



Jurij Batiszczew, Jan Cetner, Witalij Dudnik,
Barbara Lebedowska, Mateusz Mazewski, Katarzyna Mazur-Belzyt,
Janusz Pala, Eugeniusz Ratajczyk, Witold Tenerowicz,
Zdzisław Trzaska, Wojciech Urbański

pod redakcją/edited by Jana Cetnera

**TECHNICZNE PROBLEMY
ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU MIAST
ZAGADNIENIA TRANSPORTU I ENERGETYKI**

**TECHNICAL ASPECTS
OF SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT
TRANSPORT AND ENERGETICS ISSUES**

Warszawa 2013

SERIA/Series titles:

MONOGRAFIE WYŻSZEJ SZKOŁY EKOLOGII I ZARZĄDZANIA

MONOGRAPHS of the University of Ecology and Management in Warsaw

REDAKCJA NAUKOWA/Scientific editor: doc. dr inż. *Jan Cetner*

RECENZENCI/Reviews concern individual articles:

prof. dr hab. inż. *Krzysztof Santarek*, prof. dr hab. inż. *Witold Werner*

OPRACOWANIE EDYTORSKIE/DTP: *Barbara Balawejder i Barbara Świderek*

KOREKTA/Correction: *Zespół/Team*

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania w Warszawie. Warszawa 2013

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

The work (in whole or in part) cannot be reproduced or disseminated with electronical, mechanical, copying, recording and other devices, without written permission of the copyrights owner.

Oficyna Wydawnicza Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania nie odpowiada za jakość dostarczonych fotografii i rysunków, zamieszczonych w publikacji.

The publishing house of the University of Ecology and Management is not responsible for the quality of photos and drawings in the present publication.

ISBN 978-83-62057-49-8

Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie,
ul. Wawelska 14, 02-061 Warszawa, tel. 22 825-80-32

Wydanie I. Arkuszy wydawniczych: 12,5

Spis treści

PRZEDMOWA	6
JURIJ BATISZCZEW, WITALIJ DUDNIK WYKORZYSTANIE LEKKICH I BARDZO LEKKICH ŚMIGŁOWCÓW DO ROZWIĄZANIA WYBRANYCH PROBLEMÓW TRANSPORTOWYCH WIELKICH MIAST	9
BARBARA LEBIEDOWSKA WYBRANE ASPEKTY ZARZĄDZANIA KLIMATEM AKUSTYCZNYM MIASTA	13
Zdzisław TRZASKA PERSPEKTYWA WZROSTU ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ Z POJAZDAMI ELEKTRYCZNYMI – POTRZEBA ROZWOJU STACJI ŁADOWANIA	25
EUGENIUSZ RATAJCZYK CZY SPRAWDZAĆ GEOMETRIĘ KAROSERII SAMOCHODOWEJ PO WYPADKACH, JEŚLI TAK, TO JAK?	41
Mateusz MAZEWSKI, Witold TENEROWICZ, Wojciech URBAŃSKI ZAGADNIENIA EKSPLOATACJI TABORU TRAMWAJOWEGO AGLOMERACJI WARSZAWSKIEJ. ZADANIA TECHNICZNE OBECNE ORAZ TRENDY ROZWOJU	53
Katarzyna MAZUR-BELZYT ENERGIA ODNAWIALNA W KONTEKŚCIE ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU	67
Janusz PAŁA MIASTA – EWOLUCJA I ŚRODOWISKO	79

TABLE OF CONTENTS

PREFACE	90
 Yuri Batishchev, Vitali Dudnik THE USING OF LIGHT AND ULTRA LIGHT HELICOPTERS FOR RESOLVING OF TRANSPORT PROBLEMS IN CITIES	 93
 BARBARA LEBIEDOWSKA SELECTED ASPECTS OF THE MANAGEMENT OF ACOUSTIC CLIMATE IN THE CITIES	 97
 Zdzisław TRZASKA PERSPECTIVE FOR GROWTH OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN METROPOLITAN TRAFFIC OF ELECTRIC VEHICLES — THE NEED FOR DEVELOPMENTS OF CHARGING STATIONS	 109
 EUGENIUSZ RATAJCZYK IS IT NECESSARY TO CHECK A CAR BODY AFTER ACCIDENT AND IF YES, HOW TO DO IT?	 123
 Wojciech URBAŃSKI, Mateusz MAZEWSKI, Witold TENEROWICZ ISSUES CONNECTED TO MAINTENANCE OF TRAINS IN WARSAW AREA. PRESENT TECHNICAL FUNCTIONS AND TRENDS IN DEVELOPMENT	 135
 Katarzyna MAZUR-BELZYT RENEWABLE ENERGY IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONTEXT	 149
 Janusz PAŁA CITIES: THEIR EVOLUTION AND ENVIRONMENT	 161

