)), Amerikoje, žmonės sunaudoja apie 30% energijos, daugiau negu reikia, vertinant vidutinį biurų pastato energijos nuostolius dėl šilumos, šalčio, apšvietimo ir t. t. (U. S. Green Building Council 2015).

Išmanusis pastatas turi prisitaikyti prie įvairių transportavimo ir naudojimo alternatyvų, įvairių žmonių ir vietų. Pastatus užmiestyje daug lengviau projektuoti negu tuos, kurie bus mieste. Tokie faktoriai kaip vieta ar būsimos problemos turi būti aptartos pačioje projekto planavimo pradžioje. Integravus pastatą į miesto sistemą, jo savarankiškumas turėtų prisitaikyti prie gyventojų įtakos, ką jie daro ir ko nori, bei kaip pasirenka transportą iki jo patekti. Naudojant informacines bei komunikacines technologijas išmaniuosiuose pastatuose įrengtos sistemos matuoja, simuliuoja, modeliuoja, analizuoja, apdoroja ir vizualizuoja energijos ir vandens naudojimą juose.

Teoriškai, išmanusis pastatas galėtų būti statomas tiesiog viduryje dykumos; surenkant saulės energiją, audrų vandenį paverčiant į geriamąjį, kompostuoti organines atliekas kaip trąšas dirvožemiui, bei generuoti energiją iš tai, kas liko. Tačiau didelė dalis pastatų statomi miestuose, o ne dykumose. Taigi, kad ir koks savarankiškas būtų namas, kas atsitiktų, jeigu nors vienas šaltinis dingtų, pavyzdžiui saulė. Pastatai turi keistis sistemomis vieni su kitais, jie turi komunikuoti su didesne urbanistine sistema. Pastato vidus turi keistis informacija su išore.

Integruotasis namas nuo pritaikytojo, kuris orientuotas į žmones, skiriasi tuo, kad jo tikslai susijungti su sistemomis, kurios užtikrintų vartojamų išteklių šaltinius, atliekų naudojimą, antrinę panaudojimą, perdirbimą bei šalinimą.

Pastatas reikalauja energijos, kai nėra saulės, kai reikia transportuoti išteklius iš išorės, pavyzdžiui, vandeniu, kuriam reikia energijos cirkuliacijos palaikymui viduje. Išmanusis pastatas gali gauti naudos iš dalijimosi gaunamais ir atiduodamais ištekliais su apsupta aplinka.

Kalbant apie pastatus, gyventojus ir komunikavimą su kitais sistemos komponentais, apskritai gerinant gyvenimo kokybę, gyventojų patirtį ir sveikatą žmonių, kurie gyvena, dirba ar žaidžia išmaniajame pastate yra dar vienas svarbus faktorius – ryšys su gamta, jos grožiu, estetika.

Daugelis didelio efektyvumo pastatų turi technologijas, kurios leidžia ir garantuoja efektyvų tiekimą bei šalinimą ar antrinių išteklių panaudojimą. Ryšio tarp žmogaus ir gamtos fenomenas yra vadinamas biofilija. Dauguma studijų parodė, kad natūralūs ir gamtos elementai gyvenamoje aplinkoje turi teigiamų savybių sveikatai, gerai savijautai, produktyvumui ir laimei. Dėl to inžinieriai ir architektai bando mokytis iš gamtos ir kurti technologijas, kurios imituotų gamtą ir procesus, kurie vyksta gamtoje. Tai vadinama biometrika.

### **Išmaniojo pastato sąvoka**

Atsižvelgiant į Jungtinių Tautų Aplinkos apsaugos programos tyrimus, pastatai suvartoja apie 40% visos pasaulio energijos. 25%, 40% globalių išteklių ir išskiria apie 30% visų išmetamų šiltnamio dujų kiekio. Priimant išmaniojo pastato sprendimus reikia atsižvelgti į ekologiją, saugumą ir produktyvumą. Manoma, kad tai sutaupytų iki 30% vandens, 40% energijos suvartojimo bei 10-30% sumažintų pastato priežiūros išlaidų.

Pažangūs pastatai tai skaitmeninis architektūros ir inžinerijos pažangos plėtojimas. Išmanusis pastatas mokosi iš gautos patirties, kad laiku priimtu kuo efektyvesnius ir sumanesnius sprendimus, leidžiančius maksimaliai padidinti komfortą ir produktyvumą mažiausiomis energijos sąnaudomis. Išmanusis pastatas kitaip, yra save prižiūrintis statinys, kas labai svarbu esant besikeičiančioje aplinkoje arba kažkas pradeda veikti ne taip kaip turėtų. Visa tai prasideda integruojant visą naudingą

informaciją teikiančius jutiklius, kitas sistemas. Taigi, išmanieji pastatai yra vizijos centre aprūpinant informacinę infrastruktūrą su galimybe iš tiesų paversti pasaulį protingą ir būti su juo susijungus. Tačiau nėra vienos, išskirtinės sistemos apibūdinant pastatą, kurią galėtų pasinaudoti visi suinteresuoti dalyviai. Siekiant tikslų išmanieji pastatai turi sudaryti infrastruktūras, kurios išskiriamos į keturias kategorijas (1.6. lentelė) [24, 26]

**Išmaniųjų pastatų ypatumų sritys [21] :**

- Energijos valdymas
- Saugumas
- Medžiagos
- Aplinka
- Pažangias pastato sistemos funkcijos (ŠVOK, vertikalus transportas, pastatų būklės stebėjimas)
- Komunalinės paslaugos, valdymas
- Integracija, sąveika

**Išmaniojo pastato siekimas prisijungti [23]**

- Prisijungimas prie pastato sistemų
- Prisijungimas prie žmonių ir technologijų
- Prisijungimas prie pirminių sistemų
- Prisijungimas prie pasaulinės aplinkos
- Prisijungimas prie išmaniųjų tinklų
- Prisijungimas prie išmaniosios ateities

1.6 lentelė. Pastatų infrastruktūros komponentai ir rezultatai. [25]

	Komponentai	Rezultatai
Planavimo infrastruktūra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reikalavimai ir naudojimas per ateinančius 20 metų</li> <li>• Pagrindinės pastato sistemos, subsistemos</li> <li>• Informacinių technologijų sąrašas</li> <li>• Kabeliai ir laidai</li> <li>• Biudžetas ir išlaidos</li> <li>• Energijos planavimas ( paklausa ir naudojimas, pirkimai, naudingumo planai, nuolaidos, alternatyvos, atsakas).</li> <li>• Tvarumo reikalavimai</li> <li>• Integracijos planas sistemų apjungimui, papildymui ir prisitaikymo ateityje galimybės</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geresnis mechaninis ir elektrinis projektavimas su tinkamo dydžio įranga</li> <li>• Nereikalingų technologijų pašalinimas</li> <li>• Spragų nustatymas</li> <li>• Apibrėžtas technologijų ir komunikacijų planas</li> </ul>
Fizinė infrastruktūra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ŠVOK sistemos</li> <li>• Komunalinės sistemos</li> <li>• Apsaugos sistemos</li> <li>• Priešgaisrinės signalizacijos sistemos</li> <li>• Apšvietimo sistemos</li> <li>• Statybos sistemos prietaisų skydelis</li> <li>• Kabeliai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atskiros funkcijos duomenų rinkimui, normalizavimui ir koreliacijai</li> <li>• Analizės ir darbo eigos taisyklių variklio kūrimas</li> <li>• Tarpinės įrangos integravimo variklis</li> </ul>
Informacinė infrastruktūra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IBMS (intelligent building management system)</li> <li>• Duomenų rinkimas</li> <li>• Duomenų analizavimas</li> <li>• Klaidų aptikimas ir diagnostika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energijos analizė</li> <li>• Sistemų veikimas</li> <li>• Aplinkos analizė</li> <li>• Veiklos patikimumas</li> </ul>
Paslaugų infrastruktūra	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizuota reakcija</li> <li>• Aktyvumas</li> <li>• Nuspėjamumas</li> <li>• Energijos optimizavimas</li> <li>• Veiklos ataskaita</li> <li>• Skaitmeninis skaidrumas</li> </ul>

Nagrinėjant pastatus pastebėta, kad pastatai siekia kuo efektyvesnių ir bendrų tikslų. Tačiau pastatus taip pat galima skirstyti į tam tikras kategorijas, kaip pvz: įprastas pastas, išmanusis pastatas, darnusis pastatas, kiekvienas jų turi skirtingus reikalavimus, nors vienas su kitu gali ir mainytis (1.7. lentelė).

1.7 lentelė. Įprasto, išmanaus, darnaus pastatų savybių palyginimas.

	Įprastas pastatas	Išmanusis pastatas	Darnus pastatas
<b>Medžiagos</b>			
Betonas	Stipris; tankis; įgėris; atsparumas, cikliškumas;	Savaime besigydantis; Rodiklių, realiu laiku, informacija tankis;	Kenksmingumas aplinkai, antrinis panaudojimas, kaina;
Plytos	Šiluminė varža; cikliškumas;	Rodiklių, realiu laiku, informacija;	Kenksmingumas aplinkai, antrinis panaudojimas, kaina;
Apdaila	Storis; tankis;	Prisitaikymas prie aplinkos (oro, vandens, šilumos, išvaizdos reguliavimas);	Kenksmingumas aplinkai, kaina;
Langai	Šiluminė varža;	Savaiminis šviesos, šilumos pralaidumo reguliavimas;	Šilumos varža, medžiagos, kaina;
Dažai	Sukibimas; cikliškumas; dengiamumas; tankis; džiūvimo laikas;	Savaiminė arba lengva priežiūra ;	energijos taupymas (šilumos laidumas); CO2 emisijos mažinimas, kaina;
<b>Inžinerinės Sistemos</b>			
Jungikliai	Įprasti jungikliai;	Judesio davikliai; app realaus laiko stebėjimas;	Energijos taupymas, kaina;
Vėdinimas, šiltinimas	Natūralus; reguliavimas rankiniu būdu;	Savaiminis prisitaikymas, reguliavimas nuo aplinkos pokyčių;	Energijos taupymas, atsinaujinančių išteklių panaudojimas, kaina
Apšvietimas	Įprastas; rankinis intensyvumo reguliavimas;	Nuolat keičiasi priklausomai nuo paros laiko; Spalvų suderinimas;	Energijos taupymas, kaina;
Vandens sistemos	Įprasta kanalizacija;	vandens surinkimas, išvalymas; antrinis panaudojimas;	Energijos taupymas, antrinis panaudojimas, kaina;
<b>Statybų valdymas</b>			
Informacijos valdymas	Įprasti brėžiniai, skaičiavimas rankomis. Informacijos daug ir ne vienoje vietoje	Brėžiniai 2D ir 3D, projektavimas, redagavimas, proceso sekimas realiu laiku, informacija pateikiama greitai, kur ir kada reikia.	-
Transporto valdymas	Įprastas atvežimas ir iškrovimas	Medžiagų savybių realiu laiku sekimas, atvežtų elementų pažymėjimas ir nuotolinis įvedimas į sistemą	Siekama skirtingus elementus pristatyti į vieną tašką, o vėliau į objektą, taip pat, kuo trumpesnis kelias, surinkimas gamykloje

## 2. Išmaniųjų miestų ir išmaniųjų pastatų vertinimo metodologija

### 2.1. Išmaniosios pastatų technologijos

#### Išmaniojo pastato technologijos

##### Išmaniosios medžiagos

Tai medžiagos, kurios sugeba pateikti unikaliai naudingą atsaką, kai aplinkoje vyksta tam tikri pakeitimai. Kitaip tariant, tai medžiagos, kurios sugeba keisti savybes reaguodamos į išorės dirgiklius bei pateikiant tam tikrą atsaką į juos. Išmaniųjų medžiagų individualios struktūrinės, jutiklinės ir veikiančios sudedamosios dalys dabar gali būti apibūdintos, kaip vienas komponentas, taip supaprastinat projekto sudėtingos sistemos dydį bei sudėtingumą. Tačiau medžiagos negali pilnai pakeisti visos sistemos, dažniausiai tai tik didelės ir sudėtingos išmaniosios sistemos dalis. Išmaniosioms medžiagoms priskiriamos įvairios ypatybės (2.1 lentelė), taip pat, jos ir klasifikuojamos (2.2 lentelė). [30]

2.1.. lentelė. Išmaniųjų medžiagų ypatybės

Išmaniųjų medžiagų ypatybės
• Šaldanti stiklų danga
• Šaldantys stogai ir grindys
• Lengvos priežiūros danga
• Triukšmo slopinimo sluoksnis
• Garso sugėrimo danga
• Oro valymo danga
• Taršos sulaikymas, pašalinimas

2.2.. lentelė išmaniųjų medžiagų klasifikacija

Išmaniųjų medžiagų klasifikacija
• Pjezoelektrikai
• Magnetostrikinės
• Termoelektrikai
• Spalvos keitimas
• Formos atmintis
• Reologija
• Kitos

**Išmanusis betonas** - betonas labiausiai paplitus medžiaga statyboje. Naudojant elektros srovę, organinių ir neorganinių junginių gydomąsias medžiagas bei bakterijų kapsules neseniai buvo sukurtas betonas, kuris galėtų pats save „išsigydyti“ (ang. self-healing concrete). Betonui įtrūkus, šios medžiagos ir kapsulės išskiria skystį, kuris užpildo susidariusią ertmę ir ją užpildo. Taip pat į betoną įmaišius anglies pluoštą, jis tampa laidus elektrai, tad prijungus prie informacinių sistemų galima realiu laiku stebėti kokios apkrovos jį veikia bei gauti pranešimus apie atsiradusius įtrūkimus [27, 29].

**Termokeraminiai dažai** - pasitelkus naujausias technologijas sukurti termoizoliaciniai dažai, kurių pagrindinis tikslas - energijos taupymas. Dažų membraną sudaro speciali rišamoji medžiaga vandens pagrindu, kurioje yra milijonai vakuuminių tuščiavidurių stiklo keramikos rutuliukų (burbuliukų), kurių skersmuo 10-100 mikronų. Išdžiūvęs dažų sluoksnis polimerizuojasi ir tampa tvirta, stangria, tankia, nepraleidžiančia drėgmės 0,3 mm storio struktūra (membrana). Šios membranos savybės užtikrina šilumos energiją taupančias savybes. Šilumos laidumą, lyginant su mūro siena, galima sumažinti iki 50% ir sutaupyti 5% energijos išlaidų. Paviršius tampa nepralaidus vandeniui ir purvui. [28]



**Išmanieji langai** – sukurta nauja langų technologija leidžia jiems reaguoti į aplinkos pokyčius. Reaguodami į temperatūrą išmanieji langai šiltu metų laiku praleidžia saulės šviesą, tačiau atspindi nepageidaujamą saulės karštį. Šaltu metu jie padeda išlaikyti šilumą absorbuodami saulės šviesą. Gali būti pasyvūs langai, kuriems nereikia elektros energijos. Jie reaguoja į šviesą (ang. Photochromic glass) arba temperatūrą (ang. Thermochromic glass). Arba gali būti aktyvūs langai, kuriais teka elektros srovė, leidžianti vartotojui kontroliuoti šviesos pralaidumą pagal poreikius

#### **Išmaniosios pastatų inžinerinės sistemos**

Pastatų išmaniųjų inžinerinių sistemų paskirtis – sudaryti sąlygas patogiai ir efektyviai valdyti gyvenamųjų ir darbo patalpų įrangą atsižvelgiant į individualius gyventojų poreikius ir pageidavimus, nepamirštant tokių aspektų kaip komfortas, saugumas, ekonomiškumas, energetinis efektyvumas ir reprezentatyvumas.

**Elektros tinklai** – šių tinklų tikslas prijungti pastatą prie elektros tinklų, kurie generuoja elektra iš atsinaujinančių šaltinių. Tam naudojami saulės kolektoriai, vėjo jėgainės ar hidroelektrinės.

**Dujų tinklai** – dujų tinklai orientuoti į efektyvų natūralių dujų išgavimą. Dujos išgaunamos iš biomasės, pvz: šieno. Biomasė šildoma, pasiekus aukštą temperatūrą išgaunamos dujos – tai vadinama „dujinimu“ (ang. Gasification). Taip pat, surenkat iš pastatų atliekas ir srutas, jas kompostuojant gaunamos biodujos (ang. BIOGAS).

**Vandens tinklai** – skiriamas dėmesys vandens suvartojimui, surinkimui, antriniam panaudojimui, filtravimui bei kokybės stebėjimui ir užtikrinimui.

**Oro tiekimo tinklai** – tiekiant orą labai svarbi jo kokybė, kuri užtikrinama naujų technologijų įrenginiais, filtrais, stebėjimo sistemomis, atsižvelgiama į kuo natūralesnius, nereikalaujančius energijos variantus

**Išmaniosios valdymo sistemos** – valdymo sistemos leidžia prietaisus valdyti nuotoliniu būdu, stebėti ir kaupti informaciją apie prietaisų veikimą. Tokiu būdu galima taupyti energiją, užtikrinti saugumą ir komfortišką gyvenimo sąlygas. Dauguma pastatų inžinerinių sistemų valdymo sistemų yra sujungiamos su internetiniais serveriais, taip jas galima valdyti ir stebėti jų darbą ne tik tiesiogiai per valdymo pultus ant sienų, bet ir nuotoliniu būdu. Šildymo, vėdinimo įranga gali būti automatiškai reguliuojama pagal laiką, nustatytus scenarijus, žmonių buvimo vietą.

