

LANDŠAFTOTYRA

URBANIZUOTOS APLINKOS MONITORINGO SISTEMOS ELEMENTAI IR JŲ SKYRIMO PROBLEMA

Darius Veteikis, Margarita Jankauskaitė

Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT 03223, Vilnius

El. paštas: veteikis@geo.lt; jankauskaitė@geo.lt

Ivadas

Monitoringas (arba stebėseną) – tai reguliarus ir nepertraukiamas įvairiausių procesų ir reiškinių stebėjimas. Miestuose, kur koncentruojasi didelė dalis žmogaus veiklos, procesų ir reiškinių intensyvumas bei sparta santykinai yra labai didelė, todėl neigiami procesai, jei nebus laiku pastebėti arba prognozuoti, gali atnešti daug žalos miesto ir visos šalies gyventojams, ūkiui bei gamtai. Tokiu būdu monitoringas tampa viena darnaus miestų vystymosi užtikrinimo sąlygų, arba įrankių.

Lietuvos aplinkos monitoringo įstatyme numatyti šie monitoringo objektai:

1) fizikinio, radiacinio, cheminio, biologinio ir kitokio antropogeninio poveikio šaltiniai bei jų įtaka aplinkai;

2) oro ir kritulių, paviršinio vandens (upių, ežerų, tvenkinių, Kuršių marių, Baltijos jūros), dirvožemio, Žemės gelmių, biotos būklė;

3) natūralių ir antropogeniškai veikiamų gamtinių komponentų (pelkių, natūralių ir kultūrinių pievų, miškų ir kt.) būklė;

4) aplinkoje vykstančių globalių procesų kaita ir tendencijos (rūgštieji krituliai, ozono sluoksnio kitimas, šiltnamio efektas ir kt.) (Lietuvos..., 1997).

Be to, pagal *Valstybinę LR aplinkos monitoringo programą* dar numatytas ir pagrindinių kraštovaizdžio tipų (molinų lygumų, smėlingų lygumų, kalvotų moreninių aukštumų, pajūrinių lygumų, deltinių lygumų ir upių slėnių) monitoringas (Valstybinė..., 1998). Taigi įstatyminėje bazėje neskirta vietos atskiram urbanizuotos aplinkos monitoringui.

Urbanizuotoje aplinkoje turėtų būti numatyti saviti stebėjimo objektai, kompleksiškesni dėl pačios miesto teritorinės sistemos sudėtingumo. Remiantis *Monitoringo įstatyme* pateikta monitoringo objektų klasifikacija ir nesiekiant iš esmės pakeisti jau egzistuojančių monitoringo dalių, urbanizuotoje aplinkoje galimos tokios stebimų objektų grupės: 1) poveikio aplinkai šaltiniai, 2) atskiri gamtinių sferų komponentai, 3) urbanizuoto kraštovaizdžio sistemos, 4) globalių procesų poveikis. Šia monitoringo objektų klasifikacija kaip gairėmis ir remiamasi šiame darbe. Kiekviena iš minėtų keturių monitoringo objektų grupių yra atstovaujama savitų kiekybinių arba kokybinių parametrų. Toliau šiame straipsnyje skaitytojams pateikiama urbanizuotos aplinkos monitoringo sistema, pagrįsta fiksavimu aplinkos kokybę limituojančių parametrų, nusakančių tiek atskirų kraštovaizdžio komponentų, tiek sudėtingos miesto kraštovaizdžio sistemos būklę.

1. Urbanizuotos aplinkos monitoringas Lietuvoje ir pasaulyje

Lietuvoje urbanizuotos aplinkos monitoringas nėra išskirtas į atskirą monitoringo tipą ir priklauso bendrajai monitoringo sistemai. Miestuose vykdomi tik natūralių sferų komponentų ir taršos šaltinių stebėjimai. Kai kuriuose didžiuosiuose Lietuvos miestuose (Vilniuje, Šiauliuose, Kaune, Panevėžyje) įvairiu periodiškumu stebima oro, paviršinio ir požeminio vandens, dirvožemio, augalijos būklė. Tačiau dar daugelyje Lietuvos miestų tokie stebėjimai nevykdomi, aplinkos monitoringo neturi trečias didumu Lietuvoje Klaipėdos miestas. Tuo tarpu, pvz., Kaune, kraštovaizdžio komponentų monitoringas vykdomas jau daugiau nei dešimt metų, todėl sukaupta nemažai informacijos, kurios pagrindu galima daryti apibendrinimus apie šio miesto būklės kaitą ir net numatyti jos kaitos tendencijas.

Lietuvoje nuolatinis miestų oro užterštumo monitoringas vykdomas nuo 1967 metų. Šiuo metu dešimtyje didžiausių Lietuvos miestų įrengtos 23 stacionarios stebėjimo stotys. Matuojami pagrindinių oro teršalų lygiai bei kai kurių vieno ar kito regiono emisijoms būdingų specifinių teršalų koncentracijos. Įgyvendinant projektą *Oro kokybės valdymas Vilniaus mieste*, įdiegta automatizuota oro būklės stebėjimo mieste sistema (Valstybinė..., 1998).

Užsienyje daugelis stambųjų miestų turi oro, vandens, augalijos būklės stebėjimo postus. Be to, organizuojamos tarptautinės urbanizuotos aplinkos stebėjimo programos, kurių pagrindą sudaro miestų stebėjimai iš kosmoso. Pasaulyje žinomos nuolatinių urbanizuotų teritorijų stebėjimo iš kosmoso duomenų bazės: *ASTER, MODIS, Landsat*.