**Techniczne problemy
zrównoważonego rozwoju miast.
Zagadnienia transportu i energetyki**

Wersja polska

PRZEDMOWA

Charakterystyczną cechą ostatnich stuleci w geografii osadnictwa jest niezwykle rozrost miast. Początkowo dawne miasta, odziedziczone po Średniowieczu czy Epoce Nowożytnej, gdzie każde miejsce dla ich mieszkańców było dostępne pieszo, zmieniły się w nowoczesne miejskie organizmy, dawne *towns* zmieniły się w *cities*. Było to związane z niezwykle intensywnym wzrostem liczby mieszkańców, podczas gdy zmiany obszaru zajmowanego przez miasta były bardzo umiarkowane. Dla przykładu, liczba mieszkańców w latach 1813–1913 wzrosła, w wielkim przybliżeniu, 10-krotnie, podczas gdy obszar miast – niespełna dwukrotnie. Było to spowodowane znaczącym wzrostem gęstości zaludnienia miast. Dalszy rozwój organizmów miejskich wymagał także znacznego wzrostu ich powierzchni, lecz dziś obserwujemy zjawisko rozlewania się (*sprawl*) miast na otaczającej je przestrzeni, prowadzące do powstawania aglomeracji, konurbacji i – ostatecznie – *megalopolis*.

Choć w Europie Środkowej i Wschodniej powstawanie *megalopolis* nie jest zapewne kwestią najbliższej przyszłości (może z wyjątkiem aglomeracji moskiewskiej), rozlewanie się miast, prowadzące nawet do zacierania się granicy pomiędzy obszarem miejskim a wiejskim, łatwo zaobserwować w miastach, liczących ponad milion mieszkańców, jak Petersburg, Warszawa, Kijów czy Rostów nad Donem. W wyniku tego setki tysięcy ludzi, pracujących w centrum metropolii i mieszkających na terenach podmiejskich, a nawet wiejskich, oddalonych o kilkadziesiąt kilometrów, muszą co najmniej dwa razy dziennie pokonywać tę odległość. Jest to powodem ogromnych problemów komunikacyjnych, którymi zajęliśmy się, tworząc niniejsze opracowanie.

Nie jest to wyłącznie problem straty czasu, ponoszonej przez współczesnych mieszkańców przedmieść, notabene równie uciążliwy dla tych, których można określić jako „zamożnych”, jak i dla tych, którzy są zdecydowanie „bogaci”. Problem nabiera wagi w nagłych wypadkach, kiedy czas dotarcia do lub z centrum miasta może decydować o zdrowiu i chorobie, życiu i śmierci, i w pewnych przypadkach może chodzić nie tylko o losy jednostki ludzkiej, ale o znaczną liczbę osób. Podobny problem może wystąpić także w działalności biznesowej mieszkańców przedmieść, co radzi bylibyśmy lekceważyć, mówiąc „to tylko pieniądze”, ale jeśli chodzi o miliony czy wręcz miliardy euro, które można zyskać lub stracić w zależności od czasu dotarcia do centrum, rzecz nabiera dramatycznej wagi. Rozwiązanie tego problemu było zagadnieniem, na którym skoncentrowali się profesoro- wie Batiszczew i Dudnik z Rostowa nad Donem.

Ledwie poruszający się sznur samochodów, ciągnący się dziesiątki kilometrów, powoduje jednocześnie kilka poważnych problemów środowiskowych o zróżnicowanym charakterze. Efekt cieplarniany ma znaczenie globalne, podczas gdy smog czy hałas komunikacyjny – jedynie lokalne. Tym ostatnim zajęła się dr Lebedowska, poszukując prostych i niezbyt kosztownych środków zabezpieczających budynki mieszkalne przed hałasem komunikacyjnym.