#### **Išmaniojo pastato valdymo sistemos [30]:**

- Išmanaus pastato projektavimas
- DDC (direct digital control)
- BAS (building automation system)
- BMS (building management system)
- FMSI (Facility Master System Integrator)

## Išmaniosios statybų technologijos

Šiomis dienomis naujos technologijos statybose leidžia sudėtingus projektus atlikti kuo optimaliau nuo projektavimo iki išmaniojo statybos informacijos valdymo pasitelkiant išmaniąsias technologijas (2.3 lentelė). Technologijų pagalba kuriamos programos ir priemonės, kurios keičia įmonių požiūrį į projektų projektavimą, planavimą bei vykdymą. Įdiegiant pažangią programinę, techninę įrangą bei analitinius pajėgumus, kurie orientuoti į konstrukcijas, leidžia panaikinti problemas, kurios dešimtmečius trukdė statybų sektoriui, įskaitant sunkumus, susijusius su projekto informacijos sudarymu ir dalijimusi. Šie patobulinimai rinkoje atsirado pačiu laiku, nes statybos projektai tampa vis sudėtingesni ir brangesni, o valdytojai spaudžiami, norėdami pagerinti išlaidas, terminus ir efektyvumą. [33, 34, 35,]

2.3 lentelė. Pastato projektavimo tikslai ir išmanusis statybos valdymas

<b>Pastato projektavimo tikslai:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diegimo išlaidų mažinimas</li><li>• Priežiūros išlaidų mažinimas</li><li>• Mokymų išlaidų mažinimas</li><li>• Investicijų išlošimas</li><li>• Daugia sistemų sujungimas</li><li>• Atskiro vartotojo sąsaja</li><li>• Konkurencingi pasiūlymai</li><li>• Pirkėjų pasirinkimai</li><li>• Įmonių sistemų mažinimas</li></ul>
<b>Išmaniųjų statybų valdymas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Išmanioji statybų aikštelės aplinka</li><li>• Informacijos integravimas, bendradarbiavimas</li><li>• Išmanusis statybų valdymas</li></ul>
<b>Išmaniųjų statybų siekiama informacija</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aplinkos informacija</li><li>• Kokybės informacija</li><li>• Saugos informacija</li><li>• Tiekimo informacija</li><li>• Progreso informacija</li></ul>

## Išmaniųjų technologijų statybose tendencijos

- GIS/GPS
- RFID (Radio-frequency identification)
- Vaizdo stebėjimas
- Jutikliai
- Lazeriai
- IoT (daiktų internetas)
- Egzoskeletai

**Informacinis statinio valdymas** – tai procesas kurio metu yra kuriama ir valdoma visa statinio informacija visais jo gyvavimo ciklais, t. y. nuo pirminės projekto koncepcijos iki jo nugriovimo. Į informacinį statinio valdymą (BIM (ang. Building information modeling)) įeina skaitmeninis statinio modelis, erdvinis jo sąryšis su aplinka, geografinė informacija, visi pastato architektūrinių, konstrukcinių ir inžinerinių sistemų sprendimai, elementų bei medžiagų kiekiai ir jų kokybiniai parametrai, tame tarpe energetiniai rodikliai. BIM sistema leidžia visiems projekto dalyviams (užsakovams, projektuotojams, NT vystytojams ir rangovams) efektyviai bendradarbiauti: veiksmingai tikrinti, derinti, peržiūrėti ir perduoti visą projekto informaciją į vieną statinio modelį, tuo pačiu sumažinti dokumentacijos bei atliekamų darbų kiekį. Be to BIM suteikia galimybę tiksliai planuoti projekto išlaidas, greitai įvertinant visų projekte esančių elementų kainas, leidžia sėkmingai bendradarbiauti ir keistis informacija bei padeda sklandžiai organizuoti projektavimo, tiekimo, statybos, eksploataavimo procesus. [31, 32, 33, 34].

**Dronai** – naudojant nuotoliniu būdu valdomus dronus labai patogiu prižiūrėti didelės apimties statybas. Mokslininkai parengė sistemą, kuri leidžia naudojant bepiločius orlaivius stebėti objektų statybos procesą ir nustatyti vietas, kuriose dėl kokių nors priežasčių statyba sulėtėjo. Be to, siekiant automatizuoti didelių struktūrų statybas, buvo atliktas eksperimentas, per kurį užprogramuoti dronai surezgė tiltą iš virvių. Taigi, tikėtina, kad dronai gali tapti svarbiu įrankiu ateities statybose. [33, 34].

**3D statyba - 3D spausdinimas** – tai vis greičiau populiarėjanti technologija. 3D spausdintuvas veikia su ant platformos esančiu antgaliu, kuris dozuoja betoną ir namus stato remdamasis kompiuterio modeliu. Ši technologija naudojama tiek norint namus statyti pigiai, tiek komercinėje gamyboje ar ypatingos skubos atveju. Namas ar eilė namų, kurie gali turėti skirtingą dizainą, gali būti statomi vienu spausdintuvo veikimo etapu. Taip pat ypač ženkliai padidėja darbų sauga bei sumažėja aplinkos tarša. [31, 32, 33, 34].

**Dirbtinis intelektas** – robotai vis dažniau pradedami naudoti statybų aikštelėje atliekant mūrijimo, betono išpilstymo, suvirinimo ar griovimo darbus. Gamtoje sutinkami vieni sumaniausių darbininkų – termitai, kurie su smėlio grūdėlio dydžio smegenimis sugeba su kitais šimtais tūkstančių termitų pastatyti dideles ir sudėtingas molio struktūras. Termitai atkreipė Harvardo tyrėjų dėmesį vien dėl to, kad kiekvienas termitas dirba individualiai, negaudamas įsakymų iš kokio nors pagrindinio termito, tai užprogramuota jų genetikoje. Taigi mokslininkai sukūrė mažus statybų robotus, kurie savarankiškai organizuoja darbus jutiklių pagalba žinodami apie kitų robotų buvimą vietą ir padarytus darbus. Pasitelkus dirbtinį intelektą apdorojant projekto informaciją būtų optimizuotas produktų kūrimas, kokybės kontrolės testavimas bei projektavimas. Dirbtinio intelekto pagalba būtų daroma mažiau klaidų ir elementų praleidimų, sukuriamos saugesnės darbo vietos, patobulinama darbo eiga, taupomas laikas ir nustatomi galimi pavojai ir nelaimės [31, 32, 33, 34, 35].

## **2.2. Išmaniųjų miestų vertinimo sistemos**

Šiuo metu, labiau nei bet kada, miestams reikia vystyti strategijas, planuoti procesus ir tik tuomet nusistatyti kelią į inovacijas bei teikti pirmenybę aspektams, kurie svarbiausi ateičiai.

Strateginio planavimo procesas – tai dalyvavimas, lankstumas ir galutinio tikslo nustatymas, kuris apibrėžtų tvarų veiksmų planą, kurio pagalba metropolis taptų unikalus ir žinomas. Kiekvienas miestas yra unikalus ir nepakartojamas ir turi savo poreikius bei galimybes. Taigi miestas turi parengti savo planą, nustatyti prioritetus ir būti pakankamai lanksčiu, kad prisitaikytų prie pokyčių [36].

### **ISO 37120:2018**

Įgyvendinant naują tarptautinių standartų seriją, kuriant visapusišką ir integruotą požiūrį į tvarų vystymąsį, apimančią miesto paslaugų ir gyvenimo kokybės išmaniojo miesto rodiklius ir lanksčiojo miesto rodiklius, standartų rinkinys ISO 37120:2018 suteikia požiūrį į tai, kas yra matuojama, ir kaip tai turi būti atliekama. Standarte pateikti rodikliai susiję su bandymo metodais buvo sukurti padėti miestams vystytis [37] :

- įvertinti miesto paslaugų valdymą ir gyvenimo kokybę
- mokytis vieniems iš kitų, palyginant įvairius veiklos rezultatus
- remti politikos vystymą ir prioritetų nustatymą

### **CIMI**

Dauguma išmaniojo miesto vertinimo sistemų sutelktos į išmaniąsias technologijas arba konkrečius kriterijus. Miestas turi pasirodyt gerai atsižvelgiant į daugybę elementų. Tam tikslui sudarytas „miesto veikimo indeksas“ (ang. k. City in motion index (toliau CIMI)). Šis indeksas skirtas padėti visuomenei ir vyriausybėms suprasti devynių miesto dimensijų vaidmenį: žmogiškąjį kapitalą, socialinį sąryšį, ekonomiką, valdymą, aplinką, judėjimą ir transportą. Visi šie rodikliai yra susieti su strateginiu tikslu, dėl kurio atsiranda naujos ekonominio vystymosi formos: visuotinio miesto kūrimas, verslumo dvasios skatinimas ir naujovės, neskaitant anksčiau minėtų aspektų. CIMI indeksas sudarytas iš 9 dimensijų, kurias apima daugybė rodiklių, (viso 83 rodikliai). Šiuo indeksu iširta 165 miestai visame pasaulyje ir nustatytas jų išmaniojo miesto lygis. [38]

### 2.3. Išmaniųjų pastatų vertinimo sistemos

Yra sukurtos ir kuriamos įvairios vertinimo sistemos, kurios nusakytų pastato, ar jo dedamųjų ( medžiagų, inžinerinių sistemų) išmanumo, protingumo, darnumo bei „žalumo“ lygį.

#### **BREEAM**

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) - Tai pastatų poveikio aplinkai vertinimo ir klasifikacijos standartas.

BREEAM įvertina įsigijimą, projektavimą, statybą ir kūrimo veikimą pagal įvairius uždavinius, pagrįstus veiklos rodikliais. Dėmesys skiriamas tvariai vertei įvairiose kategorijose, pokyčiai įvertinami ir sertifikuojami pagal skalę ( 2.4. lentelė). BREEAM apima visus pastato gyvavimo ciklus. Todėl statybos sprendimai, laikantis BREEAM reikalavimų, padeda efektyviai naudoti energiją, užtikrina darbuotojų palankias sąlygas ir tausoja aplinką [39].

2.4 lentelė. Breeam kategorijos ir įvertinimo skalė [39]

<b>BREEAM vertinimas</b>		
<b>Atnaujinimo procesas</b>	<b>Kategorijos ir lyginamasis svoris</b>	<b>Įvertinimo skalė</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Projekto tikslai</li><li>• Plačios projektavimo galimybės</li><li>• Pirkimų procesas</li><li>• Rangovo reikalavimai</li><li>• Papildomos priemonės</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vadyba, administracija (12%)</li><li>• Sveikata ir gerovė (17%)</li><li>• Energija (43%)</li><li>• Vanduo (11%)</li><li>• Medžiagos (8%)</li><li>• Atliekos (3%)</li><li>• Inovacijos (10%)</li><li>• Tarša (6%)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Neklasifikuotas (&lt;30%)</li><li>• praleistas (&gt;30%)</li><li>• geras (&gt;45%)</li><li>• labai geras (&gt;55%)</li><li>• Puikus (&gt;70%)</li><li>• nepakartojamas (&gt;85%)</li></ul>

#### **LEED**

Viena populiariausių vertinimo sistemų, nusakančių pastato darnumą – LEED (ang. Leadership in Energy and Environmental Design). Tai vertinimo standartai, paremti balų vertinimo sistema, kuri apima 32 šalis. Leed sudarytas vertinimas yra paremtas tam tikrais reikalavimais (2.5 lentelė) bei orientuojasi į atskiras sritis [39]:

- Darnios statybos
- Vandens naudojimas
- Energija ir atmosfera
- Medžiagos ir šaltiniai
- Vidinės aplinkos kokybė
- Dizainas

2.5 lentelė. Leed reikalavimai [39]

<b>Vieta ir transportas</b>	Žemės apsauga ir priėjimas prie viešojo transporto
<b>Tvarios teritorijos</b>	Žalios, atviros erdvės, taršos mažinimas
<b>Vandens efektyvumas</b>	Vandens mažinimas, kokybės užtikrinimas
<b>Medžiagos ir išteklių</b>	Atsakingas statybinių medžiagų perdirbimas, tvarūs medžiagų šaltiniai
<b>Vidaus aplinkos kokybė</b>	Natūralus apšvietimas ir efektyvus oro kondicionavimas
<b>Energija ir atmosfera</b>	Optimali tvarios energijos gamyba, matavimai.
<b>Inovacijos</b>	Naujų savybių ir procedūrų diegimas

### Honeywell smart building score (HSBS) (išmaniojo pastato balas)

Pastatas sudarytas iš aktyvių ir pasyvių komponentų. Pasyvūs komponentai tai vieta, architektūra bei panaudotos medžiagos. Tai yra statiški ir nekeičiami elementai. Tačiau aktyvūs komponentai kaip įrenginiai, programos, integracija, analizės ir kita gali būti keičiama per pastato gyvenimą. “Honeywell smart Building score” analizuoja tik aktyvius komponentus bei tuos kuriuos HSBS laiko svarbius pastato gyvavimo cikle (2.6 lentelė). Taigi HSBS išmatuoja galimybes, aprėpia veikimo laiką šių aktyvių komponentų ir akcentuoja 15 technologinių grupių, kurios įvertina tris pagrindinius aspektus, kurie vertinami iki 100 balų ir išvedamas visų trijų komponentų vidurkis [40]:

2.6 lentelė. HSBS aktualios sritys [40]

<b>Ekologiškumas</b>	Lankstus vėdinimas ir šildymas Energijos suvartojimo stebėjimas ir kontrolė Energiją taupantys elektriniai prietaisai ir santechnikos įrenginiai Gamtos išteklių išsaugojimas ir efektyvus naudojimas
<b>Saugumas</b>	Sekimo ir įsibrovimo valdymas Gaisro nustatymas ir perspėjimas Žmonių ir automobilių atranka ir priėjimo kontrolė Nelaimių pranešimai Dujų ir vandens nutekėjimo aptikimas ir pranešimas Darbuotojų sauga ir personalo apsauga
<b>Produktyvumas</b>	Nepertraukiamas energijos tiekimas Laidinė ir bevielė komunikacija ir infrastruktūros duomenys Žmonių, automobilių ir krovinių judėjimo valdymas Vidaus aplinkos komfortas, kokybė, kontrolė

## **Building intelligent quotient (BiQ)**

Pastato protingumo lygiui nustatyti sukurta internetinė svetainė su daugiau kaip 300 klausimų, kurie parodo protingumo koeficientą – BiQ (ang. Buildings intelligent Quotient). Šis koeficientas atsižvelgia į [41, 42]:

- Sistemų apžvalgą (operatorių įgūdžiai, mokymai, paleidimas)
- Energijos paskirstymą
- Balso ir duomenų sistemas (telekomunikacijų infrastruktūra)
- Prisijungimo parinktį (tinklai)
- Pažangias pastato sistemos funkcijas (saugumas, gyvybės saugumas, ŠVOK, vertikalus transportas, pastatų būklės stebėjimas)
- Pastatų ūkio valdymo programos (komunalinės paslaugos / valdymas)
- Sub-sistemų veikimas pablogėjusiam režimui ( nesėkmės, avarijos)
- Sub-sistemų veikimas pastato automatinėje aplinkoje ( integracija, sąveika)

### **2.4. Išmaniųjų pastatų išmaniuosiuose miestuose vertinimo sistema**

Atlikus mokslinių straipsnių analizės dėl pastato ypatumų išmaniuosiuose miestuose išanalizuoti ir palyginti taikomi tradiciniai metodai su netradiciniais įvairiose statybos srityse. Palygintos naujų technologijų medžiagų savybės su įprastomis, išmaniųjų inžinerinių sistemų identifikavimas ir panaudojimas, be to, surašyti aspektai, kurie apibūdintų išmaniąją statybą, jos technologijas, valdymą, priežiūrą. Analizuotos pastato savybių vertinimo sistemos, kurios yra visapusiškos ir gali apimti visą pastato gyvavimo ciklą. Pagrindinis tikslas subalansuoti projekto energijos sąnaudas, aplinkosaugą ir ekologiją, prisitaikymą prie aplinkos įvertinant technologinę bei socialinę – teisinę puses.

Pagal technologijų vyraujančias tendencijas iškeliami ir apibūdinami reikalavimai pastato medžiagoms, inžinerinėms sistemos bei statybos valdymui apibrėžti (2.7. lentelė). Kad atitiktų išmaniojo miesto reikalavimus pastatui nustatyti prisijungimo, veikimo rodikliai (2.8. lentelė). Kuriant išmaniųjų pastatų ypatumų išmaniuose miestuose vertinimo sistemą sudaromi penki pagrindiniai aspektai, pagal kuriuos bus vertinamas pastatas (2.9. lentelė). Aspektams patikslinti surašomi medžiagų, inž. sistemų ir statybos valdymo reikalavimai (2.10. lentelė). Bus vertinamas vienas iš penkių aspektų, kiekvienas atskirai, suteikiant balus pagal pastato veikimo rodiklius ir atlikti jų keliamus tikslus, skiriami iš viso aštuoni balai, po vieną balą kiekvienam veikimo, prisijungimo rodikliui.

2.7. lentelė. Reikalavimai pastatų ypatumams.

<b>Medžiagos</b>		
<b>Darnumas</b>	medžiaga vertinama pagal ekologiškumą, kenksmingų junginių išskyrimą, antrinį panaudojimą, utilizavimą, pirkimo ir įrengimo kainą	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naudojama perdirbimui tinkama ir perdirbta medžiaga</li> <li>• Nekenksminga žmogui ir aplinkai medžiaga</li> <li>• Medžiagos pagaminimo kaštai ir kenksmingumas aplinkai kuo mažesnis (gamyba, transportavimas, montavimas)</li> <li>• Naudojamos medžiagos kuo artimesnės gamtai</li> </ul>
<b>Prisitaikymas prie aplinkos</b>	gebėjimas reaguoti ir prisitaikyti prie aplinkos keičiant spalvą, formą ar padėtį, išsaugojimo, susitaisymo galimybė.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medžiaga geba susitaisyti, „pasigydyti“</li> <li>• Medžiaga geba keisti spalvą ir ryškumą</li> <li>• Medžiaga geba keisti savo formą</li> <li>• Medžiaga reikalauja mažai priežiūros, geba pasirūpinti savimi (pvz: palaikyti švarų paviršių)</li> </ul>
<b>Informacijos valdymas:</b>	medžiagos savybė perduoti informacija realu laiku apie charakteristikas, apkrovas, aplinkos rodiklių pokyčius	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medžiagos gebėjimas perduoti informaciją apie aplinkos ir savo būseną</li> <li>• Bevielis tinklas</li> </ul>
<b>Inžinerinės sistemos</b>		
<b>Darnumas</b>	priklauso nuo sistemos kuriamo teigiamo poveikio energijos taupymui. Atsinaujinančių išteklių panaudojimas išgauti energiją vėsinimui ar šildymui, vandens panaudojimas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naudojama kuo daugiau rūšių „žaliosios“ energijos</li> <li>• Įrengtos sistemos rūšiavimui, perdirbimui</li> <li>• Sistemos su kuo didesniu efektyvumo rodikliu</li> </ul>
<b>Prisitaikymas prie aplinkos</b>	Jutiklių, bevielio tinklo pagalba prisitaikymas prie žmogaus, jo įpročių, reguliuojama šviesa, iš anksto sudaromas mikroklimatas, valdomi liftai ir judėjimas viduje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Įrengti jutikliai, kurie reaguotų į aplinką</li> <li>• Įrengti jutikliai, reaguojantys į žmones</li> <li>• Įrengti jutikliai, sekantys energijos ir įvairių išteklių suvartojimą</li> </ul>
<b>Informacijos valdymas:</b>	Informacija kaupiama analizuojama, prieinama įvairioms šalims.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebėjimas kaupti, analizuoti, dalintis suvartojimo informacija</li> <li>• Gebėjimas sukauptą informaciją panaudoti siekiant darnumo</li> <li>• Bevielis tinklas</li> </ul>
<b>Statybos valdymas</b>		
<b>Darnumas</b>	vertinami medžiagų pristatymo kaštai, laiko sąnaudos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuo didesnis kiekis resursų išgaunamas iš kuo artimesnio regiono</li> </ul>
<b>Analizė</b>	pastato analizės sudarymas prisitaikant prie aplinkos, šešėlių, vėjo judėjimo, statybos procesų nelaimingų atvejų nuspėjime	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informacija apie statybas tarp jos dalyvių pasiekama realiu laiku</li> <li>• Įrengti jutikliai, skeneriai nuskaitantys transportą, įvykdytus darbus</li> <li>• Jutiklių pagalba teikiama informacija apie medžiagų, darbų kokybę</li> </ul>
<b>Informacijos valdymas:</b>	sekti realaus laiko informaciją, jos prieinamumas visiems statybos dalyviams	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sudaroma projekto analizė atsižvelgiant į kuo daugiau parametrų, kurie įtakoja tiek statybas, tiek projekto eksploatavimą</li> </ul>



2.8. lentelė pastato veikimo rodikliai [42]

Pastato veikimo rodikliai	Aprašymas
Galimybė prisijungti (sistemos ir posistemės)	Prisijungimas laidiniu ar belaidžiu būdu prie tinklo
Galimybė matyti informaciją (realiu laiku)	Reakcija į bet kokius aplinkos pokyčius, arba tam tikrų srautų kiekio sekimas.
Galimybė rinkti informaciją	Informacijos (arba energijos) rinkimas su galimybe ją dalintis ar panaudoti ateityje.
Galimybė apdoroti informaciją (analizavimas)	Gebėjimas atskirti gautą informaciją ir daryti atitinkamus veiksmus.
Galimybė priimti sprendimus (ataskaita)	Gautos analizės įvertinimas ir raportavimas apie pokyčius.
Galimybė palyginti (bazinis įvertinimas)	Išvadų sudarymas remiantis analize, sukauptą per tam tikrą laikotarpį
Galimybė patvirtinti, pagrįsti (Tendencijos, patikimumas, vystymasis)	Tendencijų įvedimas, technologijų vystymas, nuolatinis ir patikimas tobulėjimas
Galimybė kontroliuoti	savarankiškas sprendimų priėmimas arba galimybė kontroliuoti nuotoliniu būdu.