Arizonos universitetas 2000 m. inicijavo tarptautinį projektą *Urbanizuotos aplinkos monitoringas (Urban Environmental Monitoring – UEM)*, kurio vykdymo metu po pradinės 100 įvairių pasaulio miestų analizės skirtinguose žemynuose buvo išrinkti 8 gilios analizės miestai, pasižymintys intensyviais urbanizacijos procesais: Čang Majus (Tailandas), Berlynas (Vokietija), Kanbera (Australija), Delis (Indija), Lima (Peru), Manila (Filipinai), Meksikas (Meksika), Finiksas (JAV). Iš kosmoso stebimi žemės dangos kitimai, nustatomi vykstantys mieste biogeocheminiai, geofiziniai ir socialiniai procesai (Urban..., 2004).

Panašūs stebėjimai vykdomi kai kuriuose miestuose, turinčiuose pakankamai lėšų finansuoti brangius distancinius tyrimus. Urbanizuotos aplinkos pokyčiai iš kosmoso tyrinėjami Paryžiuje, Italijos miestuose (The Urban..., 2004), Sietle, JAV (An introduction..., 2003), atliekamos lyginamosios miestų (pvz., Njujorko ir Guangžou) analizės (Small, Miller, 1999). Miestų stebėseną iš kosmoso atliekama siekiant nustatyti miesto aplinkos pokyčius po gamtinės katastrofos (pvz., Žemės drebėjimo); tokie tyrimai buvo atliekami 1999 m. Turkijos Izmito mieste (An introduction..., 2003).

2. Miesto monitoringo sudėtis

Nagrinėjant miesto monitoringo galimybes susiduriama su dideliu skaičiumi urbanizuotos aplinkos elementų, kurie kinta miestui funkcionuojant. Pirma, tai gamtiniai kraštovaizdžio komponentai – oras, vanduo, dirvožemis, augalija. Antra, kraštovaizdis, teritorija, jos pokyčiai susiję su miesto plėtimusi, urbanizuotų ir natūralių teritorijų santykio, kraštovaizdžio būklės (psichoekologiniu aspektu) kaita. Be to, aplinkos monitoringas turi apimti ir taršos emisijų lygį pačiame mieste bei pernešamų iš kitų vietovių teršalų kiekį. Tokios įvairiapusės monitoringo sistemos dalys atskleistos 1 lentelėje.

1 lentelė. Pagrindinė urbanizuotos aplinkos monitoringo sudėtis (stebimieji parametrai).

Table 1. Main composition of the monitoring of urbanized environment (observed parameters).

I. Gamtinių sferų komponentų būklės (pažeidimo / taršos atžvilgiu) monitoringas <i>Monitoring of the state of natural components (aspects of disturbance and pollution)</i>	II. Miesto kraštovaizdžio monitoringas <i>Monitoring of urban landscape</i>	III. Taršos emisijų lygis <i>Level of pollution emissions</i>	IV. Globalių (regioninių) procesų įtaka miesto aplinkai <i>Influence of global (regional) processes on urban environment</i>
1. Oro sudėties pokyčiai <i>Changes of air composition</i> 2. Požeminio ir paviršinio vandens užteršimas <i>Groundwater and surface water pollution</i> 3. Dirvožemio užteršimas <i>Soil pollution</i> 4. Reljefas ir geodinaminiai procesai <i>Relief and geodynamic processes</i> 5. Augalijos būklė <i>Vegetation condition</i> 6. Gyvūnijos monitoringas <i>Wildlife monitoring</i> 7. Fizinė tarša (akustinė, elektromagnetinė ir radiacinė tarša) <i>Physical pollution (acoustic, electromagnetic, radiation)</i>	1. Miesto teritorijos įsisavinimo kaita <i>Dynamics of city area assimilation</i> a) miesto ribų (užstatytos teritorijos ir administracinės) poslinkiai / <i>Shifts of city boundaries (built-up and administrative areas)</i> b) skirtingos funkcinės paskirties teritorijų naudojimo efektyvumas <i>Efficiency of use of different functional zones</i> 2. Miesto kraštovaizdžio sistemos kokybės pokyčiai <i>Qualitative changes of urban landscape system</i> a) urbanizuotų ir natūralių plotų santykio kaita <i>Dynamics of the ratio between urbanized and natural areas</i> b) miesto kraštovaizdžio būklės (socioekologiniu aspektu) pokyčiai / <i>Dynamics of urban landscape changes (socioecological aspect)</i>	1. CO ₂ emisijos iš pramonės, transporto ir kitų ūkio šakų / <i>CO₂ emissions from industrial, transport and other enterprises</i> 2. Dujinių ir aerozolinių teršalų emisijos <i>Emissions of gas and aerosol pollutants</i> 3. Skystųjų ir ištirpusių teršalų emisijos <i>Emissions of liquid and dissolved pollutants</i> 4. Kietųjų atliekų susidarymas mieste <i>Formation of solid wastes in cities</i>	1. Oru atnešamų teršalų kiekis <i>Amount of air-transported pollutants</i> 2. Vandens tėkmėmis atnešamų teršalų kiekis <i>Amount of pollutants transported by rivers</i>

2.1. Natūralių sferų komponentų būklės monitoringas

Tai būtina miesto aplinkos monitoringo dalis, kurios vykdymui reikalinga oro, vandens, dirvožemio užterštumo stebėjimo, triukšmo–vibracijos ir elektromagnetinės spinduliuotės bei apšvitos matavimo technika, taip pat svarbu teisingas matavimo vietų parinkimas, atitinkantis *Valstybinėje monitoringo programoje* numatytus principus (pakankamas minimumas, reprezentatyvumas, kompleksiskumas, patikimumas, biocentriškumas, operatyvumas). Daugumos išvardytų stebėjimo elementų jau nustatytos leidžiamos ribinės užterštumo vertės, įteisintos aplinkosauginėse ir higienos normose.