Wytwarzanie energii cieplnej, elektrycznej i mechanicznej z wykorzystaniem paliw kopalnych, takich jak: gaz ziemny, ropa naftowa i węgiel, jest uważane za przyczynę ocieplania się klimatu. Jako rozwiązanie proponuje się szerokie korzystanie z odnawialnych źródeł energii – niestety, są one przeważnie łatwo osiągalne, gdzie i kiedy są najmniej potrzebne. Słońce dostarcza maksimum energii w środku dnia, w lecie i w strefie międzyzwrotnikowej. Energia wiatru i cieków wodnych jest jedynie pochodną energii słonecznej. Z drugiej strony największe zapotrzebowanie na energię występuje w strefie umiarkowanej, w zimie i podczas długo trwającej nocy – z wyjątkiem Śródziemnomorza, gdzie masowe korzystanie z klimatyzacji powoduje wysokie zapotrzebowanie na energię elektryczną w letnie dni.

Zatem opracowanie metody magazynowania energii cieplnej i elektrycznej ma kluczowe znaczenie dla utrzymania równowagi energetycznej i klimatycznej. Co więcej – taka metoda pozwoliłaby stworzyć wysoce efektywną sieć energetyczną, opartą na setkach małych źródeł energii, takich jak prywatne baterie fotowoltaiczne, małe elektrownie wodne i siłownie wiatrowe, biogazownie rolnicze i wytwarzające gaz z osadów ściekowych. Energetyce jądrowej – ze względu na małe możliwości dokonywania zmian mocy wytwarzanej – metoda magazynowania jest także bardzo potrzebna.

Choć rozwiązanie zagadnienia magazynowania i wymiany energii jest wyzwaniem dla przyszłości, powszechne użytkowanie pojazdów elektrycznych do kwestia jutra. W Warszawie w maju 2012 roku pojawiła się pierwsza korporacja taksówkarska, w której większość pojazdów to pojazdy elektryczne. Dotychczas używane pojazdy z napędem hybrydowym nie powodowały zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną, ale pojazdy z napędem elektrycznym z pewnością to robią. Co więcej, będą potrzebowały nie powszechnie dystrybuowanego prądu zmiennego, lecz wysokowydajnych źródeł prądu stałego, które dziś trudno spotkać. Jak projektować sieć stacji zasilających prądu stałego – to było wyzwanie, naprzeciw któremu wyszedł profesor Trzaska.

We współczesnych, szeroko rozpostartych miastach duże znaczenie ma bezpieczeństwo ruchu drogowego. Każda, nawet niewielka stłuczka, powoduje zablokowanie co najmniej jednego pasa ruchu i spowolnienie przemieszczania się pojazdów na pozostałych, także tych, prowadzących w przeciwną stronę – naturalnym odruchem każdego kierowcy jest zwolnić i zobaczyć, co się stało. Poważny wypadek może spowodować paraliż komunikacyjny znacznej części miasta i okolic, tak jak w styczniu 2006 roku, gdy wywrotka samochodu z amunicją na wiele godzin uniemożliwiła dojazd z centrum Warszawy do jej południowo-wschodnich dzielnic i zablokowała międzynarodową trasę, prowadzącą przez Siedlce, Mińsk, Smoleńsk do Moskwy.

Niestety, wiele samochodów poruszających się w obrębie miast, szczególnie środkowej i wschodniej Europy, zostało nabytych na rynku wtórnym, jako samochody używane, często powypadkowe, zreperowane na tyle tylko, by mogły się poruszać. Opisania niebezpieczeństw z tym związanych, a przede wszystkim metod sprawdzania, czy samochód taki został należycie wyremontowany, podjął się prof. Ratajczyk.

Zwykle uważa się, że rozwój transportu publicznego może stanowić sposób rozwiązania większości miejskich problemów transportowych. Faktycznie, można wskazać kilka miast w środkowej i wschodniej Europie, gdzie takie rozwiązanie dobrze funkcjonuje, jednak rzadko będą to miasta, przekraczające milion mieszkańców. Czeska Praha zdaje się być ponadmilionowym miastem, gdzie w zasadzie wszystko, co było w tej dziedzinie do zrobienia, zostało wykonane.

Jednak trzeba podkreślić, że wysiłek budowania sprawnej sieci transportu publicznego ma na celu rozwiązanie problemów komunikacyjnych wewnątrz metropolii, a nie pomiędzy jej granicami a rozległymi przedmieściami i funkcjonalnie związanymi z metropolią obszarami wiejskimi. Dr Urbański ze współpracownikami przeprowadził analizę możliwości rozwoju transportu tramwajowego jako elementu publicznego systemu komunikacyjnego.