2.9. lentelė Išmaniojo miesto ypatumų pagal pastato veikimo rodiklius aprašymas

Išmanioji energija	Reakcija į energijos pasikeitimus realiu laiku prisijungiant prie tinklų. Gautos informacijos kaupimas, analizavimas, palyginimas su ankstesniais pokyčiais ir pagrindimas priimant sprendimus, perimant kontrolę užtikrinant kuo efektyvesnę veikimą.
Išmanusis mobilumas	Gaunant informaciją iš aplinkinių dalyvių apie, jų judėjimą ir poreikius. Prisijungiant prie tinklų sudaromos palankios sąlygos efektyviam aprūpinimui ir infrastruktūrai atsižvelgiant į praeityje iškilusias problemas, jas sprendžiant pagrįstomis tendencijomis ir vystymu.
Išmanusis gyvenimas	Nelaimių numatymas, saugumo, sveikatos, komforto ir kokybės užtikrinimas automatinio ar prisijungimo prie tinklo būdu, su galimybe kaupti, analizuoti informaciją, ją palyginti ir daryti pagrįstus sprendimus.
Išmanioji aplinka	Išorinės aplinkos stebėjimas, analizavimas ir prisitaikymas prie jos, gebėjimas priimti informaciją iš įtaką turinčių dalyvių ir institucijų. Atsinaujinančių išteklių, perdirbamų medžiagų, atliekų valdymas bei palyginimas ir pagrindimas žiūrint į praeitį sudarant ataskaitas prisijungus prie tinklo.
Išmanieji duomenys	Surinktų duomenų apjungimas juos analizuojant, palyginant ir pagrindžiant. Sudaromos ataskaitos ir perduodamos skirtingiems dalyviams, kurie perima kontrolę nuotoliniu būdu

2.10. lentelė Praktiniai pastato dedamųjų pagal išmaniojo miesto ypatumus pavyzdžiai.

Ypatumai	Išmani energija	Išmanus mobilumas	Išmanus gyvenimas	Išmani aplinka	Išmanūs duomenys
Medžiagos	Galimybė generuoti energiją (pvz: foto elementai). Internetas ir elektra tiekiamas tuo pačiu laidu (pvz: mažai energijos reikalaujantis apšvietimas).	Belaidis energijos perdavimas.	Atsparumas ugniai, nekenksmingumas sveikatai, natūralumas ir artumas gamtai.	Perdirbtos ir tinkamos antriniam panaudojimui. Prisitaikymas prie šviesos srauto (pvz: stiklas). Gebėjimas keisti formą (pvz: šešėlių sudarymas)	Perduodama informacija laidiniu ar bevieliu tinklu
Inžinerinės sistemos	Prisijungimas prie išmaniųjų tinklų. Jutikliai. Valdymo sistemos.	Atliekų sekimas. Jutikliai.	Vaizdo stebėjimo, atpažinimo sistemos. Vandens kokybės, atliekų kenksmingumo sekimas.	Vandens surinkimas, filtravimas, antrinis panaudojimas. Natūralus oro srauto valdymas. Atsinaujinantys šaltiniai.	Perduodama informacija laidiniu ar bevieliu tinklu
Statybų valdymas	Šviesos valdymas, ekologiška energija.	Ištekliai iš kuo artimesnių šaltinių bei centralizuotų taškų. Komponentų surinkimas už aikštelės ribų. Transporto, medžiagų sekimas realiu laiku. Nuotolinis transporto valdymas.	Saugos, darbų kokybės mokymai. Veiklos sekimas (pvz: GPS įdiegta šalme). Virtuali realybė. Nelaimingų nutikimų nuspėjimo sistemos. Egzoskeletai.	Jutikliai aplinkos stebėjimui ir analizavimui (tiesiogiai). Aplinkos detali analizė (projektuojant). Skenavimas (3D) Triukšmo, kenksmingų dalelių lygis. Atliekų perdirbimas.	Projekto informacijos keitimasis tarp skirtingų dalyvių. Elementų stebėjimas aikštelėje. Transporto būsenos informacija belaidžiu ryšiu

### 3. Pastatų statybos ypatumų išmaniuose miestuose vertinimas

#### 3.1. Tiriamieji objektai

- Niujorkas
- Londonas
- Sidnėjus
- Sietlas
- Abu Dabis (Masdaras)
- Seulas
- Amsterdamas
- San Franciskas
- Šanchajus
- Barselona
- Stokholmas
- Vilnius
- Birštonas

#### Niujorkas

Kalbant apie išmaniuosius miestus, tiek Jungtinėse Valstijose, tiek visame pasaulyje, negalima nepaminėti Niujorko miesto. Šis miestas pasižymintis užsibrėžtais tikslais, jų įvykdymu, žmonių gerovės rūpinimusi ir energijos sutaupymu pirmauja pasaulyje tarp išmaniųjų miestų, netgi pavadintas Išmaniuoju Niujorko miestu (ang. Smart City New York (SCNY)).

Apšvietimo atnaujinimas atvėrė dideles galimybes. Kuomet vis dar populiarūs kibirkštinio ir pirmosios kartos fluorescencinis apšvietimas, o apšvietimo valdikliai naudojami retai – dauguma didžiųjų pastatų apšvietimo sistemų valdomi rankiniu būdu. Niujorko vyriausybė suprato energijos taupymo galimybes apšvietimo atnaujinimu ir 2013 metais pradėjo Greitojo išsaugojimo ir efektyvumo programą. Kol kas programai skirta 350 mln. dolerių finansuojant 650 pastatų priklausančių 16 miesto agentūrų. Dauguma šių projektų paremti LED apšvietimo modifikacijomis ir sutaupoma 800 tūkst. Dolerių per metus. Taip pat, užkertamas kelias daugiau nei 900 metrinių tonų šiluminio efektą sukeliančioms dujoms.

Niujorko miestas, turintis beveik 9 mln. gyventojų, Niujorko miestas suvartoja 3,8 mlrd. litrų vandens kiekvieną dieną. Aplinkos apsaugos departamentas dislokuoja didelio masto automatinio matavimo skaitymo (ang. Automated Meter Reading (AMR)) sistemą, kad geriau suvoktų vandens suvartojimą, tuo pačiu suteikiant vartotojams naudingą priemonę, kad kiekvieną dieną būtų galima patikrinti vandens naudojimą. AMR įrenginiai įrengti daugiau kaip 800 tūkst. nuosavybėse, kartu su mažos galios radijo įrenginiai. Naudojant šią sistemą pasiektas 17% didesnis tikslumas lyginant su ankstesniais metais bei 3% mažesnės sąskaitos.

Išmanioji matavimo sistema taip pat naudinga vartotojams: sistema praneša apie vandens vartojimą nuo 4 iki 24 kartų per parą. Sistema integruojama su išmaniųjų telefonų programa, kuri gali įspėti klientus apie galimą vandens nutekėjimą, kai pastebimas nenormalus vandens suvartojimas. Vandens nutekėjimo programa labai sėkminga, leidžianti sutaupyti daugiau 73 mln. dolerių.

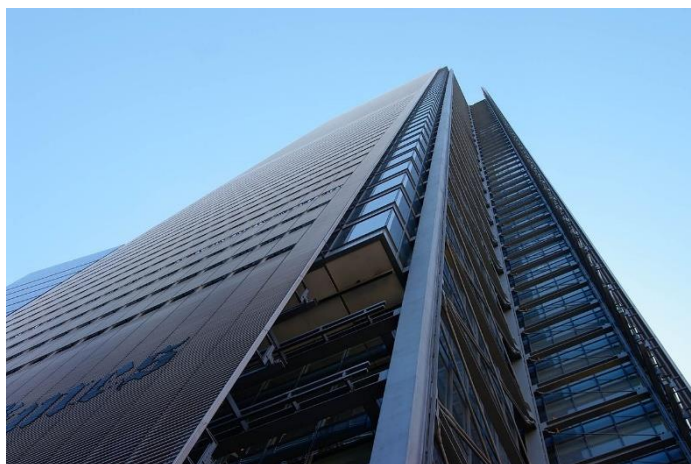
Dvi efektyvios priemonės, kurios gali klientams padėti sumažinti vandens suvartojimą, yra lietaus vandens surinkimas ir perdirbimas. Be to, veikia vandens kokybės tikrinimo sistema, kuri aptinka vandens kokybės pablogėjimą ir nedelsiant perduoda informaciją valdymo skyriui.

Niujorko sanitarijos centras - didžiausias pasaulyje, surenkantis daugiau kaip 10,5 tūkst tonų šiukšlių per dieną. Didysis Skrandis (ang. Big belly) – tai išmanioji šiukšliadėžė, kuri dislokuojama visame Niujorke. Joje įrengta belaidis jutiklis, stebintis šiukšlių lygį ir leidžiantis efektyviau planuoti keliones. Be to įrengtas šiukšlių kompaktorius su saulės baterija, leidžiantis sutalpinti iki 5 kartų daugiau atliekų. Naudojant „BigBelly“ atliekų surinkimas yra iki 50-80% efektyvesnis ir kartu mažinantis sunkvežimių oro taršą. [44, 45,]

### **Objektas Nr. 1, Niujorkas, Manhetenas.**

Tai dangoraižis vakarinės Manheteno dalyje pradėtas statyti 2001 metais ir užbaigtas 2007 metais, tuomet pripažintas trečiu aukščiausiu pastatu pasaulyje, 2018 metais nukrito iki aštuntos vietos. Pastatas reklamuojamas kaip žalioji struktūra (ang. green structure). Projektavimas apima daug ekologiškų savybių energijos efektyvumui didinti. Statybose 24/7 termofikacinė elektrinė tiekė 40% suvartojamos energijos, o šiluma panaudojama vandeniui šildyti.

Naudoti langai per visą patalpos aukštį suteikia maksimalų šviesos pateikimą ir vaizdą iš pastato ir į jį. Horizontalūs balti keraminiai strypai ant pastato fasado išdėstyti taip, kad netrukdytų vaizdai, sukurtų šešėlių yra padengti aukštos kokybės ekologiška ir tvaria aliuminio silikato keramika, kuri atspindi šviesą, savaime nusivalo ir atspari oro sąlygomis bei keičia spalvą pagal jas, taip pat, yra sujungti su pastato jutikliais sukuria automatizuotą žaliuzių efektą ir sumažina energijos suvartojimą 13%, sumažindami šilumos padidėjimą 30%. Įrengti 18000 šviesos jutiklių reaguoja į orą ir patalpos užimtumą. Įrengta grindų oro paskirstymo sistema, kuri siekia geresnės patalpų oro kokybės, šilumos komforto ir energijos taupymo. Oras kondicionuojamas ir tiekiamas per oro magistralės sistemą, kuri apima pagrindinę šerdį ir šešias zonines žemo slėgio zonas, skirtas paskirstyti per grindų plokštės difuzorius. Kontroluojama temperatūra, šildant – įjungiami ventiliatoriai įjungia šilumos tiekimą panaudojant karšto vandens ritę. Aušinimui – padidinama perimetro ventiliacija. Įrenginiai užtikrina oro kokybę, drėgmę. [46, 47, 48]



3.1. pav. New York Times Building, Niujorkas [47].

## **San Franciskas**

San Franciskas garsėja dėl savo istorijos, kultūros ir įspūdingo kraštovaizdžio. Dabar San Franciskas žinomas kaip besivystantis išmanusis miestas. Tapęs išmaniojo miesto projektų ir inovacijų lyderiu pasauliniu mastu transporto gerinimo, interneto prieinamumo bei energijos taupymo srityse.

Mieste įrengta keli šimtai elektros pakrovimo stotelių automobiliams, skatinant naudoti hibridus bei elektromobilius. Sukurtas projektas, leidžiantis tiekti gyventojams nemokamą Wi-Fi tinklą, sudaryta virtuali prieiga prie centrinės miesto bibliotekos tiekiamos informacijos įtraukiant elektrines, audio knygas, vaizdo įrašus ir kt. Gyventojams tinklo pagalba, renkama ir teikiama informacija apie energijos naudojimą bei jos mažinimo būdus. Mažinant elektros suvartojimą, buvo pakeista 18500 gatvės apšvietimo lempučių į LED.

Tinklo pagalba siekiama sujungti visus miesto dalyvius, kad jie tarpusavyje bendrautų, dalintųsi informacija apie buvimo vietą, padedant kontroliuoti didelius automobilių srautus, išvengiant susidūrimų. Mieste įsikūrusios net 12 kompanijų testuojančių autonominius automobilius sudaro galimybę tapti San Franciskui lyderiu transporto technologijų srityje [49, 50, 51, 52,]

## **Objektas Nr 2, San Franciskas**

Tai 1970 metų statybos pastatas naudotas dvidešimt metų vienos dažų parduotuvės ir nuo 2000 metų buvo nenaudojamas. . 2010 metais įmonė nusipirko pastatą su tikslu paversti į tvarią, „gyvą laboratoriją“. Apžiūrint apleistą pastatą buvo nustatyta kas gali būti išsaugoma. Daugiau kaip 90% pagrindinių struktūrų buvo išsaugota, kuomet visas interjero dizainas pakeistas. Projektavimo metodas buvo susijęs su prisitaikymo prie aplinkos sukūrimu. Apšvietimui įrengti buvo padaryta dienos šviesos analizė, 82 saulės vamzdžiai (ang. solar tubes) sumažino dirbtinės šviesos naudojimą iki 80%. Pakeista sena, netinkamai įrengta šilumos izoliacija sienoms ir stogui, kad padidinti šilumos varžą. Stogas buvo padengtas šviesą atspindinčiu sluoksniu. Pirmenybė teikta medžiagoms su kuo mažesniu poveikiu aplinkai. Perdirbtos medžiagos sudarė 32% visų medžiagų vertės, 12% medžiagų – iš vietinių šaltinių. 78% pašalintų medžiagų buvo perdirbtos ir sutaupė 252 tonas atliekų [53]

343 saulės panelės generuoja 118kW energijos, kurios pakanka 80% apšvietimui su LED. Įrengti dinaminiai stiklai. Apšvietimas gali būti kontroliuojamas individualiai pagal darbuotoją per išmanųjį telefoną ar kompiuterį. Sudarytas natūralus vėdinimas pasitelkiant šilumos kaminus ir bokštus (ang. thermal chimney and shower tower). Kaminas 26 metrų ilgio ir 4 metrų pločio paguldytas ant stogo ir oras jame šildomas saulė leidžia kilti šiltam orui į viršų ištraukiant šilumą ir iš patalpų taip pat, keturi vėdinimo bokštai sudarantys natūralų vėdinimą slėgio pagalba. Išjungimo mygtukas, išjungiantis nereikalingas elektros apkrovas, panaikina 98% po darbo (ang. After – hour) apkrovas, kas leido apkrovas elektros lizdams sumažinti 38% per metus. Įrengti didelio efektyvumo įrenginiai

sujungti su skaitmeniniu valdymu užtikrina temperatūros kontrolę ir protingus operatyvinius sprendimus, taupant energiją, eksploatacines sąlygas. Mechaninės sistemos matuojamos atskirai, kad gauti grįžtamąjį ryšį ir įrangos valdymą bei veikimą. Įrengtos vandens filtravimo sistemos, tiekimas įrengtas kuo efektyviau [53].



3.2. pav. DPR Construction Phoenix Regional Office, San Franciskas [53].

### **Sidnėjus**

Sidnėjus turi puikią galimybę tapti vis išmanesniu miestu ateinančiais metais numatant kad per ateinančius 30 metų gyventojų skaičius gali padvigubėti. Vietos ir valstybės vyriausybių siekimas dirbti su didelėmis įmonėmis, kad galėtų pasiekti asmens duomenis reikalauja daug bendradarbiavimo, kad būtų galima dalytis ir analizuoti informaciją, kuri padėtų planuoti miestą. Informacija gaunama iš „opalinių kortelių“ (ang. Opal card), Google žemėlapių vietų ir eismo sekimo bei kreditinių kortelių geolokacijos, kurios prisideda prie būsimo projektavimo ir gyvenimo kokybės gerinimo. Viešose stotelėse įrengti ekranai, kurie tiekia įvairią informaciją apie viešojo transporto judėjimą, vykstančius renginius ir apie nelaimingus įvykius ar pavojų. Vis labiau plečiami Wi-Fi taškai viešose erdvėse kaip kioskai, autobusų stotelės ir t.t. Kuriami projektai apie dvidešimčiai projektų kasmet, kad pagerinti jų efektyvumą. Įgyvendinant projektus pasiekiamas mažesnis vandens, energijos suvartojimas, gerinamas atliekų šalinimas, prijungiama prie miesto internetinių duomenų [54, 55, 56, 57, 58].

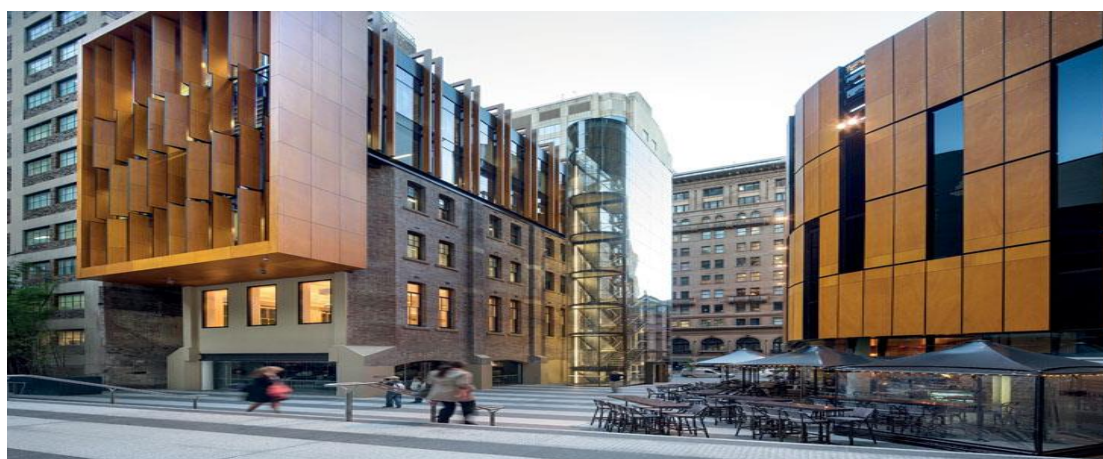
### **Objektas Nr. 3, Liberty Place, Sidnėjus, Australija**

Tai 1902 metų pastatas, kuris naudojant naujas technologijas, buvo paverstas į 5-ių žvaigždučių (buvo 2-jų) viešbutį - vieną iš tvariausių pastatų pasaulyje.