Oro teršalų leidžiamus lygius numato *Lietuvos higienos normos* (Lietuvos..., 2002). Oro būklės stebėjimus miestuose reikėtų papildyti ir miesto klimato kaitos stebėjimais, todėl, tobulinant urbanizuotos aplinkos stebėseną, būtina susieti oro užterštumo ir meteorologinius stebėjimus.

Lietuvos teisiniais aktais nustatytos leidžiamos paviršinio maudyklų vandens (Lietuvos..., 1999), geriamojo vandens (Lietuvos..., 2003), žalio geriamojo vandens

(vandens, kuris ruošiamas vartojimui: paviršinio, gaunamo iš šachtinių šulinių ir gręžinių: Lietuvos..., 2001a) užterštumo normos. Vandens monitoringas neturėtų apsiriboti vien cheminio ir bakteriologinio užterštumo stebėjimais, tačiau turėtų apimti ir su vandens telkiniais, ypač tėkmėmis, tirpsmo vandeniu susijusių (hidrodinaminių ir geodinaminių) procesų stebėjimą. Hidrografinis tinklas daugumoje didžiųjų miestų gerokai pakeistas technogeninės žmogaus veiklos: sunaikinti, palaidoti maži upeliai arba ištiesintos jų vagos, dažnai paverstos kanalizacijos grioviais. Tačiau išlikusius arba renatūralizuotus hidrografinio tinklo elementus būtina stebėti ir fiksuoti jų hidrografinių parametrų kaitą. Be to, būtina nustatyti egzistuojančias kryptis ir linijas laikinų paviršinių srautų, susiformuojančių iškritus daug kritulių arba intensyviai tirpstant sniegui ant nelaidžių technogeninių paviršių. Hidrografinio tinklo pokyčių stebėjimui galima pritaikyti kosminio vaizdo, aerofotonuotruokas, tačiau būtini ir lauko stebėjimai (stebint srautų formavimąsi technogeniniuose paviršiuose, geodinaminius procesus upių atkarpose su tankia augalija). Taip pat aktualūs požeminio vandens lygio stebėjimai, kuriuos itin svarbu atlikti tose urbanizuotos teritorijos dalyse, kur sutampa užteršimo ir aukšto gruntinio vandens lygio grėsmė.

Miestuose aktualus ir dirvožemio (grunto) užterštumas sunkiaisiais metalais, naftos produktais bei mikrobinis užterštumas (susijęs su organogenine tarša). Lietuvos teisiniuose dokumentuose – aplinkosaugos ir higienos normose (Grunto..., 2002; Lietuvos..., 2004b) – nustatytos leidžiamos įvairių teršalų koncentracijos dirvožemyje, išskyrus mikrobinį užterštumą. Lietuvos įstatymai dar nereguliuoja dirvožemio mikrobinio užterštumo leidžiamų lygių. Kad šie ribiniai rodikliai būtų įteisinti, ypač aktualu gyvenamuosiuose kvartaluose, kur didelė naminių ir benamių gyvūnų koncentracija, padidėjusi buitinė tarša sudaro sąlygas plisti paviršiniame dirvos sluoksnyje įvairiems kenksmingiems žmonių sveikatai mikroorganizmams.

Lietuvos respublikos įstatymu jau reglamentuojamas triukšmo valdymas (Lietuvos..., 2004a), nustatytos radiacinės saugos normos (Lietuvos..., 2004c), nurodytos sanitarinės zonos aplink elektromagnetinės taršos šaltinius (aukštosios įtampos elektros linijas) ir leidžiama žmogui buvimo šiose zonose trukmė (Lietuvos..., 2001b). Deja, dar nenustatytos sanitarinės zonos ir leidžiamas buvimo laikas arti kitų svarbių elektromagnetinio lauko šaltinių, pvz., mobiliojo ryšio retransliatorių, kurie miestuose dažnai įrengiami visuomeninės paskirties arba net gyvenamosiose teritorijose.

Augalijos būklei stebėti dar nesudarytas pakankamai formalizuotas pagrindas, nes nepritaikytos leidžiamos jos pažeistumo normos urbanizuotai aplinkai. *Valstybinėje monitoringo programoje* taip pat nenumatytas urbanizuotos aplinkos augalijos monitoringas. Miesto žalieji plotai gali būti stebimi lauko tyrimų metu ir naudojant vaizdus iš kosmoso, aerofotonuotruokas. Tokiai stebėsenai reikalingi aukštos kvalifikacijos specialistai, galintys įvertinti augalijos būklę.

Želdiniai miesto teritorijoje atlieka keletą svarbių funkcijų (urboekologinę, estetinę, užtvarinę ir kt.). Užtikrinant želdinių urboekologinės funkcijos realizavimą, būtina atlikti skaičiavimus, kiek ir kokių želdinių turi būti mieste, kad būtų subalansuota oro sudėtis, temperatūros ir drėgmės režimas, neutralizuoti teršalai. Kiek reikia želdinių Lietuvos miestams, kad jie visiškai atliktų urboekologinę funkciją, nenustatyta. Norint tą sužinoti, būtina ištyrinėti mūsų miestų biocheminį želdinių aktyvumą, išanalizuoti išmetamų teršalų mastą ir koncentracijos vietas, atlikti mikroklimato tyrimus, kurie atskleistų temperatūros ir drėgmės anomalijas miestuose.

Paminėtina, kad Lietuvoje dar nesutvarkyta teisinė želdinių normų bazė, todėl teikiant želdinimo rekomendacijas naudojamosi kaimynių šalių (Lenkijos, Baltarusijos) patirtimi. Želdinių normines rekomendacijas miestams yra pasiūlę Lietuvos miestotvarkos specialistai (Miestotvarka, 2003), želdynų sistema pateikta Vilniaus miesto bendrajame plane (Vilniaus..., 1999).

