

Zapylenie powietrza atmosferycznego na terenie aglomeracji miejskiej i okolic

W ostatnim dziesięcioleciu jakość powietrza atmosferycznego na terenie Polski znacznie się poprawiła. Mimo obserwowanego spadku stężeń zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego podwyższone koncentracje zanieczyszczeń są nadal odnotowywane na terenach przemysłowych i zurbanizowanych oraz w rejonach niektórych arterii komunikacyjnych. Prowadzone w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska badania stanu zanieczyszczenia powietrza wykazują, że w ostatnich latach stężenia podstawowych gazów (tj. SO₂, NO₂, CO₂) są z reguły niskie. Przekroczenia wartości dopuszczalnych występują rzadko i mają charakter lokalny. Jednak powszechnie notowanym czynnikiem zanieczyszczającym, którego stężenia w powietrzu nadal pozostają dość wysokie i często przekraczają wartości dopuszczalne, szczególnie w miastach jest zapylenie w tym frakcja PM10 [1]. W obrębie wielkich miast i obszarów przemysłowych, pomimo stosowania urządzeń odpylających, co roku emituje się do powietrza tysiące ton pyłów. Jak podaje GUS ponad 50% emisji pyłów w Polsce pochodzi z energetyki i technologii przemysłowych [2]. Znaczący jest też udział innych źródeł stacjonarnych, takich jak lokalne kotłownie czy warsztaty. Niemalże jest udział transportu drogowego, który zwłaszcza w ostatnich latach odegrał kluczową rolę w kształtowaniu środowiska w miastach, a także w rejonach tras komunikacyjnych o dużym natężeniu ruchu.

Cel, materiał i metody badań

Celem prowadzonych badań była analiza zanieczyszczeń pyłowych powietrza atmosferycznego na terenach o różnym nasileniu antropopresji, obejmujących aglomerację miejską i jej okolice.

Materiałem badań było powietrze atmosferyczne miasta Lublina i jego okolic. Badaniami objęto cztery punkty pomiarowo-kontrolne (ppk) (rys. 1). Wytypowane stanowiska badawcze miały związek z lokalizacją miejsc o przypuszczalnie największej emisji zanieczyszczeń pyłowych (punkty w obrębie granic miasta: ppk 1 i ppk 2), oraz miejsc o przypuszczalnie najmniejszej emisji zanieczyszczeń pyłowych (punkty poza granicami miasta; ppk 3 i ppk 4).

Ppk 1 — park miejski — „Park Saski” położony w centrum miasta, między dwoma ruchliwymi ulicami: Al. Raclawickimi i ul. Leszczyńskiego.

Ppk 2 — arteria komunikacyjna — punkt przy ulicy Turystycznej o dużym natężeniu ruchu samochodowego. W jej sąsiedztwie przy ulicy Azaliowej mieści się m.in. Punkt Zlewny Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kana-

lizacji. Punkt ten świadczy usługi w zakresie przyjmowania nieczystości ciekłych, tj. ścieków gromadzonych przejściowo w szambach — z terenu miasta Lublina i okolic.

Ppk 3 — teren rekreacyjny — zalew „Zemborzycki” stanowi niewielki (ok. 290 ha), nizinny zbiornik wodny znajdujący się w południowych granicach Lublina. Zalew jest położony w dorzeczu Bystrzycy Lubelskiej obejmującym wraz z jej dopływami obszar 1315,5 km². W dorzeczu Bystrzycy grunty orne stanowią 70,7%, łąki i pastwiska 4,1%, sady 3%, lasy wraz z zadrzewieniami zajmują tylko 10,8%, wody 0,54%, tereny zabudowane 5,2 %, zaś drogi 2,6 % całej powierzchni dorzecza. Akwen ten łagodzi fale powodziowe, zasila dolny bieg rzeki, spełnia również bardzo ważną rolę rekreacyjną i wędkarską. Stanowi również źródło zaopatrzenia w wodę elektrociepłowni Wrotków. Zasila również swoimi wodami miejskie ujęcia wody „Prawiedniki” i „Wrotków”.