Energija gaunama ne tik iš saulės ar vėjo, bet taip pat iš proceso vadinamo biomasės dujinimu. Biomasė kompostuojama ir vėliau paverčiama elektros energija. Pastatas gali surinkti popieriaus atliekas iš gretimų biurų, juos smulkinti ir suspausti į popieriaus briketus, kurie irgi naudojami dujinimo procese išgaunant naudingąsias dujas.

Naudojant “atšaldytos sijos” (ang. Chilled beam) technologiją, sunaudojama 20% mažiau išlaidų bei iki 50% mažiau paduodamo oro. Taip pat užtikrinama labai aukštos kokybės vidinė aplinka gyventojams

Suprojektuotas vandens balanso palaikymas. Visas reikalingas vanduo yra gaunamas iš lietaus vandens, surinktas nuo stogo. Balansas pasiekiamas naudojant vandens išsaugojimo technologijas, didelio efektyvumo prietaisus, vakuomo tualetus bei aukštos kokybės vandens perdirbimą. [ 59, 60, 61]



3.3.pav. Pastatas Legion House at Liberty Place, Sidnėjus, Australija [59].

### **Londonas**

Londonas užima vieną iš aukščiausių vietų, vertinant išmaniuosius miestus. Prieš penkis metus pasiūlytas Išmanojo Londono Planas, kuris padėtų kontroliuoti transportą, socialines, ekonomines ir aplinkos sistemas. Šis planas leido pagerinti gyventojų gyvenimus. Tačiau, šis planas senas ir turi būti pakeistas, norint užtikrinti miesto efektyumą. Dabar orientuojamasi ne tik į sistemas ir technologijas bet ir į duomenų kokybę ir valdymą.

Susiduriant su vienu didžiausiu oro užterštumu, įrengti jutikliai stebi oro kokybę ir apie tai praneša institucijoms, kuro gali imtis atitinkamų veiksmų. Gatvių žibintuose įrengti Wi-fi taškai. Integruotos

naujų technologijų vaizdo stebėjimo kameros užtikrina gyventojų saugumą. Piliečiams sukurtos mobiliosios aplikacijos ir elektrinės piniginės miesto paslaugoms, kaip viešasis transportas, automobilių nuoma. Pastatai prijungiami prie išmaniųjų tinklų, įrengtas išmanusis apšvietimas. Skatinant elektromobilius gyventojams suteikiamos palankios sąlygos. [62, 63, 64]

#### **Objektas Nr. 4, Londonas**

Daugiau negu 80% komponentų buvo surenkami gamyklose ir tada pristatomi į aikštelę. Surinkimas gamyklose, leido statybų procesą padaryti saugesniu, mažiau švaistomu ir daug tikslesniu, ypač tokioje suvaržytoje vietoje, taip pat sumažinamas triukšmas ir aplinkos trikdymas.

Daugiau prie pastato darnumo prisideda trigubo sluoksnio langai, kurių išorinis sluoksnis atskirtas nuo vidinio dvigubo stiklo, kuriame įrengtos žaliuzės, reaguojančios į šviesą, išlaikant erdves komfortabiliai vėsias visą darbo dieną.

Išorinis langų sluoksnis, apima kas septinto aukšto ventiliacijas, leidžiančias orui laisvai judėti aplink ertmę. Taip sumažinamas dirbtinio aušinimo poreikis – įprastai biuruose daugiausiai energijos ir sunaudoja dirbtinis aušinimas

Kad ištekliai būtų valdomi efektyviai nuolat, ne tik statybos metu, buvo įrengta beveik 300 energijos skaitliukų visame pastate, siekiant stebėti suvartojimą, mažo srauto vandens įrenginius ir jungiamąsias detales [65, 66, 67, 68, 69].



3.4. pav. The Leadenhall Building , Londonas [51].



## **Masdaras**

Masdaras esantis tarp Abu Dabio ir Dubajaus Jungtiniuose Arabų Emyratuose yra uždarytas ir nepriklausomas ateities miestas, kurio plotas vos šeši kvadratiniai kilometrai. Prie miesto projekto kūrimo prisidėjo keli šimtai tarptautinių institucijų ir bendrovių finansuojamų iš 6 žemynų vyriausybių, suinteresuotų rezultatais su galimybe įgyvendinti panašius sprendimus savoje rinkoje. Tikslas – sukurti tvariausią pasaulyje miestą, kuris būtų puiki vieta verslo plėtrai: neapmuitinamos zonos ir specialios privilegijos, pagerinančios įmonių įsteigimą yra didelė paskata investuotojams. Be to, Masdaras planuojamas kaip inovacijų, mokslinių tyrimų ir plėtros inkubatorius pagrįstas daugelio mokslo ir tyrimų institutų. Dėl naujų technologijų, architektūros, plataus švietimo, socialinių, komercinių, kultūrinių bei pramoginių pasiūlymų ideali vieta gyventi ir visai šeimai [70, 71, 72, 73, 74, 75].

Viena patraukliausių technologijų pilnai autonominis viešasis transportas PRT (ang. Personal Rapid Transport) turi keturias vietas suaugusiems ir dvi vaikams ir po miestą gali keliauti 40 km/h. Autobusuose įrengtos naujų technologijų vėdinimo sistemos bei foto elementų panelės. Sprendžiant karšto oro ir aktyvios saulės problemą, pastatai išdėstyti, kad sukurtų kuo daugiau šešėlių. Gatvės 100% draugiškos pestiesiems. Taip pat, kovojant su kaitra pastatyti vėjo bokštai, kurie yra aukštesni už kitus pastatus, vėjo ir slėgio pagalba įtraukia karštą orą, siunčiant jį žemyn, taip atvėsinant ir sudarant natūralų gatvių vėdinimą [70, 71, 72, 73, 74, 75]..

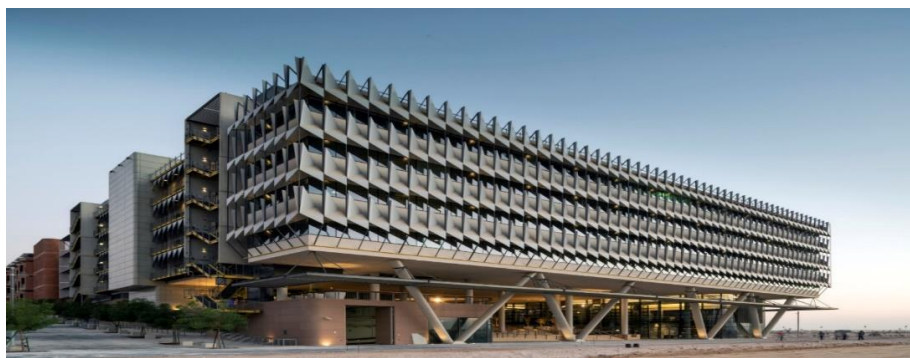
### **Objektas Nr.5, Masdaras, Abu Dabis.**

Siemens HQ tai beveik 23000 m<sup>2</sup> burių statinys virš viešosios erdvės. Pirmasis „Leed platinum certified“ patvirtintas pastatas Abu-Dabio regione Masdare. Suprojektuotas įtraukiant novatoriškas savybes, medžiagas ir technologijas, kurios žymiai sumažina vandens ir energijos naudojimą.

Naudojant itin lengvas aliuminio konstrukcijas ir išgaunant tam tikras formas, sudaromas šešėlis 90-95% visų skaidrių paviršių, tai leidžia apšviesti erdves, nepraleidžiant saulės šilumos. Projektuojamas taip, kad vyraujantys vėjai ventiliacijos pagalba po pastatu sudarytų šaltas sroves specialiais tuneliais.

Jutikliai nustato, kurioje erdvėje ketina būti žmonės ir automatiškai paskirsto šviesą bei vidinį lokalinį klimatą. Įrengtos naujausių technologijų apsaugos, gaisro sistemos.

Naudojant valdymo sistemas, pasiektas 30% CO<sub>2</sub> emisijos išmetimas statant pastatą, eksploataavimo metu - 65% mažesnis energijos bei 50% vandens sutaupymas [76]].



3.5.pav. Pastatas Siemens HQ, Masdar City, Abu-Dabis [76].

### Objektas Nr.6, Sietlas

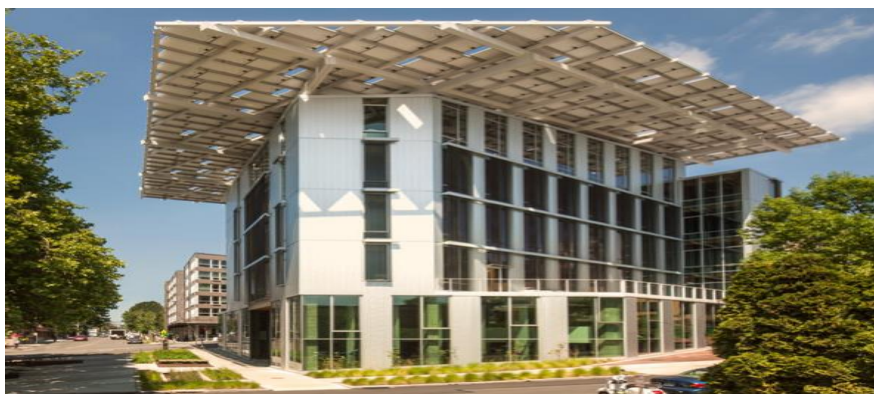
Pradiniai planai Bullitt center buvo pasiekti gyvo pastato sertifikavimo iššūkį, t. y. atitikti griežčiausius reikalavimus, kartu pritraukiant nuomininkus ir siekiant finansinio tvarumo.

Ant pastato stogo sudėtos saulės panelės yra išskirtinio dizaino, išplėtos už pastato ribų, generuoja 242 kW ir užima 1400 m<sup>2</sup>. Gautas 79% mažesnis energijos naudojimo intensyvumas. Tai pasiekta atkreipiant dėmesį į kiekvieną energijos vartotoją, nuo architektūros iki HVAC sistemų ir šiluminio komforto iki apšvietimo ir rozečių, ir svarbiausia į žmones ir jų sprendimus susijusius su energijos vartojimu.

Įrengti 26 geoterminiai uždarojo ciklo gręžiniai. Naudojami trys šilumos siurbliai: vienas grindų sistemai, erdvių šiltinimui ir vėsinimui, antras siurblys aptarnauja šilumos rekuperatorių o trečias siurblys tiekia buitinį šiltą vandenį.

Lietaus vanduo surenkamas 210 tūkst. litrų talpykloje. Vanduo filtruojamas, dezinfekuojamas UV ir chloru ir laikomas 2000 litrų talpykloje kasdieniam naudojimui.

Prenkant medžiagas orientuotasi į jų kenksmingumą žmogui, „raudonajame sąrašė“ išvardijama 14 komponentų, kurių reikia vengti. Be to, naudojamos medžiagos iš vietinių šaltinių, kaip pvz: betonui naudojami komponentai išgaunami vos už 45 km [77, 78].



3.6.pav. Pastatas Bullitt centre, Sietlas, Vašingtonas [77].

## **Amsterdamas**

Amsterdamo miestas nuo seno garsėja dėl savo kanalų, kavinių ir dviračių kultūros. Tačiau pastaruosiu metu yra žinomas, modelio, kaip tapti „išmaniuoju miestu“, pavyzdžiu. Šiam miestui rengiami projektai susiję su infrastruktūra ir technologijomis; energija, vanduo ir atliekos; gyventojai ir gyvenimas; valdžia ir edukacija; mobilumas.

Įrengiant drenavimo sistemas, drenuojančiu pagrindus, kelius, pėsčiųjų takus, didinant žaliųjų zonų plotą bei sukauptą vandenį panaudoti antrą kartą kaip augalų laistymui, vandens nuleidimui buvo išspręsta miesto patvinimo, kuri sukeldavo daug rūpesčių visam miestui, problema. Siekiant darnumo, įgyvendintas projektas „Virtual power plant“, pagal kurį, prie namų prijungtų saulės baterijų ar vėjo jėgainių išgauta energija būtų siunčiama į pagrindinę stotį ir ten paskirstoma pastatams atitinkamai pagal energijos poreikį. Projekto tikslas sumažinti energijos suvartojimą. Taip pat, vykdomas projektas „Vehicle 2Grid“, kurio metu elektromobiliai paliekami nakčiai galėtų atiduoti energiją pastatams, o ateinant rytui vėl ją atsiimti.

Mieste įrengtas eismo judėjimo sekimas padeda kontroliuoti eismą piko metu. Jutiklių pagalba gatvių apšvietimas suveikia tik esant poreikiui, einant pėstiesiems. Vanduo vėsina natūraliai, jį perleidžiant požemine dalimi, kur natūraliai vėsu [79, 80].

### **Objektas Nr.7, Amsterdamas, Olandija**

Britanijos vertinimo agentūros BREEAM šis pastatas įvertintas aukščiausiu tvarumo balu, kuris siekia 98,4 %.

Naudojant išmaniųjų telefonų programėles (ang. app) optimizuojamas darbuotojų našumas ir efektyvumas. App nuo pat darbuotojų atsikėlimo ryte tikrina jų darbotvarkę, atpažįsta atvykstantį automobilį ir nukreipia į stovėjimo vietą. App žino darbuotojų judėjimą, šviesos ir temperatūros reikalavimus ir taip nustato atitinkamą aplinką.

Įvedus super efektyvias LED plokštes, naudojama tiek mažai energijos, kad ji gali būti tiekiamas tais pačiais laidais, kaip internetas. Plokštėse integruoti judesio, šviesos, temperatūros, drėgmės jutikliai. Edge pastatas turi apie 28000 jutiklių.

Pietinė siena - tai šaškių lenta iš langų ir saulės panelių, kurios gali pasisukti reikiamu kampu į saulę. Saulės panelės įrengtos ant stogo. Pastatas sunaudoja 70% mažiau energijos negu kiti biuro tipo pastatai. Įrengtos sporto salės, taip pat gali generuoti energiją iš darbuotojų atliktų treniruočių. Surenkamas lietaus vanduo naudojamas tualetams bei pastato augalams prižiūrėti.

Jutiklių pagalba, nustatomos vietos, kurios buvo labiausiai naudojamos tą dieną ir tai padeda valytojams koncentruotis į daugiausiai valymo reikalaujamas vietas. Valymui taip pat naudojami ir „robotai siurbliai“ [82, 83]



3.7.pav. Pastatas The Edge (Deloitte HQ), Amsterdamas, Olandija [82].

### **Šanchajus**

2011 metais, Šanchajus pradėjo trijų metų projektą „Išmanus Šanchajus“ ir sėkmingai pasiekė iškeltų tikslų įtraukiant elektroninius sveikatos įrašus, maisto saugumo sekimas, elektroninės sąskaitos. Sutelktas dėmesys į išmaniają infrastruktūrą pagal gyventojų poreikius, išmaniųjų programų optimizavimą, išmaniųjų pramonės šakų pagrindų stiprinimą. Daugybė ICT projektų turėjo įtakos ir išmaniajam transportui, įvedant jo sekimą, valdymą, sujungimą su gyventojais, GPS technologijų vystymą. Tai padeda suvokti kas yra išmanusis valdymas, išmanusis parkavimas, išmanusis keliavimas. Mokymas internetu ir grįžtamasis ryšys iš visų mokyklų. Integruotas kultūros ir meno kalendoriaus aplikacijos, išmaniosios žemdirbystės technologijos seka maisto tiekimo kilmę. Įvestos elektroninės pinigines įvairioms paslaugoms ir sąskaitoms apmokėti pasitelkiant QR (ang. quick response) kodą. Įrengiamų nemokamų Wi-Fi taškų skaičius didėja. Daugiau kaip 100 valdžios paslaugų įvestos į gyventojų debesį (ang. citizen cloud), leidžia stebėti vairuotojo pažymėjimo sekimą, sveikatos įrašus. Skatinant elektromobilius jiems suteikiami nemokami valstybiniai numeriai [84, 85, 86].

### **Objektas Nr 8, Šanchajus, Chang Ning.**

Biuras buvo pastatytas 1912 metais Šanchajuje ir renovuotas 2014 metais. Atsižvelgiant į prastą oro kokybę, sveikos aplinkos sukūrimas buvo itin svarbus projektuojant. Sutelktas dėmesys į vizualių ryšių su gamta kūrimą, apimant natūralias formas, dinamišką ir išsklaidytą apšvietimą erdvėje ir sveiką patalpų orą augalų pagalba ir sekant aplinkos oro kokybę realiu laiku. Interjerui naudojamos „Kvadrat debesų instaliacija“ (ang. Kvadrat cloud installation), tai akustinės panelės žalios, baltos ir

juodos spalvos, sudaro penki trikampiai sukurdami pentagono piramides. Įkvėpta tradicijų pentagonai sujungti vienas su kitu driekiasi per visas patalpas sukurdami debesų kampuose ar drakono ant sienų, lubų efektą. Be to, atlieka garso sugėrimo funkciją. Sudarytas medžiagų raudonasis sąrašas. Šilumos izoliacijai naudojama medžiaga aštuonis kartus plonesnė už mineralinę vatą užtikriną vienodą šilumos varžą. Įrengti dinaminiai stiklai, gali būti valdomi darbuotojų pagal poreikius bei gerina akustiką. Įrengtas dinaminis LED apšvietimas taip pat valdomas nuotoliniu būdu. Vandens lietus surenkamas, filtravimas ir panaudojamas tualetams, augalams laistyti [87, 88]



3.8. pav. Glumac biuras, Šanchajus [88].

## Vilnius

Išmanaus miesto vardą galima taikyti ir Vilniaus miestui. Vilnius, New York Times straipsnyje įvardintas, kaip vienas geriausiai valdomų miestų pasaulyje. Tai lėmė keli faktoriai. Sukurta virtuali erdvė gyventojams bendrauti su savivaldos nariais išreiškiant nuomonę peticijomis ar kitais siūlymais.

Sukurta eismo stebėsenos ir reguliavimo sistema, kurios dėka atnaujinti ir į vieną eismo priežiūros centrą sujungti visi mieste esantys šviesoforai. Perplanuoti autobusų ir troleibusų maršrutai, įvestos greitųjų autobusų linijos

Mobiliosios aplikacijos sukūrimas leidžia pirkti mobiliuosius bilietus, planuoti kelionę, gyvai stebėti viešojo transporto tvarkaraštį ir judėjimą mieste. Mokėti už stovėjimą minutės tikslumu. Naudojant LED apšvietimą pasiektas daugiau kaip 70% mažesnis energijos suvartojimas, sutaupyta apie 2 mln. Eur. [89, 90, 91, 92, 93, 94]

## Objektas Nr 9, Vilnius

Šiuolaikinė architektūra, puikus pastatų matomumas ir idealus privažiavimas iš bet kurio Vilniaus taško – taip plėtotojas pristato aukščiausią BREEAM įvertinimą „outstanding“ gavusį „Premium“ verslo centro projektą. Jį sudaro du šešių ir septynių aukštų pastatai, sujungti požemine aikštele. Siekiant sukurti patalpas kuo ekologiškesnes, į statybų aikštelę buvo gabenamos tik aplinkai nekenksmingos medžiagos.