Ekologinė ir sanitarinė–higieninė miesto teritorijų būklė tiesiogiai susijusi su jų apželdinimo laipsniu. Nustatytas teigiamas augalijos poveikis aplinkinių teritorijų šilumos režimui. Vasarą pagrindinis diskomforto faktorius mieste yra temperatūros šuolis tarp žemės paviršiaus ir atmosferos oro. Teigiama, kad temperatūros šuolio priklausomybė nuo želdynų ploto ypač ryški esant 20–50% apželdinimui. Esant apželdinimui iki 20%, temperatūros šuolio dydis maksimalus, tačiau paktiškai jau nebeprisiklauso nuo atviro paviršiaus ploto. Optimalios sąlygos švaraus oro patekimui ir palankaus šilumos režimo užstatytose teritorijose susidarymui yra tada, kai atviras apželdintas paviršius sudaro 50–60% mikrorajono ploto. Tai efektyviausias atviro apželdinto paviršiaus dydis miesto užstatymo sąlygomis (Прокофьева, 1997). Sugertosios Saulės spinduliuotės dydžio sumažinimą lemia ne tik didesni tarpai tarp pastatų, bet ir asfalto dangos pakeitimas gazonais, pasižyminčiais didesniu albedu.

Kaip jau buvo minėta, kai kuriuose Lietuvos miestuose atliekami oro, vandens ir dirvožemio užterštumo, augalijos būklės stebėjimai. Tačiau tai palyginti nežymi Lietuvos miestų dalis. Tokio pobūdžio monitoringas nėra labai aktualus mažuose miestuose, kuriuose nėra išvystytos pramonės ir transporto. Kita vertus, yra didelių miestų (pvz., Klaipėda, Alytus), kur dar iki šiol nevykdomas nuolatinis aplinkos komponentų būklės stebėjimas. Maži miestai, kur vystomos taršios ūkio šakos (pvz., Radviliškis – transporto mazgas), patiriantys su oro ar vandens pernaša susijusį teršimą (pvz., panemunės miestai), turėtų vykdyti kai kurių kraštovaizdžio komponentų būklės stebėjimus; tam reikalinga išsami visos Lietuvos miestų problemų analizė.

2.2. Miesto kraštovaizdžio monitoringas

Šis monitoringas garantuoja sisteminių poiūrį į miesto aplinką. Stebimieji rodikliai šiuo atveju atspindi bendrąją kraštovaizdžio, kaip teritorinės sistemos, būklę. Stebimuosius rodiklius galima grupuoti į miesto teritorijos įsisavinimo pokyčių ir visos miesto kraštovaizdžio sistemos kokybės rodiklius (2 lent.).

Miesto ribos kaitą, kuri kontroliuojama administracine tvarka, galima sąlyginai priskirti miesto teritorijos įsisavinimo kaitos rodiklių grupei. Kaip ir visiems parametrų, ribų kaitai tyrinėti taip pat turi būti sukurta duomenų bazė. Be formaliosios miesto ribos, turi būti nustatyta ir miesto urbanizuoto branduolio riba, kurią galima pavadinti *urboekologine miesto riba*, ties kuria būtų fiksuojama urbanizuotai aplinkai būdingų ekologinių procesų pabaiga. Ir tik šios urboekologinės miesto ribos poslinkių stebėjimai turi prasmę miesto aplinkos monitoringo sistemoje, kurios tikslas sekti ne formalius, o realius reiškinius, vykstančius kraštovaizdyje.

Skirtingos funkcinės paskirties teritorijų naudojimo efektyvumas taip pat priklauso miesto žemių įsisavinimo kaitos rodikliams. Teritorijos panaudojimo efektyvumas suprantamas ir skaičiuojamas įvairiais būdais. Vieną metodą 1994 m. pasiūlė O. Bajevskis (Сизов, 2000). Pagrindinis jo principas – egzistuojančio ir projektuojamo išteklių naudojimo lygių santykio apskaičiavimas. Šis santykis randamas atlikus seką tarpinių perskaičiavimų, pateikiamų toliau tekste.

2 lentelė. Miesto teritorinio (kraštovaizdžio) monitoringo dedamųjų dalių stebėjimo metodai ir periodiškumas.

Table 2. *Methods and periodicity of observation of urban territorial (landscape) monitoring elements.*

Teritorinio (kraštovaizdžio) monitoringo parametrai <i>Territorial monitoring parameters</i>	Metodai <i>Methods</i>	Periodiškumas <i>Periodicity</i>
1. Miesto teritorijos įsisavinimo kaita / <i>Dynamics of assimilation of urban areas</i>		
a) miesto ribų (užstatytos teritorijos ir administracinės) poslinkiai <i>Shifts of city boundaries (built-up and administrative areas)</i>	Projektavimo kartografinės medžiagos (planų) analizė / <i>Analysis of project cartographic material</i>	Kasmet <i>Yearly</i>
b) skirtingos funkcinės paskirties teritorijų naudojimo efektyvumas <i>Efficiency of use of different functional zones</i>	Miesto elementarioji funkcinė gardelė apibūdinama pagal santykį tarp esamo ir suprojektuoto išteklių naudojimo <i>Elementary city cell according to the ratio between the actual and project resource exploitation</i>	Kasmet <i>Yearly</i>
2. Miesto kraštovaizdžio sistemos kokybės pokyčiai / <i>Qualitative changes of urban landscape system</i>		
a) urbanizuotų ir natūralių plotų santykio kaita <i>Dynamics of urbanized versus natural areas</i>	Miesto elementariosios funkcinės gardelės suklasifikuojamos pagal urbanizacijos lygį ir įvertinamas jų plotų santykis / <i>Elementary city cells classified according to urbanization level and evaluation of the ratio between their areas</i>	Kasmet <i>Yearly</i>
b) Miesto kraštovaizdžio būklės (socioekologiniu aspektu) pokyčiai <i>Dynamics of urban landscape condition</i>	Kraštovaizdžio kokybės vertinimo mieste metodika / <i>Methods of evaluation of urban landscape</i>	Dveji treji metai <i>Every two–three years</i>