Napoleon powiedział, że potrzebuje trzech rzeczy, aby wygrać każdą wojnę – „pieniędzy, pieniędzy i pieniędzy”. Churchill sparafrazował te słowa, mówiąc, że potrzebuje „ropy, ropy i ropy”. Teraz możemy powiedzieć, że są trzy najważniejsze rzeczy, konieczne do rozwiązania każdego problemu cywilizacji – „energia, energia i energia”. Obecnie potrzebujemy coraz więcej energii elektrycznej zarówno prądu zmiennego, jak i stałego. Potrzebujemy energii elektrycznej dla przemysłu najwyższych technologii, dla gospodarstw domowych i do transportu. W odniesieniu do transportu w miastach energia elektryczna jest stosowana:

- by zmienić ją w energię mechaniczną, powodującą ruch pojazdów, takich jak pociągi, metro, tramwaje, samochody elektryczne, schody ruchome, windy itp.,

- dla oświetlenia elementów infrastruktury komunikacyjnej, przede wszystkim ulic,
- by umożliwić kontrolowanie ruchu miejskiego: zasilania świateł na skrzyżowaniach, pomiaru prędkości samochodów i natężenia ruchu samochodowego oraz dla zasilania w coraz większym stopniu zautomatyzowanych systemów zarządzania transportem publicznym.

Jeśli rozwój miast ma być zrównoważony, źródła energii muszą być też zrównoważone. Dlatego dr Mazur-Belzyt opisała badania odnawialnych źródeł energii w kontekście zrównoważonego rozwoju miast. Istnieje możliwość korzystania z wielu odnawialnych źródeł energii wewnątrz przestrzeni miejskiej, jednak korzystanie z niektórych z nich musi być w miastach ograniczone. Za to możemy używać szczególnych miejskich źródeł energii, jak np. uliczne turbiny oświetleniowe, które mogą wykorzystywać do produkcji energii elektrycznej zarówno przepływ powietrza, wytwarzany przez poruszające się ulicą samochody, jak i naturalny wiatr.

Zidentyfikowano sześć złożonych problemów o kluczowym znaczeniu:

- 1) znalezienie szybkich środków transportu, koniecznych w nagłych wypadkach (ochrona życia i zdrowia oraz bezpieczeństwo publiczne),
- 2) ograniczenie uciążliwości hałasu drogowego,
- 3) tworzenie sieci prądu stałego do ładowania akumulatorów pojazdów elektrycznych,
- 4) ograniczenie zagrożeń bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- 5) znalezienie skutecznych rozwiązań w zakresie transportu publicznego wewnątrz obszaru metropolitalnego,
- 6) zidentyfikowanie odnawialnych źródeł energii, dostępnych w przestrzeni miejskiej.

Zespół autorów niniejszej monografii dołożył wszelkich starań, aby znaleźć propozycje rozwiązań ww. problemów lub przynajmniej wskazać drogę, na której znalezienie takich rozwiązań będzie możliwe. Po przygotowaniu wstępnych propozycji spotkaliśmy się, aby je przedstawić i rzetelnie przedyskutować. Ostateczna wersja opracowań została zredagowana przez każdego z autorów samodzielnie.

Profesor Pala w swoim tekście zawarł ogólne spojrzenie na problemy współczesnych wielkich aglomeracji, wychodząc z roli, jaką pełniły miasta w Starożytności i pokazując jej ewolucję aż do czasów współczesnych. Ponadto specyfikuje czynniki, które na terenie współczesnych miast oddziałują na jakość środowiska i poziom życia istot ludzkich w tak bardzo zmienionym przez ich działalność środowisku.

Rola niżej podpisanego ograniczała się do zainicjowania poszukiwań, wyznaczenia ich kierunku, organizowania i moderowania dyskusji oraz na przygotowaniu tekstu do publikacji.

JAN CETNER

Jurij BATISZCZEW
Witalij DUDNIK

WYKORZYSTANIE LEKKICH I BARDZO LEKKICH ŚMIGŁOWCÓW DO ROZWIĄZANIA WYBRANYCH PROBLEMÓW TRANSPORTOWYCH WIELKICH MIAST

Wielka liczba samochodów powoduje, że drogowa infrastruktura miast jest niewystarczająca. W 1990 roku na 1000 mieszkańców Rosji przypadało 60 samochodów. Następnie, w krótkim czasie doszło do eksplozji liczby samochodów w rosyjskich miastach. Podobne tempo rozbudowy przepustowości ulic nie było możliwe do osiągnięcia. W wyniku tego miejska infrastruktura drogowa stała się niewystarczająca do zapewnienia płynności ruchu samochodowego. Mieszkańcy rosyjskich miast stali się ofiarami narastającego problemu komunikacyjnego.