Pastatų valdymo sistema užtikrina darnų šilumos, vėdinimo, oro kondicionavimo, ryšių sistemų funkcionalumą. Pasirinktos aliuminio ir stiklo konstrukcijos užtikrina kokybišką vidaus mikroklimatą, energetinį efektyvumą ir tinkamą saulės kontrolę pasirenkant selektyvią saulės šilumą bei spindulius atspindinčias ir triukšmą slopinančias stiklo konstrukcijas.

Apšvietimui naudojami šviesos diodų šviestuvai. Aplinkos šviesos intensyvumas, šviesų koncentracija priklausomai nuo poreikių reguliuojami pasitelkus specialią kompiuterinę įrangą. Įdiegta automatizuota programuojama įeigos kontrolės sistema. Parinkti atviro plano biurai, kurie lyginant su kabinetinio plano biurais, gali sukurti apie 30% daugiau darbo vietų. Taupant plotą, visa inžinerinė įranga buvo sukurta ant stogo, kas nuvyllė projektuotojus, norėjusius palikti stogą švarų. [95, 96, 97]



3.9. pav. Verslo centras Premium, Vilnius [97].

## Objektas Nr. 10, Vilnius

DC pier - pirmasis Saltoniškių gatvėje iškilęs biurų miestelio pastatas. Tai atriiaus tipo pastatas gausus naujovių ir unikalių sprendimų, kuriančių ne tik estetinį vaizdą, bet ir visapusišką komfortą darbuotojams. Projektas pelnė „BREEAM New Construction Excellent“ sertifikatą. Tai pirmasis tokio lygio įvertinimas Lietuvoje. Biurų miestelio pastatai patenka į senamiesčio nekilnojamojo kultūros paveldo apsaugos zoną, tačiau, panoramai poveikio neturi, kadangi patenka į aukštesnių pastatų vizualinių šešėlių zoną. Numatyti keturi administraciniai pastatai su pusiau atvirais kiemeliais, kurie skaido didelę teritoriją ir sukuria viešąsias erdves, sklypo viduje. Viešosios erdvės sujungiamos pastatų kiemeliais ir sudaroma harmoninga ir atraktyvioji erdvinė struktūra.

Pastato forma leidžia maksimaliai išnaudoti sklypą ir suformuoja praktišką ir funkcionalią geometriją. Skirtas dėmesys liftų funkcionalumui – vertikalusis jų greitis atitinka aukščiausius reikalavimus, tiek panoraminių, tiek krovinių liftų dizainas pritaikytas prie interjero sprendimų. Pastato išorės perimetro fasadai projektuojami iš vertikalių fasado elementų – kuriamas kieto, tvirto trio įspūdis. Vertikalūs piliastrai – dažyto aliuminio kompozito plokštės. Vidinės erdvės fasadai iš aliuminio ir stiklo konstrukcijų sukuria lengvos ir skaidrios erdvės įspūdį. Siekiant panoramos vientisumo stogo architektūra sprendžiama kaip penktasis fasadas. Darbo erdvės suplanuotos, kad jas būtų galima skaidyti, perplanuoti įvairiais būdais pagal įsikūrusių kompanijų poreikius. Suplanuotos maitinimo, konferencijų, sporto, žaidimų, poilsio ir netgi darbuotojų vaikų priežiūros funkcijos. Visa tai sujungia bendras atrijus, kuriame įrengta kabanti laiptinė ir panoraminiai liftai, kuriais migruojant per pastatą atsiveria įspūdingi atriiaus ir vidinio kiemelio su vandens telkiniu bei kabančiu tiltu vaizdai.

Pasiekta A energetinio naudingumo klasė. Integruotos moderniausios inžinerinės sistemos, įdiegta pastato valdymo sistema. 10% pastatui reikiamos energijos pagaminama ant stogo išdėstytais saulės elementais. Pastatas sunaudoja 40% mažiau energijos, 52% mažiau vandens, 32% mažesnis CO<sub>2</sub> išmetimas. Dvigubas fasado ekranas apsaugo biurų darbuotojus nuo transporto triukšmo [98, 99, 100, 101].



3.10. pav. DC pier biuras, Vilnius [117].

## **Seulas**

Seulas - nuo karo nuniokoto miesto per pusamžį virstęs į vieną išmaniausių miestų pasaulyje. Turintis daugiau nei 10 mln. gyventojų Seulas yra didžiausias miestas išsivysčiusiame pasaulyje ir turintis labiausiai naudojamą metro sistemą, aptarnaujančią metro polio zoną su 765 autobusų maršrutų, 9 metro linijomis ir 391 metro stotele. Gyventojai naudoja elektrines pinigines apmokėti viešajam transportui.

Valdymo sistemos siekia užkirsti kelią spūstims naudojant įvairių tipų sekimą, tiek automobilių ir pėsčiųjų visame mieste realiu laiku, tiek kontroliuojant viešąjį transportą per išmanųjį kvitų sekimą. Šias sistemas sujungus, TOPIS išmanioji eismo valdymo sistema stebi kelius ir avarines situacijas ir automatiškai praneša atitinkamoms institucijoms (autobusų paslaugos ir privatūs gyventojai) padedant jiems priimti išmaniojo transporto sprendimus, paremtus realaus laiko informacija.

Sukurta miesto vizija, pagal kurią iki 2030 metų būtų padvigubinti pėsčiųjų ir dviračių takai siekiant juos atitraukti nuo transporto kelių. Atsižvelgiant į saugumo didinimą ir mažinant lengvųjų automobilių judėjimą po vidurnakčio, kai nebedirba viešasis transportas, įdiegta skambučių taksi paslaugoms valdymo sistema. Išanalizuojant 3 mlrd. skambučių, buvo sukurtos papildomos 9 naktinio viešo transporto linijos

Vandens valdymas taip pat kruopščiai tyrinėjamas, kur keičiasi koncepcija iš linijinės į ciklišką. Šis projektas paremtas politikos pakeitimais, apimančiais vandens naudojimą, kanalizaciją, vandens valymą ir vandens kokybės valdymą [102, 103, 104, 105, 106].

## **Barselona**

Tai Ispanijos metro polis senai užsitarnavęs reputaciją pirmaujant miesto naujų technologijų inovacijose. Skaitmeninės technologijos ir interneto naudojimas gerinant procesus gyventojų naudai leidžia būti išmaniųjų miestų dalimi. Tarpant šia dalimi Barselona turi turtingą istoriją, padedant diegti išmaniuosius jutiklius bei duomenų rinkimo ir analizės sistemas ir baigiant parkavimu, transportu, atliekų surinkimu, oro kokybės, vandens laistymo valdymo sistemomis.

Miesto valdžia skelbia, kad pakeitus daugiau kaip 1100 įprastų gatvės šviestuvų į LED bei reguliuojant juos pasitelkiant jutiklius, išmanusis apšvietimas miesto biudžetui padėjo sutaupyti 37 mln. dolerių miesto biudžetui. Šviestuvuose taip pat įrengtos ne tik taupančios LED lemputės, bet ir Wi-Fi taškai bei jutikliai, renkantys informaciją apie oro kokybę, jo pasikeitimus. Rengiant išmaniuosius projektus galimybė panaudoti prieš 30 metų įdiegtą 500 kilometrų ilgio šviesolaidžio tinklą nuo 2013 metų leido sukurti iš 65 iki 700 nemokamų Wi-Fi taškų tarp kurių didžiausias atstumas 100 metrų. Įrengti jutikliai automobilių parkavimo vietose leidžia rinkti informaciją apie



stovėjimo aikštelių užimtumą bei mobiliųjų aplikacijų pagalba leisti vairuotojams nuspręsti kur artimiausia ir patogiausia statyti automobilį. Siekiant energijos taupymo Barselonoje įrengta beveik 20000 įvairių skaitiklių, jutiklių, kurie gali sekti atliekų lygį ir padeda optimizuoti surinkimo kelius, be to, jie gali aptikti medžiagų pavojingumą bei agresyvumą [107, 108, ].

### **Stokholmas**

Greičiausiai augantis ir besivystanti sostinė Europoje. Kaip ir daugelis besivystančių miestų, Stokholmas taip pat susiduria su iššūkiais, kurie apima pastatus, infrastruktūrą bei mobilumą. Nuo 1990 metų miestui pavyko sumažinti 50 % išmetamųjų dujų ir siekiama visiškai atsisakyti iškastinio kuro iki 2040 metų. Tuo tikslu bus pasitelkiamos naujausios technologijos. Projektas „Grow smarter“ (ang. „Augimas išmaniai“) yra remiamas Europos Sąjungos ir padeda pasiekti tikslus. Projektas apima miesto ir pramonės veiklą, viską apjungia bei pateikia įvairius pasiūlymus mažai energijos naudojančioms rajonams, infrastruktūros integravime, darnumo siekime. Stokholmo miesto šviesolaidžių tinklas, kaip teigiama, didžiausias pasaulyje. Jis leidžia įgyvendinti ir valdyti išmaniuosius procesus. Įdiegtas išmanusis gatvių apšvietimas ir pakeistos įprastos lemputės į LED labai mažina energijos suvartojimą. Be to šviesolaidžių tinklas prisideda prie eismo stebėjimo ir jo efektyvesnio valdymo. Infrastruktūros pagalba naudojama atliekų šiluma, kuri išgaunama iš įvairių biurų, parduotuvių centrų, kai iš atliekų išgaunama šiluma infrastruktūros pagalba perduodama gyvenamiesiems rajonams. Tokiu metodu, šiluma perduodama daugiau nei 1000 butų.

Renovuojant senus pastatus jų energijos suvartojimas labai ženkliai sumažėja. Pasitelkiant foto elementus, prisitaikančias šildymo sistemas ir pompas, pritaikant šilumos izoliaciją ir langus pastatas sutaupo 60% suvartojamos energijos. Normaliai, pastatų medžiagas pristato apie 30% viso sunkiojo transporto. Naudojant centralizuotus logistikos centrus siekiama sumažinti CO2 išskyrimą gerinant darbo bei gyvenimo sąlygas.

Galiausiai, mieste veikia išmani atliekų šalinimo sistema. Pradžioje gyventojai surūšiuoja atliekas į skirtingų spalvų maišelius, atitinkamai pagal atliekų medžiagas, tada prie išmetimo taško nuskanuojamas gyventojų profilis ir maišelio spalva, išmestos šiukšlės pasveriamos ir oro spaudimo pagalba vamzdžiais keliauja į surinkimo tašką, iš kurio vienu metu pakraunamas pilnas sunkvežimis juda iki centrinio surinkimo taško, čia atliekos išrūšiuojamos, perdirbamos ir panaudojamos antra kartą, maisto atliekos – biodujoms, popierius ir plastikas – naujiems įpakavimams, kitos atliekos – kaitinamos ir paverčiamos elektra bei šiluma, kuri panaudojama vietoje. Kiek ir kokių atliekų pašalinta, kaip jos panaudojamos gyventojai gali sekti mobiliuose aplikacijose [109, 110, 111]

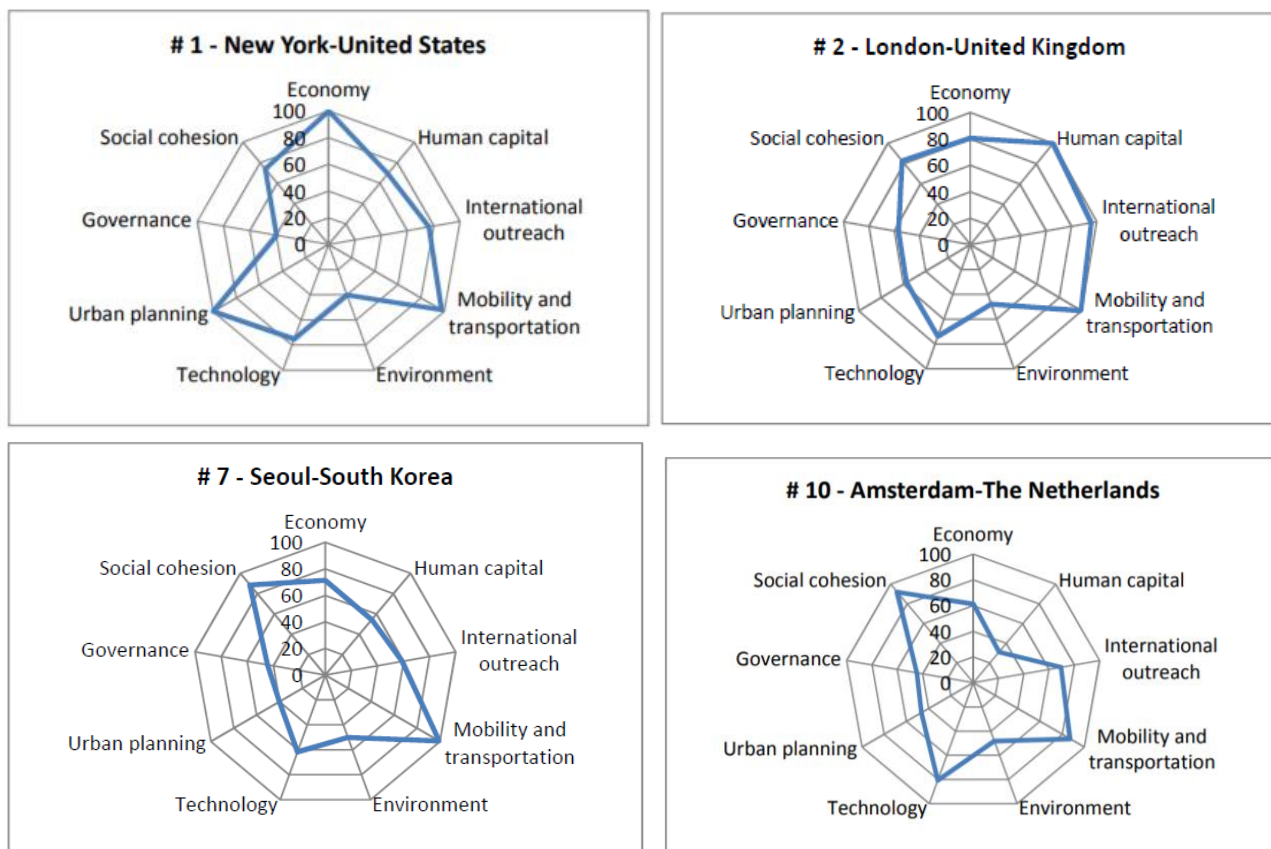
## Birštonas

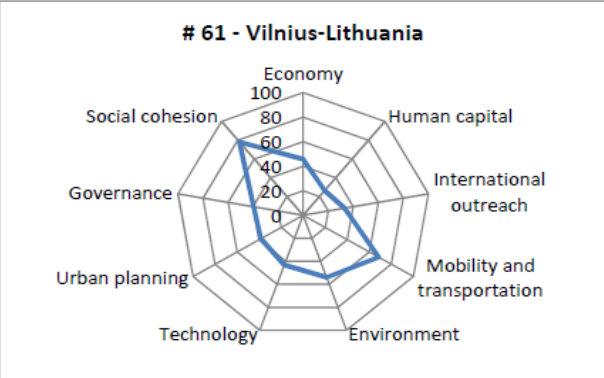
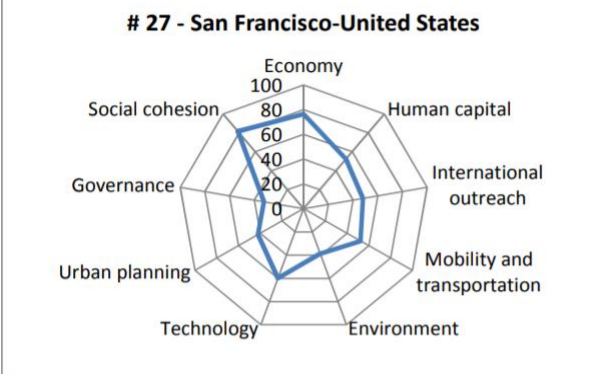
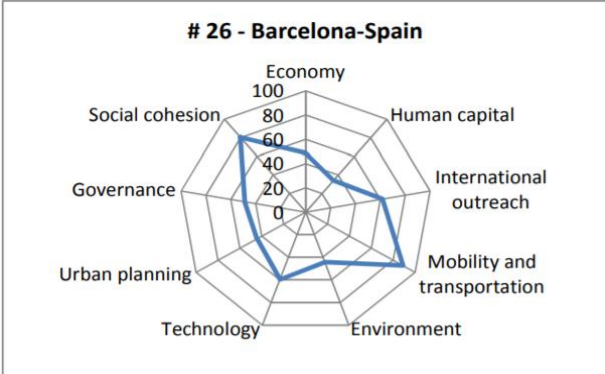
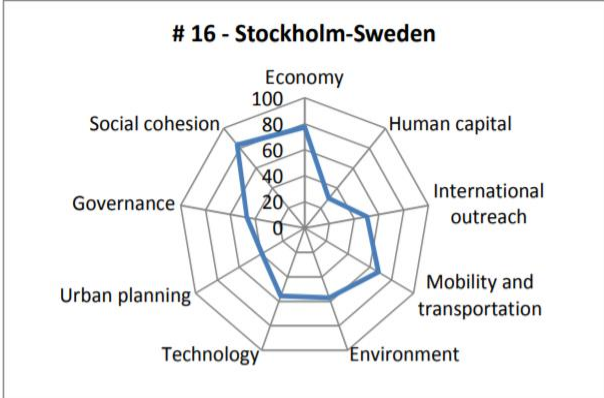
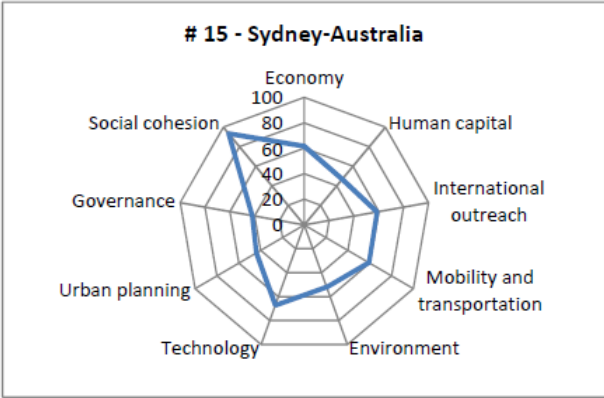
Tai mažiausia savivaldybė Kauno rajone turinti tik 5400 gyventojus. Kaip ir dauguma savivaldybių, Birštonas susiduria su augančioms energijos išgavimo kainomis. Projektas „ECO-miestas“ sukurtas mažinti energijos suvartojimą apimant energijos optimizavimo skaičiavimus naudojant atsinaujinančius energijos šaltinius. Projektas vykdomas 2010 – 2014 metais su 9 mln. eurų biudžetu. Išgaunant šilumą iš biomasės buvo kompensuota apie 60% visos reikiamos energijos, o likusi dalis padengta natūraliomis dujomis. Įdiegimas 2 MW (megavatų) generatoriaus, kurio veikimas pagrįstas biokuru įdiegimas leido sumažinti  $CO_2$  emisiją ir paskatino naudotis vietoje išgaunamu kuru t. y. atliekomis iš miško ar lentpjūvių. Galiausiai išmetamųjų dujų kondensacijos įrenginys statomas, kad regeneruotų šilumą. Taip pat statomi saulės kolektoriai, šilumos pompos užtikrins vandens šildymą.