Teritorijų naudojimo efektyvumas (E) apskaičiuojamas formule

$$E = (1 / D) \times 100\%, \quad (1)$$

čia D – nedimensinis disproporcijos (nesutapimo) tarp egzistuojančio ir projektuojamo konkretaus sklypo naudojimo rodiklis, kuris nustatomas tokiu būdu:

$$D = 1 + K_s \times \sum (B_i D_i), \quad (2)$$

čia K_s – baudžiamųjų sankcijų už neefktyvų teritorijos naudojimą politikos „kietumo“ koeficientas; B_i – svorinis i -tojo išteklių tipo deficito koeficientas; D_i – i -tojo išteklių tipo disproporcijos lygio rodiklis.

Kuo mažesnė disproporcijos rodiklio reikšmė, tuo didesnis miesto teritorijų naudojimo efektyvumo rodiklis, kurio 100% reiškia visišką atitikimą tarp esamo ir projektuojamo teritorijos naudojimo.

Baudžiamosios politikos koeficientas rodo, kiek kartų papildomos išlaidos už baudas gali viršyti pradinę žemės nuomos kainą ar žemės mokesį.

Atskirų i -tųjų išteklių tipų apskaičiuojamas savitasis disproporcijos rodiklis

$$D_i = |x_i^p - x_i^e| / [0,5(x_i^p + x_i^e)], \quad (3)$$

čia x_i^p – projektuojamas i -tojo išteklių tipo būdingojo naudojimo lygis; x_i^e – esamas i -tojo išteklių tipo būdingojo naudojimo lygis; m – kalibravimo koeficientas.

Svoriniai i -tųjų išteklių tipų deficito koeficientai B_i nustatomi pirmiausia apskaičiavus pirminius deficito koeficientus B_i^{\wedge} , kurie randami dvejopai, priklausomai nuo miesto projekte numatyto išteklių naudojimo atvejo:

- jeigu išteklių naudojimas pagal projektą turi augti, tada

$$B_i^{\wedge} = x_i^p \text{ }^{mst} / x_i^e \text{ }^{mst}; \quad (4)$$

- jeigu išteklių naudojimas pagal projektą turi mažėti, tada

$$B_i^{\wedge} = x_i^e \text{ }^{mst} / x_i^p \text{ }^{mst}; \quad (5)$$

čia $x_i^p \text{ }^{mst}$ – projektuojamas i -tojo išteklių naudojimo lygis viso miesto mastu, $x_i^e \text{ }^{mst}$ – esamas i -tojo išteklių naudojimo lygis viso miesto mastu.

Apskaičiuoti kiekvienos išteklių rūšies pirminiai deficito koeficientai sudedami, o prilyginus šią sumą vienetui, proporcingai paverčiami svoriniais deficito koeficientais, vienetu dalimis.

Minėto teritorijų naudojimo efektyvumo ir jo kaitos nustatymas – svarbus miesto funkcionavimo ir gyvybingumo rodiklis. Projektuose numatyto ir pagrįsto teritorinių išteklių naudojimo reglamento pažeidimas (ekonominių, ekologinių, higieninių ir socialinių normų viršijimas, kartais ir nepasiekimas) gali pakenkti tiek ekonominei, tiek ekologinei, tiek socialinei miesto būklei.

Dėl mieste vykdomos veiklos dinamiškumo tokio pobūdžio miesto teritorijos vertinimas turėtų būti atliekamas kasmet ir fiksuojamas elektroninėse kartografinėse duomenų bazėse (GIS).

Urbanizuotų ir natūralių plotų santykio kaita. Tai kraštovaizdžio poliarizacijos rodiklis miesto teritorijos viduje. Miesto šis rodiklis visada yra daug didesnis už visos šalies. Urbanizuotoje aplinkoje, kur vyksta savotiškos varžybos tarp antropogeninių ir natūralių procesų, minėto santykio pokyčiai gali būti labai reikšmingi visai miesto kraštovaizdžio sistemai, jos kokybei, tinkamumui gyventi. Šiuo atveju svarbu nustatyti urbanizuotų ir natūralių plotų santykį atskirai užstatytoje miesto teritorijoje ir miesto teritorijoje iki administracinių ribų. Užstatytos teritorijos riba – tai fizinė viso miesto riba, galinti nesiekti arba kirsti administracinę (Godienė, 2001). Miesto užstatyta teritorija rodo tikrąjį urbanizuotos aplinkos užimamą plotą kartu su jai priklausančiais aktyvaus branduolio elementais (pastatais, infrastruktūra ir jų sklypais) bei vidaus vandenimis ir želdynais, atliekančiais ekologinę kompensacinę funkciją. Taip diferencijuojant poliarizacijos laipsnį taptų įmanoma palyginti tarpusavyje įvairius miestus, nes miestų administracinės ribos dažnai priimamos remiantis skirtingais kriterijais ir ne visada sutampa su realia užstatytos teritorijos riba.