Ppk 4 — teren rolniczy — wieś Pliszczyn od północnego wschodu granicząca z Lublinem. Leży na styku Równiny Łuszcowskiej i Płaskowyżu Nałęczowskiego, przedzielonych doliną Bystrzycy, która posiada rangę regionalnego korytarza ekologicznego i jest zapleczem turystycznym dla Lublina. Użytki rolne zajmują aż 79%.

Badania prowadzono w miesiącach jesiennych, gdy rozpoczyna się sezon grzewczy i intensywne prace polowe (wrzesień — listopad) oraz w miesiącu wiosennym — maju (ostatnia seria). Łącznie wykonano 7 serii badań. Pobór prób wykonywano przy uwzględnieniu warunków meteorologicznych (pomiar temperatury, wilgotności i ruchu powietrza).

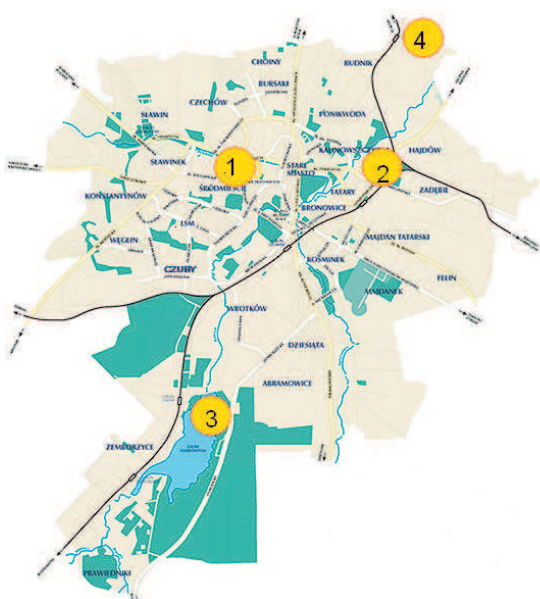
Pomiar stężenia pyłu całkowitego, wykonano zgodnie z polską normą (PN-91/Z-04030/05) [3] metodą filtracyjno-wagową przy zastosowaniu aspiratora stacjonarnego serii EX:224-PCEX8 (SKC Limited, Dorset, England). Powietrze było zasysane ze stałym natężeniem przepływu (400 ml/min) przez 30 min. Przed każdym pomiarem, a także po filtry wazono na wadze analitycznej z dokładnością 0,0001 g. Stężenie pyłu całkowitego obliczano jako stosunek masy pyłu zatrzymanego na filtrze do objętości przefiltrowanego powietrza.

Analizę statystyczną przeprowadzono testem T-Studenta, porównując średnie wartości pyłu całkowitego dla poszczególnych punktów pomiarowo-kontrolnych.

Wyniki i omówienie wyników

Przystępując do badań przyjęto założenie, iż największym źródłem zanieczyszczeń pyłowych powietrza atmosferycznego mogą być te miejsca na terenie Lublina, które znajdują się w pobliżu tras o dużym natężeniu ruchu samochodowego. W związku z powyższym wysunięto hipotezę, że głównymi miejscami, w których można się spodziewać największego

Dr A. Chmielowiec-Korzeniowska, mgr M. Popiołek-Pyrz — Akademia Rolnicza w Lublinie, Katedra Higieny Zwierząt i Środowiska



Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowo-kontrolnych

ppk 1 – park miejski, ppk 2 – arteria komunikacyjna, ppk 3 – teren rekreacyjny, ppk 4 – teren rolniczy

zanieczyszczenia pyłowego będą punkty położone w centrum miasta. W ppk 1 zlokalizowanym przy ul. Turystycznej średnie stężenie pyłu całkowitego wynosiło 21.39 mg/m^3 (tab.1). W punkcie tym odnotowano zatem spodziewany, największy poziom pyłowych zanieczyszczeń powietrza ze wszystkich analizowanych obszarów. Wynik ten był spowodowany głównie nasileniem ruchu komunikacyjnego, który stanowi jedno z najważniejszych źródeł zanieczyszczeń pyłowych powietrza atmosferycznego. Transport drogowy obok energetyki i sektora komunalno-bytowego jest znaczącym źródłem zanieczyszczeń powietrza. Szczególnie istotny jest jego udział w emisji tlenków azotu i niemetalowych lotnych związków organicznych. Na uwagę zasługuje również fakt wysokiej zawartości frakcji $\text{PM}_{2.5}$ w pyłe emitowanym z silników samochodowych [4]. Podkreślenia wymaga, że na wielkość emisji wywołanej przez pojazdy samochodowe wpływa nie tylko długość tras komunikacyjnych, ilość poruszających się samochodów, czy stan nawierzchni dróg, ale także jakość poruszających się na nich pojazdów jak i spalane w nich paliwa. W związku z czym określenie wielkości tej emisji jest w praktyce bardzo trudne.

Tab. 1. Koncentracja pyłu całkowitego w powietrzu atmosferycznym mg/m^3

Punkt pomiarowo kontrolny	n	M	SD	min	max
ppk 1 park miejski	7	6,04 a	5,99	0,8	19,1
ppk 2 arteria komunikacyjna	7	21,39 b	15,13	2,5	46,6
ppk 3 teren rekreacyjny	7	15,44 b	10,67	1,6	36,6
ppk 4 teren rolniczy	7	5,93 a	4,38	0,8	12,5

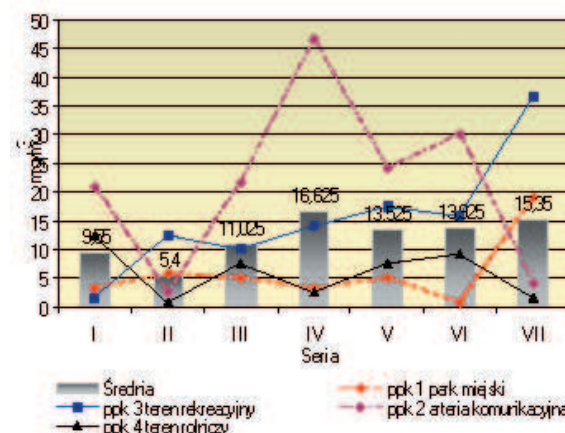
n — liczba prób; M — średnia arytmetyczna, SD — odchylenie standardowe, min — minimalna wartość, max — maksymalna wartość

W punkcie pomiarowo-kontrolnym przy Al. Raclawickich i skrzyżowaniu z ulicą Leszczyńskiego (ppk 1) na terenie parku miejskiego odnotowano średnią koncentrację pyłu w powietrzu na poziomie 6.04 mg/m^3 . Mimo bezpośredniego sąsiedztwa ważnych komunikacyjnie ulic korzystną rolę odgrywały znajdujące się na terenie parku liczne drzewa. Na skutek mechanicznego zatrzymywania na liściach dużych ilości zanieczyszczeń motoryzacyjnych powietrze atmosferyczne ulega w pewnym stopniu samooczyszczaniu. Jak podaje Curzydło J. i Curzydło M. [5] drzewa stanowią w tym wypadku naturalny filtr oczyszczający powietrze, wychwytyują bowiem pyły a także pochłaniają część zanieczyszczeń gazowych. W ppk 3, zlokalizowanym nad zalewem „Zembrzyckim”, średnie stężenie pyłu całkowitego było również bardzo wysokie i wynosiło 15.44 mg/m^3 .

Oznaczenia prowadzone na terenach typowo rolniczych (ppk 4). Średnia z przeprowadzonych pomiarów wskazywała na dużo niższe wartości zapylenia powietrza atmosferycznego. Poziom pyłu całkowitego kształtował się od 0.8 mg/m^3 do 12.5 mg/m^3 ze średnim poziomem 5.93 . W środowisku rolniczym zapylenie powietrza wzrasta istotnie podczas zabiegów agrotechnicznych [6]. W dniach poboru prób powietrza nie wykonywano żadnych prac polowych, co mogło mieć wpływ na otrzymane wyniki.