### 3.2. Tiriamųjų objektų analizė ir vertinimas

Apžvelgti išmanieji miestai ir pastatai juose. Nustatyti jų ypatumai bus surašyti į vertinimo sistemos lenteles ir įvertinami pagal tam tikras sritis (3.2-3.10. lentelės). Taip pat, tirti išmanieji miestai buvo įvertinti pagal CIMI sistemą ir pateikiami jų grafikai (3.11. pav)

3.11.pav. Išmaniųjų miestų grafinės analizės pagal CIMI





3.1. lentelė. Objekto Nr. 1. įvertinimas

Miestas Pastatas	Ypatumai	Išmani energija	Išmanus mobilumas	Išmanus gyvenimas	Išmani aplinka	Išmanūs duomenys
Niujorkas		650 pastatų atnaujintas apšvietimas į LED su automatiniu valdymu sutaupo 800 tūkst. dolerių per metus.	Atliekų lygio stebėjimas ir efektyvus maršruto sudarymas (iki 50-80% efektyvesnis)	Mobiliosios aplikacijos pagalba pranešama apie vandens kokybę, suvartojimą ar nutekėjimą.	Vandens surinkimas ir perdirbimas bei nuotekų iš pastatų ribojimas. Naudojant išmanų apšvietimą ir sudarant efektyvų atliekų surinkimą sumažintas šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis. Atliekų konteineriai su saulės baterijomis ir kompaktoriais, sutalpinančiais iki 5 kartų daugiau atliekų.	800 tūkst. nuosavybėse įrengti automatiniai skaitikliai daug tiksliau perduoda informaciją apie vandens suvartojimą. 75 oro kokybės stebėjimo stotys leido nustatyti ir uždrausti labiausiai teršiančias kuro rūšis.
The New York times building Objektas Nr. 1.			Patalpas patogų pertvarkyti nepakenkiant vėdinimo kokybei.			
Medžiagos					Naudojamos perdirbtos medžiagos. Keraminiai strypai gali keisti spalvą bei sukuria žaliuzių efektą. Išorinė apdaila atspindi šviesą, savarankiškai nusivalo, atspari klimato pokyčiams	
Inžinerinės sistemos		50% efektyvesnis šilumos vartojimas. Sumažintas energijos poreikis		Sukuriami komfortabili aplinka.	Oro paskirstymo po grindimis sistema. Dvigubo fasado sistema sukuria šešėlius ir valdo šviesos srautą.	
Statybos valdymas		24/7 Termofikacinė elektrinė tiekia 40% suvartojamos energijos. Elektrinės šiluma panaudojama vandeniui šildyti.				
Įvertinimas (10 balų)		Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas, palyginimas ataskaita, kontroliavimas, tendencijos(7 balai)			Informacijos stebėjimas, kontroliavimas, analizavimas. (3 balai)	
Potencialas (+6 balai)		Prijungimas prie tinklo (+1 balas)			Informacijos kaupimas, palyginimas, ataskaita, pagrįstumas, prijungimas prie tinklo (+5 balai)	

3.2. lentelė. Objekto Nr. 2. įvertinimas

Miestas Pastatas	Ypatumai	Išmani energija	Išmanus mobilumas	Išmanus gyvenimas	Išmani aplinka	Išmanūs duomenys
Londonas		Išmanieji tinklai, išmanus apšvietimas. Elektromobiliu skatinimas	Eismo stebėjimas, nuspėjimas ir kontroliavimas	Elektroninės piniginės. Vaizdo stebėjimo sistemos ir saugumo užtikrinimas. Mobiliosios aplikacijos viešajam transportui, automobilių nuomai.	Jutikliai gatvių žibintuose oro kokybei sekti. Wi-Fi taškų plėtimas.	„London Development Database“ (LDD) kaupia ir analizuoja duomenis apie miesto objektų vystimąsi Elektrinių bilietų informacijos analizavimas.
Leadenhall Building Objektas Nr. 2				Įvairių paskirčių erdvės.	BREEAM Excellent. Snaudota 70000m2 stiklo	
Medžiagos					Dvigubo stiklo su žalužėmis, reaguojančiomis į šviesą, langai.	
Inžinerinės sistemos		300 skaitliukų seka energijos ir vandens suvartojimą.	Išvystytos liftų technologijos (8 m/s). Eskalatorių greičio valdymas.	Sukuriama komfortabili aplinka natūralios šviesos valdymu, oro kokybės ir kondicionavimo užtikrinimu.	Natūrali ventiliacija.	
Statybos valdymas			Centralizuota logistika		80% komponentų surinkta gamyklose. Vietoj varžų, plieniniai strypai. Aplinkos analizė	
Įvertinimas (9 balai)		Informacijos stebėjimas, kaupimas (2 balai)	Informacijos stebėjimas, kontroliavimas (2 balai)	Informacijos stebėjimas, apdorojimas, kontroliavimas (3 balai)	Informacijos stebėjimas, kontroliavimas (2 balai)	
Potencialas (+19 balų)		Informacijos analizavimas, palyginimas, patvirtinimas, sprendimai kontroliavimas, prijungimas prie tinklo (+6 balai)	Analize, alternatyvos, tinklo prijungimas (+3 balai)	Informacijos kaupimas palyginimas, pagrindimas, ataskaita, tinklo prijungimas. (+4 balai)	Informacijos kaupimas, apdorojimas, palyginimas, pagrįstumas, ataskaita, tinklo prijungimas (+6 balai)	

3.3. lentelė. Objekto Nr. 3. įvertinimas

Miestas Pastatas	Ypatumais	Išmani energija	Išmanus mobilumas	Išmanus gyvenimas	Išmani aplinka	Išmanūs duomenys
Sidnėjus			Transporto dalinimosi programa skatinant viešąjį transportą.	Elektrinės piniginės. Avarijų, renginių, transporto informacija viešojo transporto stotelėse.	Wi-Fi taškų plėtimas viešose vietose.	Duomenų analizavimas pasitelkiant elektroninių piniginių duomenis, eismo sekimo, GOOGLE Maps vietos nustatymo informaciją.
Legion House at Liberty Place Objektas Nr. 3		Pasiektas nulinis energijos suvartojimas.			Išsaugotas senos statybos pastatas. „The Green Building Council of Australia 6-Star Green Star - Office v3 Design“ įvertinimas. Nulinis anglies dujų išmetimas. Eksploatavimo numatymas 250 metų (kai dažniausiai numatoma 40 metų)	
Inžinerinės sistemos		Popieriaus atliekos paverčiamos elektros energija. Energija iš saulės, vėjo ir biomasės dujinimo. Naujų technologijų oro padavimo sistemos (20% mažesnės išlaidos, 50% mažiau paduodamo oro.			Vanends ir popieriaus surinkimas, antrinis panaudojimas.	
Įvertinimas (3 balai)		Informacijos stebėjimas, analizavimas, kontroliavimas (3 balai)				
Potencialas (+5 balai)		Informacijos kaupimas, analizavimas, palyginimas, ataskaita, prijungimas prie tinklo (+5 balai)				

3.4. lentelė. Objekto Nr. 4. įvertinimas

Ypatumai Miestas	Pastatas	Išmani energija	Išmanus mobilumas	Išmanus gyvenimas	Išmani aplinka	Išmanūs duomenys
Seatlas			Prie eismo prisitaikantys šviesoforai.	. Didelės apimties ir svarbių įvykių informacijos centralizuota saugykla ir portalas supažindina suinteresuotas agentūras su leidimas ir leidžia efektyviai planuoti renginius. Internetinis portalas informuojantis vietinius pardavėjus apie tai ką ir kada rajonas planuoja įsigyti.	Wi-Fi viešose erdvės plėtimas.	Eismo analizė parodė, kad 30% spūsčių sudarė laisvos stovėjimo vietos paieškos. Informacijos apie atliekas sekimas ir analizavimas. Vandens kokybės ir nenumatyto nutekėjimo sekimas..
Bullitt centre Objektas Nr. 4.			20 viešojo transporto maršrutų 0.5 mylios atstumu. Patogus prieinamumas. Dviračių saugyklos. „Walk score 98/100“		„Living building challenge“ įvertinimas.	-
Medžiagos	1400 m2 saulės panelių generuoja 242 kW.	Medžiagos iš vietinių šaltinių		Išvardyti 14 komponentų, kurių reikia vengti, siekiant nekenksmingos aplinkos žmogui		
Įvertinimas (16 balų)	Informacijos stebėjimas, rinkimas, analizavimas, palyginimas, kontroliavimas, pagrįstumas, kaupimas, prijungimas prie tinklo (8 balai)				Informacijos stebėjimas, analizavimas, kontroliavimas kaupimas, analizė, palyginimas, ataskaita, pagrįstumas. Prijungimas prie tinklo.(8 balai)	

3.5. lentelė. Objekto Nr. 5. įvertinimas

Ypatumai Miestas	Pastatas	Išmani energija	Išmanus mobilumas	Išmanus gyvenimas	Išmani aplinka	Išmanūs duomenys
Masdar		Išmanieji tinklai valdo įrenginius, išteklius, taupo energiją, mažina CO <sub>2</sub> emisijas. Viešojo transporto specialios aušinimo sistemos, ekonomiškos kondicionavimo sistemos, foto elementų energija.	Autonominis greitas asmeninis tranzitas aplink visą miestą (4 vietos suaugusiems, +2 mažiesiems). 100% pėstiesiems draugiški keliai	Sukuriama atraktyvi ir sveika aplinka.	Naudojama 90% perdirbto aliuminio. Pastatai statomi, kad sudarytų šešėlius. Gatvių vėdinimas.	-
Siemens HQ Objektas Nr. 5			Lanksčios erdvės, gali būti perplanuotos pagal gyventojus		LEED (platinum certified). Vyraujantys vėjai ventilacijos pagalba po pastatu sudaro šaltas sroves spec. tuneliais.	
Medžiagos					Lengvos aliuminio konstrukcijos sudaro šešėlius	
Inžinerinės sistemos		Valdymo sistemos leido sumažinti 65% energijos ir 50% vandens suvartojimą.		Naujausios apsaugos, gaisro sistemos. Kuriama komfortabili aplinka..		
Statybos valdymas					30% sumažintas CO <sub>2</sub> išmetimas.	
Įvertinimas (11 balų)		Informacijos stebėjimas, kaupimas, apdorojimas, palyginimas pagrįstumas, ataskaita, kontroliavimas (7 balai)		Informacijos stebėjimas, kaupimas, sprendimas kontroliavimas. (4 balai)		
Potencialas (+5 balai)		Prijungimas prie tinklo (+1 balas)		Informacijos apdorojimas, palyginimas, tendencijos, prijungimas prie tinklo (+4 balai)		



3.6. lentelė. Objekto Nr.6. įvertinimas

Ypatumai Miestas	Pastatas	Išmani energija	Išmanus mobilumas	Išmanus gyvenimas	Išmani aplinka	Išmanūs duomenys
Amsterdamas		„Virtual power plant“ – Energija iš atsinaujinančių šaltinių siunčiama į pagrindinę stotį, kurioje paskirstoma.	„Vehicle 2Grid“ – automobiliai keičiasi energija su pastatais. Jutikliai seka ir kontroliuoja eismą.	-	Sutvarkant infrastruktūrą (nauji keliai, žalieji plotai) išspręsta vandens patvinimo problema, vanduo panaudojamas antrą kartą. Vanduo vėsina natūraliai, požemine dalimi. Jutikliai kontroliuoja gatvių apšvietimą	-
Nieuw west,		10000 pastatų bus prijungti prie išmanojo elektros tinklo, kuris naudoja jutiklių ir kompiuterines technologijas. Energijos dalinimasis.	Energijos dalinimas su transportu. Dviračių kelių vystymas.	Galimybė parduoti energiją kaimynams, valdymas nuotoliniu būdu	Tikslas nuo 1990 iki 2025 CO <sub>2</sub> mažinimas 40%, 700-900 modernizuotų pastatų per metus.	
Įvertinimas (balas)	(21)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas, ataskaita, palyginimas, tendencijos. kontroliavimas, prijungimas prie tinklo (8 balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, ataskaita, kontroliavimas, prijungimas prie tinklo (5 balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas, ataskaita, palyginimas, tendencijos. kontroliavimas, prijungimas prie tinklo (8 balai)		
Potencialas (balai)	(+3)		Informacijos analizavimas, palyginimas, tendencijos. (+3 balai)			

3.6. lentelės tęsinys. Objekto Nr. 6. įvertinimas

The Edge Objektas Nr. 6		Dviračių saugykla. Elektromobilių stotelės.	App aplikacijos optimizuoja darbuotojų našumą ir efektyvumą nuo darbotvarkės sudarymo iki patalpų nustatymo ir paruošimo. Laisvalaikio erdvės	BRREAM (98,4%).	Labiausiai naudojamų vietų informacija valytojams ir „robotams siurbliams“. Rankų džiovintuvai sujungti su internetu teikia informaciją apie vonios užimtumą valytojams. BIM naudojimas.
Medžiagos	Energija iš treniruoklių.. Saulės panelės.			Saulės panelės, pasisukančios pagal saulę.	
Inžinerinės sistemos	Skaitliukai ir jutikliai kontroliuoja energiją.	Automobilio atpažinimas, nukreipimas į stovėjimo ar darbo vietą.		Judesio, šviesos, temperatūros, drėgmės jutikliai. Lietaus vandens panaudojimas	
Įvertinimas (35 balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas, ataskaita, palyginimas, tendencijos. kontroliavimas, prijungimas prie tinklo (8 balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, apdorojimas, palyginimas, ataskaita, kontroliavimas, prijungimas prie tinklo (7 balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, apdorojimas, palyginimas, ataskaita, vystymasis, kontroliavimas, prisijungimas prie tinklo (8balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, apdorojimas, kontroliavimas ( 4 balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, apdorojimas, palyginimas, ataskaita, pagrįstumas, kontroliavimas, prijungimas prie tinklo (8 balai)
Potencialas (+4 balai)				(Informacijos palyginimas, pagrįstumas, ataskaita, prijungimas prie tinklo (+4 balai)	

3.7. lentelė. Objekto Nr. 7. įvertinimas

Ypatumai Miestas	Pastatas	Išmani energija	Išmanus mobilumas	Išmanus gyvenimas	Išmani aplinka	Išmanūs duomenys
San franciskas		Informacija apie energijos suvartojimą ir patarimai, kaip efektyviai valdyti.	Eismo sekimas ir kontroliavimas sujungiant visus dalyvius, sudarant ir nurodant stovėjimo vietas,	Prieiga prie virtualios bibliotekos – elektroninės, audio knygos, vaizdo įrašai ir kt. App leidžia dalintis įvykių informaciją, įrašais, kelti juos į duomenų bazę, gautus duomenis apdoroja apsaugos įmonės. Įvykių numatymas, veidų atpažinimas, kameromis su išmaniu stebėjimu.	Elektromobilių skatinimas, įsikūrusios 12 įmonių, testuojančių autonominius automobilius. Wi- Fi viešose erdvėse plėtimas.	Išteklių suvartojimo jutiklių duomenys sudaro tikslesnes sąskaitas vartotojams.
DPR Construction Regional office (iš ang. regioninis biuras) Objektas Nr. 7				. Laisvalaikio erdvės	LEED v4 (platinum). Išsaugotas ir renovuotas 1970 metų pastatas.	
Medžiagos		343 saulės panelės generuoja 118kW energijos, kurios pakanka 80% apšvietimui.			97% medžiagų iš medžio. Dinaminiai stiklai. Savininkų teigimu, natūralus apšvietimas leidžia visiškai išjungti apšvietimo sistemas.	
Inžinerinės sistemos		Vandens ant stogo šildymo sistemos. Informacija realiu laiku apie energijos suvartojimą ir išgavimą,		Valdomas šviesos intensyvumas individualiam darbuotojui per kompiuterį ar išmanųjį telefoną. Vandens kokybės stebėjimas	Apšvietimo jutikliai. natūralus vėdinimas vamzdžių, saulės šilumos ir slėgio pagalba. „Saulės vamzdžių“ apšvietimas.	
Statybos valdymas			12% medžiagų iš vietinių rajonų		90% konstrukcijų išsaugota, kuomet viso interjero detalės nugriautos. Naudojama 32% perdirbtų medžiagų.. Perdirbta 78% statybinių atliekų.	
Įvertinimas (15 balų)		Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas, palyginimas, ataskaita, tendencijos, kontroliavimas. (7 balai)		Informacijos stebėjimas, apdorojimas, sprendimai kontroliavimas, prijungimas prie tinklo (5 balai)	Informacijos stebėjimas, sprendimai, kontroliavimas (3 balai)	
Potencialas (+9 balai)		Prijungimas prie tinklo (+1 balas)		Informacijos kaupimas, palyginimas, pagrįstumas, . (+3 balai)	Informacijos kaupimas, analizė, palyginimas, tendencijos, prijungimas prie tinklo (+5 balai)	

3.8. lentelė. Objekto Nr. 8. įvertinimas

Ypatumai Miestas	Pastatas	Išmani energija	Išmanus mobilumas	Išmanus gyvenimas	Išmani aplinka	Išmanūs duomenys
Glumac Objektas Nr. 8				Programa pastato rodikliams stebėti, langų kontrastui valdyti.	LEED Platinum CI v4	
Medžiagos		Saulės panelės. LED		Akustinės panelės. Artima gamtai aplinka. Biomorfinės medžiagos.	Dinaminiai stiklai.	
Inžinerinės sistemos		Dinaminis bei automatinis apšvietimas. Rodiklių stebėjimas.			Lietaus vandens surinkimas, filtravimas panaudojimas tualetuose, augalams laistyti. Sekama informacija apie drėgmės įvairovę. Kompostavimas. Oro kokybės sekimas ir rodymas realiu laiku.	
Įvertinimas ( 24 balai)		Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas, palyginimas, ataskaita, tendencijos, kontroliavimas, tinklo prijungimas (8 balai)		Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas, palyginimas, ataskaita, tendencijos, kontroliavimas, tinklo prijungimas (8 balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas, palyginimas, ataskaita, tendencijos, kontroliavimas, tinklo prijungimas (8 balai)	