Norint kiek įmanoma tiksliau įvertinti urbanizuotų ir natūralių plotų santykį, reikia apibrėžti, kas yra urbanizuoti ir natūralūs miesto plotai ir ką daryti su jo funkcinėmis dalimis, užimančiomis tarpinę padėtį (pvz., agrariniai plotai). Šiam klausimui išspręsti siūloma ekspertinė vertinimo balais sistema, numatanti vienodą tiek technogenizuotų, tiek santykinai natūralių miesto funkcinių dalių vertinimą balais – nuo 0 iki 10 (kuo funkcija labiau technogenizuota arba, atvirkščiai, kuo ji natūralesnė, tuo jos įvertinimas artimesnis 10 balų). Priklausomai nuo jų poliaus (į technogeniškumą ar į natūralumą) šie balai miesto kraštovaizdžio poliarizacijos apskaičiavimo formulėje atsidurs skaitiklyje arba vardiklyje. 3 lentelėje parodyti

ekspertiškai suteikti balai funkcinėms miesto dalims, numatytiems bendruosiuose planuose (pavyzdžiui imtas Vilniaus miesto bendrasis planas, 1999).

Daugiausia balų iš technogenizuoto kraštovaizdžio funkcinų dalių tenka infrastruktūros ir sąvartyno teritorijoms, taip pat pramonės ir komercinėms teritorijoms, mažiausiai – krašto apsaugos teritorijoms ir gyvenamųjų mažaaukščių statinių teritorijoms, pasižyminčios dideliu kiekiu žaliųjų plotų. Agrarinės teritorijos priskirtos santykinai natūralaus kraštovaizdžio arealams, tačiau gauna mažiausius poliarizacijos balus, tuo pabrėžiant jų tarpinę padėtį tarp technogenizacijos ir natūralizacijos. Natūraliausiai pripažįstamos ekosistemų apsaugos miškų ir konservacinės paskirties teritorijos, taip pat apsauginiai miškai, kiek mažiau balų (8) gauna intensyviau žmonių lankomi rekreaciniai miškai.

3 lentelė. Miesto funkcinų dalių (klasifikacija pagal: Vilniaus..., 1999) poliarizacijos įvertinimas balais.
Table 3. Grading of polarization of the functional elements of cities (classified according to: Vilniaus..., 1999).

Technogenizuoto kraštovaizdžio funkcinės dalys <i>Functional parts of technogenically affected landscape</i>		Natūralaus kraštovaizdžio funkcinės dalys <i>Functional parts of natural landscape</i>	
Pavadinimas / Name	Balas Grade	Pavadinimas / Name	Balas Grade
1. Gyvenamųjų daugiaaukščių statinių teritorija / <i>Territory of multi-storey living-houses</i>	8	1. Sodininkų bendrijų sodų žemė, keičiama į gyvenamąją teritoriją / <i>Land of the Association of Gardeners transformed into residential area</i>	3
2. Gyvenamųjų mažaaukščių statinių teritorija / <i>Territory of low living-houses</i>	6	2. Specializuotų ūkių žemė / <i>Land of specialized farms</i>	2
3. Visuomeninės paskirties teritorija / <i>Territory of public use</i>	7	3. Valstybinių žemės ūkio įmonių žemė / <i>Land of state farms</i>	2
4. Pramonės teritorija / <i>Industrial area</i>	9	4. Gyventojų asmeninių ūkių žemė / <i>Land of homesteads</i>	3
5. Komercinė teritorija / <i>Commercial quarter</i>	9	5. Ūkininkų ūkio ir ūkio bendrovių žemė / <i>Land of individual farms and state farming companies</i>	2
6. Infrastruktūros teritorija / <i>Territory of infrastructure</i>	10	6. Laisvo valstybės fondo žemė / <i>State stock of land</i>	5
7. Naudingųjų iškasenų teritorija / <i>Territory of valuable minerals</i>	9	7. Ekosistemų apsaugos miškai / <i>Ecosystem protective forests</i>	10
8. Krašto apsaugos teritorija / <i>Territory of State Defense Forces</i>	5	8. Rekreaciniai miškai / <i>Recreational forests</i>	8
9. Sąvartyno teritorija / <i>Landfill</i>	10	9. Apsauginiai miškai / <i>Protective forests</i>	9
		10. Konservacinės paskirties žemė / <i>Preserved land</i>	10
		11. Bendro naudojimo žemė / <i>Land of communal use</i>	5
		12. Rekreacinė teritorija / <i>Recreational territory</i>	7

Bendra miesto poliarizacija (nedimensinis dydis) šiuo konkrečiu atveju apskaičiuojama formule

$$P = \frac{\sum_i (B_{T_i} \cdot S_{T_i})}{S_T} = \frac{S_G \cdot \sum_i (B_{T_i} \cdot S_{T_i})}{\sum_j (B_{G_j} \cdot S_{G_j})} = \frac{S_G \cdot \sum_i (B_{T_i} \cdot S_{T_i})}{S_G \cdot \sum_j (B_{G_j} \cdot S_{G_j})} \quad (6)$$

čia B_{Ti} ir S_{Ti} – atitinkamai i -tosios (nuo 1 iki 9) technogenizuoto kraštovaizdžio funkcinės dalies įvertinimas balais (3 lent.) ir suminis plotas miesto teritorijoje, S_T – visų technogenizuoto kraštovaizdžio funkcinė miesto dalių bendras plotas, B_{Gj} ir S_{Gj} – atitinkamai j -tosios (nuo 1 iki 12) santykinai natūralaus kraštovaizdžio funkcinės dalies įvertinimas balais (3 lent.) ir suminis plotas miesto teritorijoje, S_G – visų natūralaus kraštovaizdžio funkcinė miesto dalių suminis plotas.