Podkreślenia wymaga fakt, że wiosną w serii 7, podczas intensywnego pylenia drzew odnotowano największe stężenia pyłu całkowitego na terenach obficie zadrzewionych (rys. 2). W parku miejskim (ppk 1) stężenie pyłu całkowitego sięgało 19.1 mg/m^3 , zaś na terenach rekreacyjnych (ppk 3) aż 36.6 mg/m^3 , podczas gdy w pozostałych punktach odnotowano bardzo niskie stężenia kształtujące się na poziomie od 1.60 mg/m^3 do 4.10 mg/m^3 .

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 roku (Dz.U. z 2002r. Nr 87, poz. 796) w Polsce dopuszczalne zanieczyszczenie pyłowe powietrza atmosferycznego uwzględnia jedynie część pyłów zawieszonych w powietrzu, tj. pyły o średnicy aerodynamicznej $10 \mu\text{g}$ i wynosi $40 \mu\text{g/m}^3$. Ponieważ w przeprowadzonych badaniach w powietrzu oznaczano koncentrację pyłu całkowitego, otrzymane wyniki można odnieść do dopuszczalnych poziomów ustalonych na stanowisku pracy (Dz.U. 2002, Nr 217, poz. 1833). Zapylenie



Rys. 2. Koncentracja pyłu całkowitego w powietrzu atmosferycznym w poszczególnych seriach



to niezależnie od zawartej w nim wolnej krzemionki nie powinno przekraczać wartości 10 mg/m³. Porównując otrzymane średnie wartości stężeń pyłu całkowitego z wartościami dopuszczalnymi można stwierdzić, że zapylenie powietrza atmosferycznego w dwóch punktach pomiarowo-kontrolnych, tj. na terenach rekreacyjnych (ppk 3) i przy arterii komunikacyjnej (ppk 2) było większe niż pozwalają normy ustalone dla ekstremalnych warunków, jakimi jest środowisko pracy.

Przekroczenia norm stężeń pyłu zazwyczaj rejestruje się w sezonie grzewczym, a zatem w najchłodniejszych miesiącach roku. Zapylenie powietrza w wielu miastach determinowane jest bowiem przez tzw. niską emisję, w której wyniku do atmosfery są uwalniane ogromne ilości szkodliwych substancji. Nie bez znaczenia jest także stan czystości wielu miast. Zakurzone i rzadko sprzątane ulice są poważnym źródłem wtórnej emisji niezorganizowanej, stale potęgowanej przez wzmocniony ruch pojazdów.

W pyłe miast 50% stanowi drobna frakcja pyłu, najgłębiej przenikająca drogi oddechowe, o średnicy 0,8 µm. Analiza pyłu wykazała aż 30 pojedynczych związków mineralnych z czego w drobnej frakcji przeważają takie pierwiastki jak Al, Si, S, Ca i Fe, zaś najwyższą koncentrację osiągają minerały krzemionkowe, zaś w grubej frakcji dominują siarczany [7].

W pyłe miejskim w stosunkowo wysokich stężeniach występują również toksyczne, fitotoksyczne a także rakotwórcze metale ciężkie [8]. Ich głównym źródłem obok przemysłu metalurgicznego i chemicznego jest transport. Jak pokazują badania Ordóñez i wsp. [9] w pobliżu terenów przemysłowych i arterii komunikacyjnych, średnia zawartość metali ciężkich w 1 g pyłu kształtuje się na poziomie 4,9 µg dla cynku, 22,3 µg kadmu i 2,6 µg dla rtęci.