3.9. lentelė. Objekto Nr. 9. ir objekto Nr. 10 įvertinimas

Ypatumai Miestas	Pastatas	Išmani energija	Išmanus mobilumas	Išmanus gyvenimas	Išmani aplinka	Išmanūs duomenys
Vilnius		Biodujinimo vystymo projektas	Perplanuoti viešojo transporto maršrutai, greitosios autobusų linijos. Eismo stebėjimo ir kontroliavimo sistema apjungiant visus šviesoforus	Viešojo transporto judėjimo ir tvarkaraščių prieiga, stovėjimo aikštelių app nustato tikslią kainą. Elektroniniai bilietai.	Didelio efektyvumo LED apšvietimas sumažina 70% energijos suvartojimo. Įrengti lazerių, biotechnologijų centrai.	.Elektrinės platformos leidžia bendrauti su valdžios administracija, teikti pasiūlymus.
DC Pier Objektas Nr. 9		A energetinio naudingumo klasė	Erdvės lengva perplanuoti pagal įmonių poreikius. Patogus susisiekimas tarp pastato ir miesto. Dviračių saugyklos.	Laisvalaikio erdvės. Pastato valdymas planšetiniais kompiuteriais	BREEAM (New construction excellent). Pastatų kiemai apjungia vienas kitą ir sudaro viešąsias erdves – harmoninga ir atraktyvioji aplinka. Vėdinimo kontroliavimas, pagal CO <sub>2</sub> koncentraciją. Automatinis apšvietimo, drėgmės kontroliavimas. Lietaus vandens panaudojimas	
Medžiagos		10% energijos iš saulės panelių.		Dvigubas stiklas nuo triukšmo. Aliuminio ir stiklo konstrukcijos sukuria lengvos ir skaidrios erdvės įspūdį		
Inžinerinės sistemos		Integruotos moderniausios inžinerinės sistemos, įdiegta pastato valdymo sistema.	Aukštos liftų technologijos. Automobilių įkrovimo stotelės.			
Įvertinimas (26 balų)		Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas, palyginimas, ataskaita,	Prisijungimas prie tinklo, informacijos , stebėjimas kaupimas, analizavimas,	Informacijos stebėjimas, kontroliavimas, prijungimas prie	Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas, palyginimas, ataskaita, kontroliavimas, tendencijos,	

	tendencijos kontroliavimas (7 balai)	palyginimas, ataskaita, tendencijos (7 balai)	tinklo, tendencijos (4 balas)	prijungimas prie tinklo. (8 balai)	
Potencialas (+6 balai)	Prijungimas prie tinklo (+1 balas)		Informacijos kaupimas, analizavimas, palyginimas, ataskaita, tendencijos (+5 balai)		
Premium Objektas Nr. 10	.	Atviro plano biurai. Patogus privažiavimas.		BREEAM (outstanding).	
Medžiagos	Aliuminio, stiklo konstrukcijos padeda palaikyti energinį efektyvumą.		Tik aplinkai nekenksmingos medžiagos. Stiklo konstrukcijos slopina triukšmą.	Aliuminio, stiklo konstrukcijos užtikrina šviesos kontrolę. Šviesos diodai.	
Inžinerinės sistemos	Valdymo sistema vėdinimui, šiltinimui, ryšių sistemoms	Automatizuota, įeigos kontrolės sistema transportui.	Vaizdo stebėjimo kameros aplink visą pastatą. Kortelinė įeigos kontrolė Nuo projektavimo pradžios dėmesys skirtas žmogaus aplinkai užtikrinti ir tik paskui pačiam pastatui.	Taupant vietą, įranga sukelta ant stogo. Šviesos kontroliavimas kompiuterine įranga	
Įvertinimas (24 balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas apdorojimas, ataskaita, kontroliavimas, prijungimas prie tinklo (6 balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, apdorojimas, palyginimas, ataskaita, kontroliavimas, prijungimas prie tinklo. (7 balai)	Informacijos stebėjimas, rinkimas, analizavimas, palyginimas ataskaita, kontroliavimas. (6 balai)	Informacijos stebėjimas, kaupimas, analizavimas,, ataskaita, kontroliavimas, prijungimas prie tinklo.(6 balai)	
Potencialas (+7 balai)	Informacijos palyginimas, tendencijos, prijungimas prie tinklo. (+3 balai)		Tendencijos, prijungimas prie tinklo. (2 balai)	Informacijos palyginimas, tendencijos (+2 balai)	

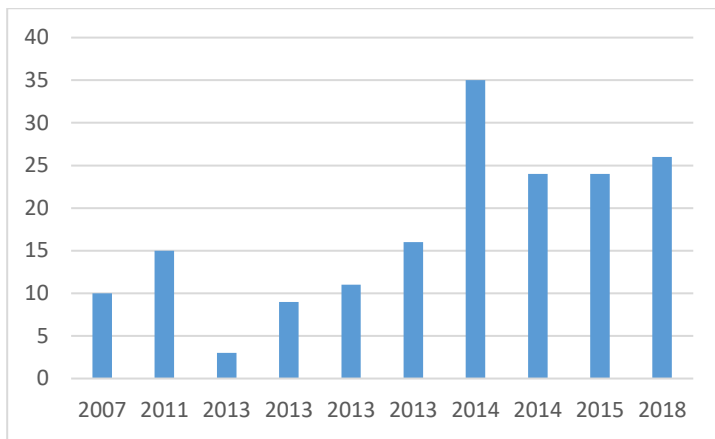
### **3.3. Tyrimo rezultatų apibendrinimas ir diskusijos**

Pasirinkti ir išanalizuoti realūs išmanieji pastatai ir išmanieji miestai visame pasaulyje. Pagal sukurta vertinimo sistema išrinkti bei surašyti jų ypatumai bei priskirtas atitinkamas vertinimas, sudaryta bendra vertinimo lentelė (3.13. lentelė) ir grafikai (3.12 – 3.16.pav.). Iš gautų rezultatų galima matyti, kad einant metams išmaniojo pastato vertinimo ir maksimalaus galimo įvertinimo rezultatai didėjo. Tačiau išmaniųjų duomenų ir mobilumo sritys gavo mažiausius įvertinimus. Taigi pagal tai kaip vystosi miestai, galime matyti ir grafikuose, kadangi iš pradžių buvo orientuotasi tik į technologijas, energijos taupymą, o bėgant metams telkiamas kuo didesnis dėmesys žmogui, jo sveikatai, saugumui, išmaniesiems duomenims, kad užtikrinti kuo efektyvesni bendradarbiavimą tarp miesto sistemų.

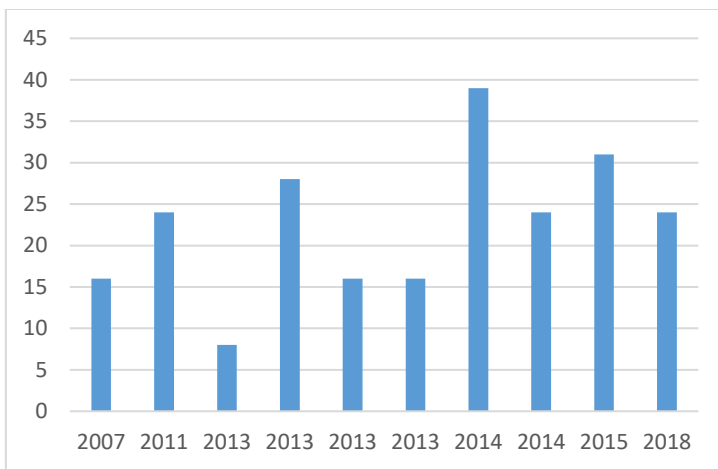
3.13. lentelė. Bendras tirtų objektų vertinimas

	Miestas	Miesto Rajonas	Objektas	Metai	Paskirtis	Plotas	Statyba	Įvertinimas	Potencialas	Maksimalus įvertinimas	Išmanioji energija		Išmanusis mobilumas		Išmanusis Gyvenimas		Išmanioji aplinka		Išmanieji duomenys	
1	Niujorkas		Objektas Nr.1	2007	Biurai	143000 m <sup>2</sup>	Nauja	10	6	16	7	+1	0	0	0	0	3	+5	0	0
2	San Franciskas		Objektas Nr.2	1970 (2011)	Biurai	16500 m <sup>2</sup>	Rekonstrukcija	15	9	24	7	+1	0	0	5	+3	5	+3	0	0
3	Sidnėjus		Objektas Nr.3	1902 (2013)	Biurai	59000 m <sup>2</sup>	Rekonstrukcija	3	5	8	3	+5	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Londonas		Objektas Nr.4	2013	Biurai	60250 m <sup>2</sup>	Nauja	9	19	28	2	+6	2	+3	3	+4	2	+6	0	0
5	Abu Dabis		Objektas Nr.5	2013	Biurai	22800 m <sup>2</sup>	Nauja	11	5	16	7	+1	0	0	4	+4	0	0	0	0
		Masdara s			Rajonas	6 km <sup>2</sup> km <sup>2</sup>					8	0	7	+1	8	0	5	+3	0	0
6	Sietlas		Objektas Nr.6	2013	Biurai	50000 m <sup>2</sup>	Nauja	16	0	16	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0
7	Amsterdama s		Objektas Nr.7	2014	Biurai	40000 m <sup>2</sup>	Nauja	35	4	39	8	0	7	0	8	0	4	+4	8	0
		Nieuw west			Rajonas	32380 km <sup>2</sup>		21	3	24	8	0	5	+3	8	0	0	0	0	0
8	Šanchajus		Objektas Nr.8	1912 2014	Biurai	10000 m <sup>2</sup>	Rekonstrukcija	24	0	24	8	0 0	0 0	0 0	8 0	0 0	8 0	0 0	0 0	0 0
9	Vilnius		Objektas Nr.9	2015	Biurai	12000 m <sup>2</sup>	Nauja	24	7	31	7	+1	0	0	3	+5	8	0	0	0
10	Vilnius		Objektas Nr.10	2018	Biurai	40000 m <sup>2</sup>	Nauja	26	6	24	5	+3	7		6	+2	6	+2	0	0
Vidurkis								16.5	6.1	22.6	6.2	1.8	1.6	0.3	3.7	2	4.4	2.5	0.8	0

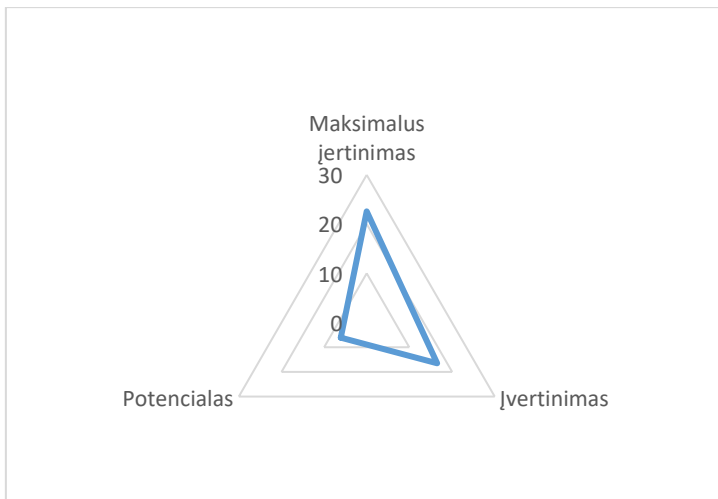




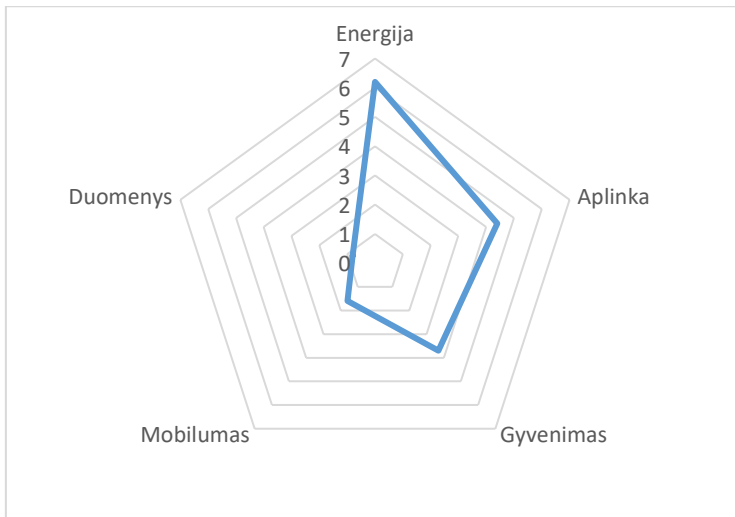
3.12 pav. Objektų balų įvertinimo skaičius pagal metus



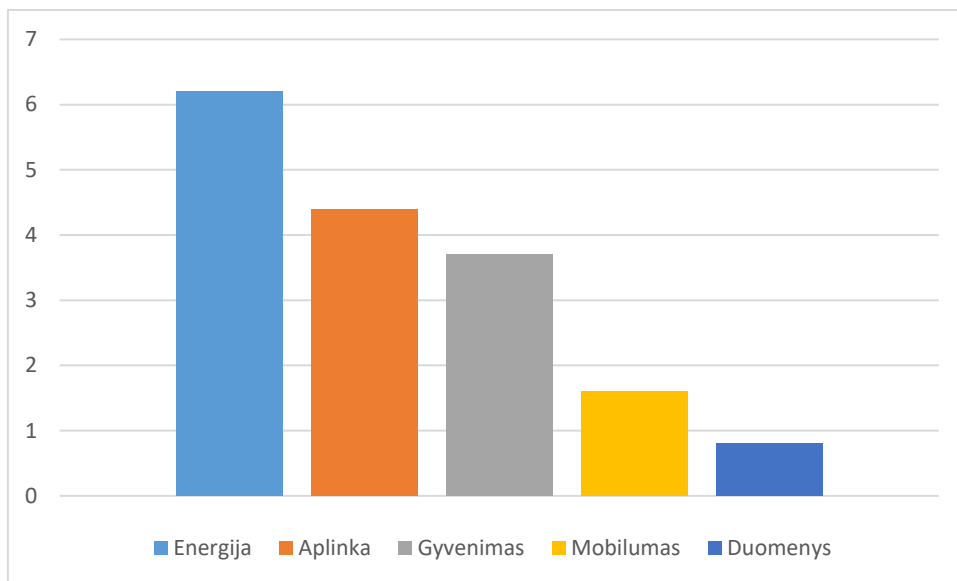
3.13 pav. Maksimalus balų įvertinimo skaičius pagal metus



3.14 pav. Įvertinimo, potencialo ir maksimalaus įvertinimo vidurkių palyginimas



3.15. pav. Ypatumų įvertinimo vidurkiai (radaro tipo diagrama)



3.16. pav. Ypatumų įvertinimo vidurkiai (stulpelinė diagrama)

## Išvados

1. Atlikta literatūros analizė parodė, kad išmaniojo pastato ir išmaniojo miesto idėjos buvo vystomos skirtingu laikotarpiu bei skirtingų suinteresuotų šalių. Išnagrinėtos pagrindinės sąvokos, tikslai, aspektai, ypatumai, technologijų tendencijos ir ryšys tarp miesto, jų rajonų, ir pastatų. Pagrindinė problema – išmaniojo pastato pilno integravimo į išmanųjį miestą nustatymas.
2. Sudaryta vertinimo metodika leidžianti nustatyti pastatų ypatumus išmaniuose miestuose. Sistemoje įvesti aštuoni rodikliai penkiose srityse, pagal kuriuos pastatas gali prisijungti prie išmaniojo miesto atsižvelgiant į medžiagas, inžinerines sistemas ir statybos valdymą.
3. Pagal sudarytą metodiką įvertinti ir palyginti pasirinkti statybos objektai išmaniuose miestuose. Gauti rezultatai rodo pastatų tobulėjimą bėgant laikui ir didėjant surinktų balų skaičiui. Iš pasirinktų sričių mažiausius vidutinius įvertinimus gavo išmaniųjų duomenų (0,8 balo) ir mobilumo (1,6 balo) sritys, kuomet išmanioji energija (6,2 balo), išmanioji aplinka (4,4 balo) ir išmanusis gyvenimas (3,7 balo) gavo labai gerus arba gerus įvertinimus.
4. Išmaniojo pastato integravimo į išmanųjį miestą vertinimo metodika gali būti toliau vystoma autorių ir naudojama savininkų, nekilnojamojo turto vystytojų ir rangovų ateityje, kaip sistema statant išmaniuosius pastatus išmaniuose miestuose.

## Literatūros sąrašas

1. McManus, T., The Smart Building's Role in a Smart City. [interaktyvus], 2017, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://buildingiq.com/blog/the-smart-buildings-role-in-a-smart-city/>
2. Albino, V., Berardi, U. ir Dangelico, R.M., „Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives“, *Journal of Urban*, 2015, Vol. 22 No. 1, pp. 3-21. [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://pdfs.semanticscholar.org/656e/4fb0564d96407161d9e541a9ca15375d6c60.pdf>
3. Jucevičius, R., Patašiene., I ir Patašius, M., Digital dimension of smart city: critical analysis. *19th international scientific conference, economics and management 2014, ICEM 2014, 23-25 April 2014, Riga, Latvia*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-01-01]. Prieiga per: ScienceDirect.
4. Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R. Pichler-Milanović, N. ir Meijers, E. *Smart cities: ranking of European medium-sized cities*. Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology, 2007 [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [http://www.smart-cities.eu/download/smart\\_cities\\_final\\_report.pdf](http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf)
5. *What is a smart city: An introduction*. [interaktyvus]. 2017, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://3bplus.nl/smart-city-introduction/>
6. Melis, A., The „Smart City“ vision starts with „Smart“ Generation. *ABB Conversations* [interaktyvus], 2014 [žiūrėta 2019-01-01] prieiga per: <https://www.abb-conversations.com/2014/10/the-smart-city-vision-starts-with-smart-generation/>
7. CIB World Building Congress. *Constructing Smart Cities*. [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [http://www.wbc2019.hk/call\\_for\\_paper.html](http://www.wbc2019.hk/call_for_paper.html)
8. *The 3 Generations of Smart Cities From 1.0 to 3.0*. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.smartcitieslibrary.com/the-3-generations-of-smart-cities/>
9. Bosch, H., van den. *Smart beyond technology push. Technology and innovation*. [interaktyvus], 2017, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://smarcityhub.com/technology-innovation/smart-beyond-technology-push/>
10. Cohen, B. *The 3 Generations of Smart Cities*. [interaktyvus], 2015, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.fastcompany.com/3047795/the-3-generations-of-smart-cities>
10. O. Akadiri, P., Chinyio, E.A. ir Olomolaiye, P.O. *Design of A sustainable building: A conceptual framework for implementing sustainability in the building sector, Buildings*. School of Technology, University of Wolverhampton. Faculty of Environment and Technology, University of West of England. [interaktyvus] 2012, 2, 126-152. [žiūrėta 2019-01-01] ISSN 2075-5309 Prieiga per: <https://www.mdpi.com/2075-5309/2/2/126/pdf>
11. Quora. *Leeds Rating system*. [interaktyvus], 2017, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://leedratingsystem.quora.com/LEED-Rating-System>
12. Fourtane, S. *The Technologies Building The Smart Cities of The Future*. [interaktyvus] 2018 [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://interestingengineering.com/the-technologies-building-the-smart-cities-of-the-future>
13. Maddox, T. *Smart cities: 6 essential technologies*. [interaktyvus], 2016, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.techrepublic.com/article/smart-cities-6-essential-technologies/>
14. Pyzyk, K. *6 trends that will define smart cities in 2018*. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.smartcitiesdive.com/news/6-trends-that-will-define-smart-cities-in-2018/513889/>
15. Project Qatar. *Smart district*. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://www.projectqatar.com/Smart-District>
16. EU Smart Cities Information system. *Smart district*. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://smartcities-infosystem.eu/low-carbon-technologies/smart-district>
17. Novoseltseva, E. *Top smart city project & leader to watch*. [interaktyvus], 2017, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://apiumhub.com/tech-blog-barcelona/smart-city-projects-leaders-barcelona/>
18. Forbes Technology Council. *Building A smart city? 10 Big Priorities Government Leader Should Focus On*. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/08/01/building-a-smart-city-10-big-priorities-government-leaders-should-focus-on/#58d90e7a5b21>