Miesto monitoringo sistemoje urbanizuotų ir natūralių plotų santykio kaita turėtų būti tiriama kasmet ir fiksuojama atitinkamoje GIS duomenų bazėje. Be to, reikalingi geoekologiniai tyrimai, kurių pagrindu būtų galima palaikyti optimalų miesto kraštovaizdžio poliarizacijos laipsnį, o tai užtikrintų miesto aplinkos monitoringo sistema.

Miesto kraštovaizdžio būklės (socioekologiniu aspektu) pokyčiai. Kiekvieno žemės sklypo ir viso miesto kraštovaizdžio kokybės socioekologiniu aspektu nustatymo metodika parengta Geologijos ir geografijos instituto mokslininkų, kuomet buvo vykdoma viena tarpinstitucinės mokslo programos *Urbanizuotos aplinkos kokybė ir jos kaita* temų (Jankauskaitė ir kt., 2003).

Kraštovaizdžio kokybės vertinimas socioekologiniu atžvilgiu apima detalius lauko tyrimus, kuomet applančios praktiškai visos miesto vietovės ir užpildomi būklės stebėjimo blankai, taip pat geocheminių dirvožemio užterštumo, geofizikinių aplinkos elektromagnetinio bei akustinio užterštumo tyrimų duomenų kaupimą ir panaudojimą. Lauko tyrimai atliekami morfologiniu pagrindu išskirtose teritorijose – technomorfologinėse gardelėse, pasižyminčiose santykinai vienalyte geomorfologine ir technogenine struktūra bei funkcinė paskirtimi. Tokiems detaliems tyrimams atlikti reikalingi aukštos kvalifikacijos kraštovaizdžio būklės vertintojai – ekspertai, taip pat darbuotojai, mokantys dirbti įvairių aplinkos būklės parametrų matavimo prietaisais. Nustatant kai kuriuos miesto aplinkos kokybės rodiklius (pvz., želdinių būklę, atmosferos skaidrumą, aerodinaminės teršalų sklaidos galimybes) didelę reikšmę turi distanciniai tyrimai. Teritorija vertinama daugeliu aspektų: cheminė tarša, triukšmingumas, fizikinė (akustinė ir elektromagnetinė) tarša, biocheminis želdinių aktyvumas, užstatymo kokybė (urbanizuotos aplinkos būklės vertinimas ekologinių normatyvų atžvilgiu), apželdinimo kokybė, kraštovaizdžio elementų fizinis degradavimas, natūralių ir urbanistinių kompleksų darna (kraštovaizdžio būklės vertinimas psichologinio komforto ir estetiškumo atžvilgiu).

Atlikus išsamų miesto kraštovaizdžio būklės vertinimą socioekologiniu aspektu, naudojantis GIS technologijomis (sluoksnių perdengimo, paviršiaus izolinių brėžimo operacijomis) nustatomi neigiamų procesų (socioekologinės įtampos) židiniai (Jankauskaitė ir kt., 2003). Šių židinių poslinkiai teritorijoje turėtų būti viena urbanizuotos aplinkos monitoringo sistemos dalių. Didžiausių socioekologinių įtampų stebėjimas suteiktų gyvybiškai svarbios informacijos apie vietas mieste, kur būtini neatidėliotini kraštovaizdžio būklės optimizavimo sprendiniai.

2.3. Taršos emisijų lygis ir globalių (regioninių) procesų įtaka miesto aplinkai

Monitoringo sistemoje svarbią vietą užima ir taršos šaltinių stebėjimas, nes jie sudaro vieną pagrindinių gyvenimo kokybės mieste prastėjimo priedaidų. Būtina sekti, kiek dujinių–dispersinių, skystųjų bei kietųjų atliekų susidaro pramonės, transporto ir buities srityse tam, kad būtų galima imtis atitinkamų priemonių atliekas neutralizuoti ar sandėliuoti. Atskiro dėmesio reikalauja anglies dioksido emisijų stebėjimas, nes šios emisijos viršija visų kitų teršalų emisijas kelis kartus (tai pagrindinis degimo produktas). Be to, svarbu įvesti ir iš gretimų teritorijų atnešamų teršalų (per orą ir vandenį) stebėjimą bendroje miesto monitoringo sistemoje. Laiku

nustatytas iš kaimyninių teritorijų atneštų teršalų kiekio padidėjimas ir atitinkamų apsaugos priemonių taikymas gali apsaugoti miesto gyventojus nuo papildomų teršalų dozių.

Atliekant teršalų emisijų monitoringą svarbu ne tik kartografuoti teršalų išmetimo šaltinius, bet ir modeliuoti jų sklaidą, atsižvelgiant į vyraujančios oro pernašos kryptį, reljefo nuolydžius, gatvių tinklą, pastatų išsidėstymą, grunto sudėtį ir pan. Ši informacija gali būti kaupiama tik GIS bazėse, lengvai pritaikomose vykdyti kompiuterines erdvinio modeliavimo programas.

Apibendrinimas

Miestų monitoringo sistema turi būti formuojama nuosekliai, atsižvelgiant į krašto ekonominę padėtį ir ekologinę būklę, kadangi, iš vienos pusės, įvairiausiems stebėjimams reikalingos didelės lėšos, iš kitos pusės, tokį poreikį diktuoja blogėjanti miestų ekologinė būklė. Tačiau vien dėl prastos ekologinės miestų būklės stebėsenos sistemos negalima formuoti stichiškai, neišaiškinus visų svarbiausių šio poreikio elementų.