Podsumowując, można stwierdzić, że przyjęta na początku opracowania hipoteza uzyskała częściowe potwierdzenie w postaci wyników pomiarów. Bardzo silne zanieczyszczenie pyłowe powietrza atmosferycznego, niezależnie od temperatury i wilgotności powietrza atmosferycznego (rys. 3), stwierdzono w sąsiedztwie arterii komunikacyjnej przy ul. Turystycznej. Wbrew oczekiwaniom bardzo wysokie zapylenie stwierdzono na terenach rekreacyjnych, obszarach częściowo zalesionych (ppk 3). W punkcie tym nie bez znaczenia było bliskie sąsiedztwo miejskiej elektrociepłowni „Wrotków”. Wartości stężenia pyłu całkowitego w lubelskiej aglomeracji

miejskiej rosły od poziomu 5,93 mg/m³ na obrzeżach (ppk 4), do wartości maksymalnych w centrum miasta (ppk 2). Najwyższe wartości stężenia w Lublinie wystąpiły przy arterii komunikacyjnej (ppk 2), w centrum miasta, gdzie osiągały maksymalny poziom 46,6 mg/m³.

Podobne tendencje wykazywały wyniki pomiarów prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska [10]. Według danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w 2005 roku zanieczyszczeniem powszechnie występującym, którego stężenia w powietrzu na części stanowisk utrzymywały się na dość wysokim, w stosunku do wartości dopuszczalnej poziomie, był pył PM10. Występowanie wysokich stężeń dotyczyło głównie aglomeracji lubelskiej, gdzie wartość średnia wyniosła wówczas 37,4 µg/m³, tj. 93,5% poziomu dopuszczalnego. Jednak nie była dotrzymana dopuszczalna częstość przekroczeń dla stężeń 24-godzinnych.

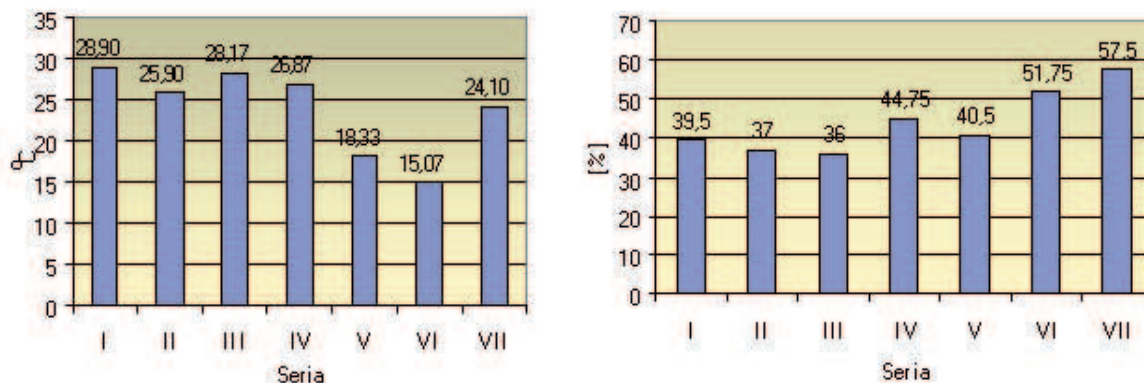
W celu dokładniejszego określenia poziomu zanieczyszczeń pyłowych, a także dokładniejszego wskazania możliwości rozprzestrzeniania się pyłów wraz z wiatrem na większe odległości, badania stężenia pyłu całkowitego powietrza należy nadal kontynuować, we wszystkich porach roku z uwzględnieniem miejsc pozornie czystych, ekologicznych.

Wnioski

- Wartości stężenia pyłu całkowitego w lubelskiej aglomeracji miejskiej rosły od wartości najniższych na obrzeżach miasta do wartości maksymalnych w centrum. Najwyższe wartości stężenia pyłu całkowitego w Lublinie wystąpiły przy arterii komunikacyjnej (ppk2), najniższe zaś na terenach rolniczych (ppk 4).
- Bardzo wysokie zapylenie stwierdzono na terenach rekreacyjnych (ppk 3).
- Wiosną odnotowano największe stężenia pyłu całkowitego w powietrzu atmosferycznym na terenach obficie zadrzewionych (ppk 1 i ppk3), podczas gdy w pozostałych punktach odnotowano bardzo niskie stężenia.