19. Good, N., Martinez Cesena E.A., Mancarella, P., Ten question concerning smart district. *Building and Environment*. [interaktyvus] 2018, 118, 362-376, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013231730135X>
20. Smart district heating and cooling grids – demand. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://smartcities-infosystem.eu/ict/smart-district-heating-and-cooling-grids-demand>
21. Gao, L., Cui, X., Ni, J., Lei, W., Huang, T., Bai, C., Yang, J. Technologies in Smart District Heating System. *Energy Procedia*, 142, 1829-1834, [interaktyvus], 2017 [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: Sciencedirect
22. Lund, H., Duic, N., Alberg Ostergaard, P., Vad Mathiesen, B., Smart energy systems and 4th generation district heating. *Energy*. [interaktyvus] 2016, 110, 1-4. [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: Sciencedirect
23. Ernst, M., *The Fundamentals of Smart Buildings* [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.iotforall.com/introduction-smart-buildings/>
24. Intelligent Infrastructure, How to Make a Smart Building More Profitable. Siemens Industry, Inc. 2016. [interaktyvus], 2016, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.siemens.com/content/dam/internet/siemens-com/us/home/company/topic-areas/intelligent-infrastructure/buildings/documents/bt-cpp-intel-infrstrctr-wp.pdf>
25. What is a Smart Building? [interaktyvus], 2011, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://buildingefficiencyinitiative.org/articles/what-smart-building>
26. van der Hoeven, Diederik., Self-healing concrete in full development. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.biobasedpress.eu/2018/02/self-healing-concrete/>
27. Termoizoliaciniai šilumą taupantys dažai ThermoShield [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [https://www.ekspertai.lt/termoizoliaciniai\\_dazai/termoizoliaciniai\\_siluma\\_taupantys\\_dazai\\_thermoshield](https://www.ekspertai.lt/termoizoliaciniai_dazai/termoizoliaciniai_siluma_taupantys_dazai_thermoshield)
28. Davis, J., Self-Healing Concrete Repairs Its Own Cracks. [interaktyvus], 2015, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.iflscience.com/chemistry/self-healing-concrete-repairs-its-own-cracks/>
29. Roos, D., 10 Futuristic Construction Technologies. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://science.howstuffworks.com/engineering/structural/10-futuristic-construction-technologies1.htm>
30. Bernstein, R., *Building Automation Training and LonMark Certification Institute Programs*. [interaktyvus], 2014, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.lonmark.org/connection/presentations/2017/AHR/Session%202/Session%202%20-%20Ron%20Bernstien%20Smart%20Buildings%20Course%20101%20%20Key%20Concepts,%20Definitions%20and%20Elements.pdf>
31. Smart Construction Equipment. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://byinnovation.eu/smart-construction-equipment/>
32. Smart construction business case. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [https://albertainnovates.ca/wp-content/uploads/2018/11/PCL-Smart-Construction-Challenge-Statement\\_V6.pdf](https://albertainnovates.ca/wp-content/uploads/2018/11/PCL-Smart-Construction-Challenge-Statement_V6.pdf)
33. Smart construction. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.komatsuamerica.com/promotions/smart-construction>
34. GenieBelt. Top 5 construction technologies to keep you safe. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://geniebelt.com/blog/top-5-construction-technologies-to-keep-you-safe>
35. Kaka, R., Stieninger, P., *International Rating Systems for Smart Building and Smart Cities*. [interaktyvus], 377-390, 2016, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-25715-0\\_22](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-25715-0_22)
36. ISO 37120:2018 (en) Sustainable cities and communities – Indicators for city services and quality of life. 2018.
37. Berrone, P., Ricart, E. J., Carrasco, C., Duch, A., *Cities in motion index 2018*. [interaktyvus] 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://dx.doi.org/10.15581/018.ST-471>
38. LEED. Ronnisch construction group. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://ronnisch.com/construction-services/leed/>

39. Honeywell. Smart Buildings Make Smart Cities, Honeywell Smart Building Score. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
[https://smartbuildings.honeywell.com/resource/1448965010000/hsbs\\_Download\\_whitepaper](https://smartbuildings.honeywell.com/resource/1448965010000/hsbs_Download_whitepaper)
40. Katz, D., Building Intelligence Quotient 2.0 Deelopment Update. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [http://www.building-iq.com/biq/david\\_katz\\_presentation-Biq\\_2.pdf](http://www.building-iq.com/biq/david_katz_presentation-Biq_2.pdf)
41. Bernstein, R., Building Automation Training and LonMark Certification Institute Programs. [interaktyvus], 2014, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.lonmark.org/connection/presentations/2017/AHR/Session%202/Session%202%20-%20Ron%20Bernstien%20Smart%20Buildings%20Course%20101%20-%20Key%20Concepts,%20Definitions%20and%20Elements.pdf>
42. Tobias, M., How New York is Becoming a Smart City. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.ny-engineers.com/blog/how-new-york-is-becoming-a-smart-city>
43. Computerworld. Smar Cities: New York. [interaktyvus], 2017, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [https://www.youtube.com/watch?v=KY\\_Ba6fqV-c](https://www.youtube.com/watch?v=KY_Ba6fqV-c)
44. Patterson, D. How New York City plans to become a smart city leader. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.techrepublic.com/article/how-new-york-city-plans-to-become-a-smart-city-leader/>
45. The New York Times Building [interaktyvus] [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: wikipedia
46. New York Times Building, [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: wikiarquitectura
47. New York Times Tower. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.emporis.com/buildings/102109/new-york-times-tower-new-york-city-ny-usa>
48. City of San Francisko, Meeting the Smart City Challenge. SFMTA, Municipal Transportation Agency. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
[https://www.sfmta.com/sites/default/files/projects/2016/SF%20Smart%20City%20Challenge\\_Final.pdf](https://www.sfmta.com/sites/default/files/projects/2016/SF%20Smart%20City%20Challenge_Final.pdf)  
fMarinaro, L.,
49. How San Francisco plans to win the DOT Smart Cities Challenge. [interaktyvus], 2016, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://readwrite.com/2016/06/20/competition-hot-san-franciscos-planning-win-dot-smart-cities-challenge-cl1/>
50. West, T., San Francisko Smart City Challenge[žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://itscalifornia.org/Content/AnnualMeetings/2016/Presentations/S1P4.pdf>
51. Highfield, V., Sensors, scandal and sustainability: Inside the San Francisco smart city being built from scratch on an abandoned naval yard. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.alphr.com/the-future/1009514/inside-san-francisco-smart-city>
52. smartcity, Innovation Is The Name For San Francisco, [interaktyvus] 2017, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.smartcity.press/san-francisco-most-innovative-city-in-us/>
53. Robins Jays S. Phoenix rising. High performing buildings. [interaktyvus], 2014, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://www.hpbmagazine.org/attachments/article/11816/14Sp-DPR-Construction-Phoenix-Regional-Office-Phoenix-AZ.pdf>
54. Hoh. A., Sydney squeeze: Data, technology key to designing smart city of the future, expert says. ABC radio Sydney. [interaktyvus], 2017, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.abc.net.au/news/2017-03-27/sydney-squeeze-sydney-needs-to-become-a-smart-city/8389452>
55. Smart City expo, sydney city to get free wi-fi smart stree furniture [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://smartcitiesexpoworldforum.com/sydney-city-to-get-free-wi-fi-smart-street-furniture/>
56. Smart City Awards [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.sydney.org.au/?portfolio=smart-city-awards-2017>
57. Mastercard, Sydeny: Smart City [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.youtube.com/watch?v=5rnHfZXnmng>
58. Buscher, V., Sydney a smart city? [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.arup.com/perspectives/sydney-a-smart-city>
59. Legion House. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<http://libertyplace.com.au/leasing/legion-house/>

60. Legion House. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<http://sydneycoop.com/directory/legion-house/>
61. Former „Legion House“ including interiors. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.environment.nsw.gov.au/heritageapp/ViewHeritageItemDetails.aspx?ID=2423742>
62. Smart London. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.london.gov.uk/what-we-do/business-and-economy/supporting-londons-sectors/smart-london>
63. Reynolds, C., London`s New Smart City Roadmap: A LODA Good News on Data? [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.cbronline.com/news/ldn-smart-city>
64. Maddox, T., Inside London`s brilliant plan to update its smart city technology. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.techrepublic.com/article/inside-londons-brilliant-plan-to-update-its-smart-city-technology/>
65. The leadenhall building, city of London. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.theleadenhallbuilding.com/architecture/>
66. The Leadenhall Building / Rogers Stirk Harbour + Partners. [interaktyvus], 2014, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.archdaily.com/547041/the-leadenhall-building-rogers-stirk-harbour-partners>
67. 122\_Leadenhall\_Street [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: wikipedia
68. Strik harbour, R., The Leadenhall Building [interaktyvus] [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.rsh-p.com/projects/the-leadenhall-building/>
69. The Leadenhall Building. The Global Tall Building Database of the CTBUH [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://www.skyscrapercenter.com/building/the-leadenhall-building/1194>
70. Stasik, D., How does city of the future look like? Get to know Masdar. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://dariuszstasik.com/en/how-does-city-of-the-future-look-like-get-to-know-masdar-city/>
71. Mubadala Company, Masdar City. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [http://www.all-energy.co.uk/\\_\\_novadocuments/51790?v=635332510348200000](http://www.all-energy.co.uk/__novadocuments/51790?v=635332510348200000)
72. Thompson, H. Masdar City – Smart City. [interaktyvus], 2010, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.youtube.com/watch?v=7cI2q4yNBYY>
73. Wam. Abu Dhabi tops ranking of smart cities in the Middle East. [interaktyvus] 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.emirates247.com/business/abu-dhabi-tops-ranking-of-smart-cities-in-the-middle-east-2018-06-29-1.670805>
74. Consultancy-me.com, Abu Dhabi ranks ahead of Dubai in Smart City technology base development. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.consultancy-me.com/news/1161/abu-dhabi-ranks-ahead-of-dubai-in-smart-city-technology-base-development>
75. Siemens at Masdar City. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
[http://www.middleeast.siemens.com/ae/en/about/siemens\\_masdar\\_office.htm](http://www.middleeast.siemens.com/ae/en/about/siemens_masdar_office.htm)
76. Robson, S., Siemens HQ in Masdar City. [interaktyvus], 2014, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.archdaily.com/539213/siemens-hq-in-masdar-city-sheppard-robson>
77. Bullitt Center. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: wikipedia
78. Bullitt Center. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://www.bullittcenter.org/building/>
79. Amsterdam city. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01], Prieiga per: <https://amsterdamsmartcity.com/>
80. amsterdamsmartcity, Amsterdam Smart City, [interaktyvus], 2013, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.youtube.com/watch?v=FinLi65Xtik>
81. BREEAM, The Edge, Amsterdam. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam/>
82. Randall, T., The Smartest Building in the World, Inside the connected future of architecture. [interaktyvus] 2015, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building/>
83. The edge, amsterdam, the netherlands. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per:  
<http://www.plparchitecture.com/the-edge.html>
84. Yang, H., Opportunities and challenges of Shanghai Smart City Journey. Shangai Academy, [interaktyvus], 2016, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://dtw.tmforum.org/wp-content/uploads/2016/05/1430-YANG.pdf>

85. Jie Lin, C., Five Chinese smart cities leading the way. [interaktyvus] 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://govinsider.asia/security/five-chinese-smart-cities-leading-way/>
86. Foresight, A., Shapping a Smart Shanghai. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.driversofchange.com/projects/shaping-a-smart-shanghai/>
87. Glumac shanghai office. Shanghai, China, [interaktyvus] [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://living-future.org/biophilic/case-studies/glumac-shanghai-office/>
88. Glumac Shanghai office fall 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.terrabinbrightgreen.com/wp-content/uploads/2016/11/Glumac-Shanghai-Office-Fall-2016.pdf>
89. Post scriptum, Ar jau galima sakyti, kad Vilnius išmanus miestas? [interaktyvus] 2016, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.delfi.lt/mokslas/technologijos/ar-jau-galima-sakyti-kad-vilnius-ismanus-miestas.d?id=70867258>
90. IoT Highway in Vilnius. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://www.smartcityvilnius.com/en/home.html>
91. Pleckaitis, A. *smart city research lithuania* Report [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.internationaalondernemen.nl/sites/internationaalondernemen.nl/files/marktrapport/Smart%20City%20Research%20Lithuania-report-v1.0.pdf>
92. Vilnius places 73rd in smart cities rankings, ahead of Riga and Tallinn. BC, Riga, [interaktyvus] 2017, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://www.baltic-course.com/eng/analytics/?doc=134934>
93. Buffeteau, S., Cano Aguilar, I., Jean Coulon, P., Haken, R., Mačiulis, V., Morkis, G., Vezzani, M., TEN Section Report on the „Smart Cities“ Project, European Economic and Social Committee. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-01-01] EESC-2017-03-EN Prieiga per: <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/qe-07-16-089-en-n--2.pdf>
94. Zapolskytė, S., Palevičius, V., Išmaniųjų miestų apžvalga ir analizė. Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva. [interaktyvus] 2018, [žiūrėta 2019-01-01] ISSN 2029-2341 / eISSN 2029-2252, Prieiga per: <https://journals.vgtu.lt/index.php/MLA/article/view/3267/4502>
95. Duris oficialiai atvėrė verlo centras „Premium“. [interaktyvus], 2015, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.vz.lt/sektoariai/nekilnojamosis-turtas-statyba/2015/09/09/duris-oficialiai-atvere-verslo-centras-premium>
96. Verslo centras „Premium“ (sporto g.). [interkatyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://keiciasi miestai.lt/komerciniai-pastatai/verslo-centras-premium-sporto-g/>
97. Premium. [interaktyvus], [interaktyvus] [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://sa.lt/zyma/verslo-centras-premium/>
98. DC – pier. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://sa.lt/zyma/dc-pier/>
99. Karsokaitė, V., Pamiegot ir pasortuot: biuras iš kurio galima neišeiti. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.15min.lt/verslas/naujiena/kvadratinis-metras/nekilnojamosis-turtas/pamiegot-ir-pasportuot-biuras-is-kurio-galima-neiseiti-973-922336>
100. Verseckas, D. „Danske Bank“ atidarė 850 vietų biurą, šiemet samdys per 200 žmonių. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.vz.lt/informacines-technologijos-telekomunikacijos/2018/02/07/danske-bank-atidare-850-vietu-biura-siemet-samdys-per-200-zmoniu>
101. „Danske Bank“ toliau plečiasi – oficialiai atidarytas pirmasis pastatas „Saltoniškių 7“ verslo biuro centre. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://danskebank.lt/apie-banka/naujienos/2018/02/danske-bank-toliau-pleciasi-oficialiai-atidarytas-pirmasis-pastatas-saltoniskiu-7>
102. Smith, L., Smart City Portrait: Seoul (Part II). [interaktyvus] 2018 [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://hub.beesmart.city/city-portraits/smart-city-seoul-part-1>
103. Smith, L., Smart City Portrait: Seoul (Part II). [interaktyvus] 2018 [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://hub.beesmart.city/city-portraits/smart-city-seoul-part-2>
104. Jungwoo, L., Seoul Smart City Initiatives & Cases. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [https://oascities.org/wp-content/uploads/2018/01/Seoul-Smart-City-Initiatives-Cases-\\_Dr.-Jungwoo-Lee.pdf](https://oascities.org/wp-content/uploads/2018/01/Seoul-Smart-City-Initiatives-Cases-_Dr.-Jungwoo-Lee.pdf)
105. Metropolis Secretariat General, smart city Seoul. [interaktyvus] 2016 [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.youtube.com/watch?v=z00AQUjtNCM>



106. Lawrence, C., Is Seoul the World's smartest city? [interaktyvus], 2016, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://readwrite.com/2016/05/12/is-seoul-the-worlds-smartest-city-ct1/>
107. Smarti City 3.0 – Ask Barcelonas about next generation of smart cities. [interaktyvus] 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://www.urban-hub.com/cities/smart-city-3-0-ask-barcelona-about-the-next-generation-of-smart-cities/>
108. Tieman, R., Barcelona: smart city revolution in progress. [interaktyvus] 2017] Prieiga per: <https://www.ft.com/content/6d2fe2a8-722c-11e7-93ff-99f383b09ff9>
109. Pember, J., Why is Stockholm considered a smart city? [interaktyvus] 2014, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.quora.com/Why-is-Stockholm-considered-a-smart-city>
110. Smart and connected City. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://international.stockholm.se/governance/smart-and-connected-city/>
111. Landahl, G., SmartCity project in Stockholm. [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.climateneutral.eu/wp-content/uploads/2017/01/6-Smartcity-Projects-in-Stockholm-oct-2017.pdf>
112. Legrand, Green building ecological construction. Prancūzija, [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.legrand.com/en/our-solutions/green-building/green-building-description>
113. Partanen, P. The building site for a smart city, forum virium. Helsinki, [interaktyvus], [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://forumvirium.fi/en/introduction/the-building-site-for-a-smart-city/>
114. U.S. District Department of Transportation, Smart DC, Making the District a Smart City, „Beyond Traffic: The Smart City Challenge“. [interaktyvus], 2016. [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/DC\\_0.pdf](https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/DC_0.pdf)
115. The Comfy Team, Top 8 Smart Building from Around the World. [interaktyvus], 2017, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.comfyapp.com/blog/top-8-smart-buildings-from-around-the-world/>
116. Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., *Smart cities: ranking of European medium-sized cities*. Vienna: Centre of Regional Science – Vienna univeristy, [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [http://www.smart-cities.eu/download/smart\\_cities\\_final\\_report.pdf](http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf)
117. Robins Jays S. *Phoenix rising. High performing buildings*. [interaktyvus], 2014, [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <http://www.hpbmagazine.org/attachments/article/11816/14Sp-DPR-Construction-Phoenix-Regional-Office-Phoenix-AZ.pdf>
118. *Blockchainfirst. Presentation about IoT and Blockchain at Blockchainweek2016 in Shanghai*, [interaktyvus], 2016. [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.youtube.com/watch?v=bdlcwRdQApg>
119. Shorthouse, P. On the path to Smart Cities: Lessons from china. GLOBE forum, GLOBE SERIES, [interaktyvus], 2017. [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: <https://www.globeseries.com/blog/2017/12/06/path-smart-cities-lessons-china/>
120. [žiūrėta 2019-01-01] Prieiga per: [http://greeninitiatives.cn/img/events/1411884869745Purchasing%20and%20Procurement%20for%20Sustainable%20Facility%20Management\\_Glumac.pdf](http://greeninitiatives.cn/img/events/1411884869745Purchasing%20and%20Procurement%20for%20Sustainable%20Facility%20Management_Glumac.pdf)