Straipsnyje siūloma urbanizuotos aplinkos monitoringo sistema galėtų papildyti esamą monitoringo sistemą, kurioje nenumatyta atskirai stebėti urbanizuotos aplinkos elementų būklę. Urbanizuotos aplinkos monitoringas turi turėti ir tradicines dalis, juo labiau kad neretai stebėjimai šiose kryptyse jau vykdomi, t.y. natūralių sferų komponentų, taršos šaltinių stebėseną. Be jų, būtina stebėti ir su oro masių bei vandens pernaša miesto teritoriją pasiekiančių teršalų kiekį. Svarbią vietą urbanizuotos aplinkos monitoringo sistemoje užima miesto kraštovaizdžio stebėjimas. Čia galima išskirti tokias stebėjimo kryptis, kaip miesto administracinių ir urbanizuoto branduolio ribų poslinkiai, funkcinio teritorijų panaudojimo efektyvumas, natūralių ir urbanizuotų teritorijų plotų santykis ir galiausiai kompleksinis rodiklis – kraštovaizdžio būklė socioekologiniu aspektu.

Gauta 2004-07-05

Literatūra

An introduction to Satellite Imagery and GIS: Urban Monitoring (2003);
http://www.npagroup.co.uk/imagery/rs_intro/urban.htm.

Godienė G. (2001). Užstatymo intensyvumo kaitos dėsningumai urbanizuotame kraštovaizdyje (Lietuvos miestų pavyzdžiu). *Dr. disertacija*, Vilnius.

Grunto ir požeminio vandens užteršimo naftos produktais valymo bei taršos apribojimo reikalavimai LAND 9-2002 (2002), *Valstybės žinios* Nr. **119**-5368.

Jankauskaitė M., Bauža D., Baužienė I., Veteikis D., Godienė G. (2003). Urbanizuoto kraštovaizdžio kokybė socioekologiniu aspektu (Vilniaus miesto pavyzdžiu), *Geografijos metraštis* **36**(1), p. 131–151.

Lietuvos higienos norma HN 92:1999 „Papildiniai ir jų maudyklos“ (1999), *Valstybės žinios* Nr. **58**-1907.

Lietuvos higienos norma HN 48:2001 „Žmogaus vartojamo žalio vandens kokybės higieniniai reikalavimai“ (2001a), *Valstybės žinios* Nr. **104**-3719.

Lietuvos higienos norma HN 104:2000 „Gyventojų sauga nuo elektros oro linijų sukuriamų elektrinių laukų“ (2001b), *Valstybės žinios* Nr. **4**-109.

Lietuvos higienos norma HN 35:2002 „Gyvenamosios aplinkos orą teršiančių medžiagų koncentracijų ribinės vertės“ (2002), *Valstybės žinios* Nr. **105**-4726.

Lietuvos higienos norma HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ (2003), *Valstybės žinios* Nr. **79**-3606.

Lietuvos higienos norma HN 60:2004 „Pavojingų cheminių medžiagų didžiausios leidžiamos koncentracijos dirvožemyje“ (2004b), *Valstybės žinios* Nr. **41**-1357.

Lietuvos higienos norma HN 85:2003 „Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos“ (2004c), *Valstybės žinios* Nr. 30-997.

Lietuvos respublikos triukšmo valdymo įstatymas Nr. IX-2499 (2004a), *Valstybės žinios* Nr. 164-5971.

Lietuvos respublikos monitoringo įstatymas (1997), *Valstybės žinios* Nr. 112-2824.

Miestotvarka (2003), Vilnius.

Small Ch., Miller R. B. (1999). Digital cities II: monitoring the urban environment from space;

http://www.ldeo.columbia.edu/~small/PDF/ISDE_SmallMiller.pdf

The Urban Monitoring with high resolution Remote Sensing Data (2004);

http://www.planetek.it/prog_page.asp?id=114&id_tit=229#

Urban environmental monitoring (UEM) project – urban ecology and sustainability using remotely sensed data (2004); <http://elwood.la.asu.edu/grsl/UEM/#Project%20Overview>

Valstybinė aplinkos monitoringo programa (1998), Vilnius.

Vilniaus miesto bendrasis planas (1999), Vilnius.

Прокофьева Т. В. (1997). Запечатанные почвы и их роль в урбоэкосистеме и важности рекультивации. *Почва, город, экология*, Москва, с. 89–111.

Сизов А. П. (2000). Мониторинг городских земель с элементами их охраны, Москва.

Darijus Veteikis, Margarita Jankauskaitė
Institute of Geology and Geography, Vilnius

Elements of urban environment monitoring system and problem of their distinguishing

Summary

Monitoring of urbanized environment requires a specific set of indicators (the elements for observation) of the intensity of sociogenic and technogenic processes. The system of urban monitoring should be developed consecutively and considering both economical and ecological state situation, knowing all its elements and proving their necessity. In accordance to the Law of Monitoring of the Republic of Lithuania, several main groups of urban environment monitoring elements can be offered: 1) sources of environmental impact (observation of emissions), 2) quality of separate landscape components (water, atmosphere, etc.), 3) properties of territorial (landscape) systems (natural and urban frames, land use effectiveness, landscape systems' quality) 4) manifestations of global processes (advection of pollutants by air and water flows). All of the mentioned groups contain several important monitoring parameters, tasks for environmental management (Table 1).

As the importance and realisation principles of monitoring of the quality of landscape components, pollutant emissions and pollutant advection are rather well understood (however, not sufficiently realised in practice), the attention should be paid to understanding of the urban landscape monitoring. An attempt was undertaken to introduce several parameters, rather complicated in nature, which could describe the processes in urban environment that change the quality of life (Table 2).

The group of parameters, related with the changes of city land assimilation, involves displacements of city border (and there the problem of urboecological border rises) and effectiveness of land use. The most important part of urban landscape monitoring is related with the changes in landscape system quality. The parameters here are complex: the change in proportion of natural and technogenic areas (expressed by polarization index), the evaluation of landscape quality (in socioecological aspect) in separate land plots, determining and tracing the localization of foci of socioecological tension (Jankauskaitė et al., 2003).