LITERATURA

- [1] Narodowy Plan Rozwoju 2007 — 2013. Sektorowy Program Operacyjny Środowisko. Projekt. Warszawa, 2005
- [2] Główny Urząd Statystyczny. Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2005. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2005



Ryc. 3. Średnia temperatura i wilgotność powietrza atmosferycznego podczas poboru prób



- [3] PN-91/Z-0403/05 Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową
- [4] Stan środowiska w Polsce na tle celów i priorytetów Unii Europejskiej. Raport wskaźnikowy 2004. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2006
- [5] Curzydło J., Curzydło M.: The role of tree planting along roads and highways. *Problemy Ekologii*, 6, 132–136, 2002
- [6] Mołocznik A.: Qualitative and quantitative analysis of agricultural dust in working environment. *Ann Agric Environ Med*, 9, 71–77, 2002
- [7] Friedrich K.H., Behrendt H.: Characterization of ambient air particle size fraction in three German cities with the aid of electron microscopy. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32, 229–231, 1997
- [8] Wang W.H., Wong M.H., Leharze S., Fisher B.: Fraction and biotoxicity of heavy metals in urban dusts collected from Hong Kong and London. *Environ. Geochem. Heath*, 20, 185–198, 1998
- [9] Ordóñez A., Loredo J., De Migiel E., Charlesworth S.: Distribution of heavy metals in street dust and soils of an industrial city in Northern Spain. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 44, 160–170, 2003
- [10] Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego w roku 2005. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Lublin, 2006

(c.d. ze s. 66)

Anna Chmielowiec-Korzeniowska, Magdalena Popiołek-Pyrz: **Atmospheric air pollution with dust in the urban agglomeration of Lublin and its surroundings.** The conducted research was aimed at analyzing the dust pollutants of the atmospheric air in areas under different anthropopressure including an urban agglomeration and its surroundings. The material for studies was atmospheric air of Lublin and its vicinity. The selected research points were determined in locations recognized as having the highest and the lowest emission level of dust pollutants (located outside the city borders). The concentration values of total particulate matter within the Lublin agglomeration ranged from 5,93mg/m³ at the city outskirts to maximum values in the city center. The highest PM concentrations on the level of 46,6 mg/m³ were observed by the main communication route. In spring, during intensive tree pollination, the highest PM concentrations were noted in areas with dense tree cover. In a municipal park, the total PM concentration reached 19,1 mg/m³, and in an afforested recreation area: as much as 36,6 mg/m³ while in other points very low concentrations were observed, on the level of 1,60 do 4,10 mg/m³.

J. Krzysztof Lenartowicz, Diana Maciąg: **Regentif — network for enhancing innovation in regenerating old industrial facilities.** An overview of issues related to post industrial issues was presented with focus on public awareness and participation of stakeholders in the regeneration of the facilities. These issues are related to the existence or non — existence of the civic society. The Regentif project in which the Cracow University of Technology takes part as a consortium partner among other organisations from the EU, proved an important role of the non — technical factors including civicware in a successful regeneration process. The 2.Regentif Conference was held in Cracow in the days of 31 May — 1 June 2007, it was accompanied by a workshop aimed at developing the strategic vision for the future use of the post — industrial sites in the vicinity of Olkusz. The hereby article serves as an introduction to a selection of papers issued in this volume which are an extended version of the presentations delivered during the Regentif Conference. The articles discuss some of the problems related to the post — industrial facilities regeneration including: development concepts, role of the post — industrial facilities in strategic urban planning, vision of cities and revitalisation of post industrial sites, inventory and valorisation of degraded areas, adaptation of idle post — exploitation sites, gaps in legal system, soil contamination and development potential of urban and rural areas, transformations of the natural environment as a consequence of industrial activity, natural values resulting from natural succession

Krzysztof Gasidło: **Transformation of post-industrial areas and objects — current results and future perspectives.** Brownfields transformation and post-industrial objects conversion became one of important problems to be solved by towns in the time of both — industrial and post-industrial eras turnover. Within last 20 years there had been theoretical base of such activity worked out as well as instruments for practical acting. Nowadays we may observe numerous, interesting transformations of brownfields situated in bigger Polish cities. They should be followed by smaller towns. Scientific researches will be oriented to provide knowledge on potential transformation of these objects which are just built up.

Zbigniew K. Zuziak: **Revitalization and strategic urbanism.** This is an attempt to systematize urban revitalization problems characteristic for post-industrial areas from the perspective of strategic urbanism. In this approach, the rationality of urban revitalization strategy is attached to its impact

on the logic of urban structure. It implies that this strategic decision making process focuses on the structural framework of strategy and strategic setting / situation of actions taken to improve urban form by strengthening structural linkages and the nodes of activity. The principles of strategic urbanism are explained in the context of three concepts of spatial order. They are labelled as “classic”, “innovative” and “pragmatic” approaches. Discussing potential relations between revitalization projects and the order of spatial form, basic types of public urban strategies were distinguished and four types of strategic situations with regard to spatial structure.

Krzysztof M. Rostański: **Shaping nature — landscape design of the post-industrial area of highly developed succession status.** Bringing brownfields into cultivation may not finish with single act of developing. Changes may follow and this process could not be ever stopped. Re-cultivated areas after some time gain leisure value. Then possibly may appear need of exposure and underlying rest values, and that require respect for already existing nature there. Similar challenge we face when the area was abandoned for a long time and succession reach high level. Some examples of open space design with natural flora of exceptional aesthetic are given. Conception of re-composition of the Tysiaclecia Park in Sosnowiec is trying to comprise assignments of Convention on Biological Diversity and European Landscape Convention. In the paper are emphasised ecological and aesthetic values of synanthropic vegetation succeeded in natural process. Idea of biodiversity protection suggests activities enhancing local habitat features by reducing number of introduced plants. That changes should follow real conditions of the habitat. Proposals according to attitude to existing plant cover could be divided as follow: maximal conservation, shaping with the respect to existing flora, picturesque ornamentation, and unconstrained creation. They may be either temporal or permanent. Identity values are of greatest importance. Despite an aesthetic style all greenery designs could use vernacular plants. That should be designers general custom, not only ephemeral fashion.

Anna Agata Kantarek: **Postindustrial buildings as a new cultural activity centers in urban structure of Brussels and Mechelen.** The article presents two examples of postindustrial buildings revitalizations for new cultural activities. The first one is an adaptation of built-up tenement-house plot in the center of Brussels. The old glass grindery was rebuilt for local, cultural center and become one more attraction in existing public space system. The second example is from Mechelen, old Belgium capital, where brewery building — Lamot and surrounding area, located in town center, were rebuilt. This way a new, attractive sequences were added to existing public space system — places, streets, bridge, promenade.

Waldemar Jerzy Affelt: **Heritage of Technology Assessment in Context for Sustainable Development.** Contemporary concept of cultural heritage includes landscape, tangibles and intangibles, authenticity, integrity, diversity and sustainable development. Those call for safeguarding the compound values of resources and passing them to future generations. Importance of sustainable heritage might be measured in cultural and socio-economic terms observing good conservation-restoration practice and fulfillment of present social needs or demands. To avoid devaluation of heritage resources a method for their value assessment has been developed by means of defined criteria divided in two groups which deal with social identity, authenticity, artistic and / or historical-technical values, uniqueness, possible income foreseen, historical function maintained, present purpose use, education, aesthetics, and political relations. Proposed research requires multidisciplinary cooperation of experts, stakeholders and public involvement. Results may have considerable impact on regional development, environment, social wellbeing, economy, tourism, construction industry etc. (c.d. na s. 92)