W latach 30. XX wieku Georgij Szelehowski, rosyjski naukowiec, specjalizujący się w urbanistyce i miejskich systemach transportowych, przewidywał, że „nie trzeba budować hipotez, dotyczących liczby samochodów w naszych miastach. Trzeba jednak jasno określić granicę – co najmniej jeden samochód na rodzinę”.

Obecny poziom motoryzacji w Rosji – 350 samochodów na 1000 mieszkańców – nie jest zbyt wysoki, lecz rosyjskie miasta są zablokowane korkami ulicznymi. W krajach zachodniej Europy, Ameryki Północnej i Japonii liczba samochodów osiąga 600–700, a w Nowym Jorku nawet 1000 na 1000 mieszkańców. Mimo to problem korków ulicznych nie jest tam tak krytyczny, jak w wielkich miastach Rosji. W tab. 1 pokazano, że przeciętna prędkość ruchu samochodowego w Moskwie jest znacznie niższa, niż w większości miast innych krajów rozwiniętych.

Tabela 1. Przeciętna prędkość ruchu samochodowego w wielkich miastach.

Nº	Miasto	Przeciętna prędkość, km/h
1	New York	38
2	Seoul	38
3	Madrid	35
4	10 biggest cities of Great Britain	29,6
5	Moscow	24,6
6	Mexico	22,1
7	Caracas	18

Analiza współcześnie istniejącej sytuacji w wielkich miastach pozwala na określenie dróg, na których należy poszukiwać rozwiązania problemów komunikacyjnych. Pierwsza z nich to budowa tras szybkiego ruchu, przecinających miasto lub tworzących jego obwodnicę, z bezkolizyjnymi skrzyżowaniami. Druga to rozwój transportu publicznego, połączony ze wzrostem opłat na parkowanie wewnątrz metropolii. Trzecia to wprowadzenie zmian w przepisach. Czwarta jest nowatorska – wykorzystanie lekkich i bardzo lekkich śmigłowców w rozwiązywaniu problemów transportowych wielkich miast.

Liczba śmigłowców i związana z nimi infrastruktura nie jest dziś zbyt rozwinięta, lecz zmienia się to bardzo szybko. Możemy spodziewać się, że wkrótce śmigłowce będą traktowane jako poważne uzupełnienie tradycyjnych środków transportu. Główną zaletą śmigłowców jest ich wysoka manewrowość, łatwość przygotowania lądowisk i wysoka prędkość lotu. Wady miejskiego transportu śmigłowcowego to mała przepustowość, generowanie hałasu i zależność od warunków atmosferycznych.

Choć miejskie śmigłowce nie zastąpią karettek pogotowia i pojazdów strażackich, umożliwią jednak szybkie przemieszczanie się ludzi w sytuacjach kryzysowych. W Rosji ten nowy rodzaj transportu budzi wielkie zainteresowanie sfer biznesowych.

Obecnie do dyspozycji w transporcie miejskim pozostają śmigłowce lekkie i większe, tymczasem to dwumiejscowe, bardzo lekkie śmigłowce (il. 1) są najbardziej efektywnym środkiem rozwiązywania problemów transportu miejskiego i właśnie tej klasie śmigłowców poświęcone jest niniejsze opracowanie.



Il. 1. Rosyjski dwumiejscowy bardzo lekki śmigłowiec „Rotorfly”

Obecnie rosyjski Centralny Instytut Aerohydrodynamiki realizuje kompleksowy program pt. „Lotnictwo ogólne i regionalne”. Doński Państwowy Uniwersytet Techniczny z Rostowa bierze udział w tym programie, razem z kolegami z Ukrainy (il. 2). Celem projektu jest uczynienie regionalnego transportu lotniczego osobowego i typu „cargo” dostępnym zarówno pod względem technicznym, jak i ekonomicznym. Program ten obejmuje badania nad śmigłowcami miejskimi i miejskimi lądowiskami dla śmigłowców.

Lądowiska śmigłowcowe można podzielić na trzy klasy:

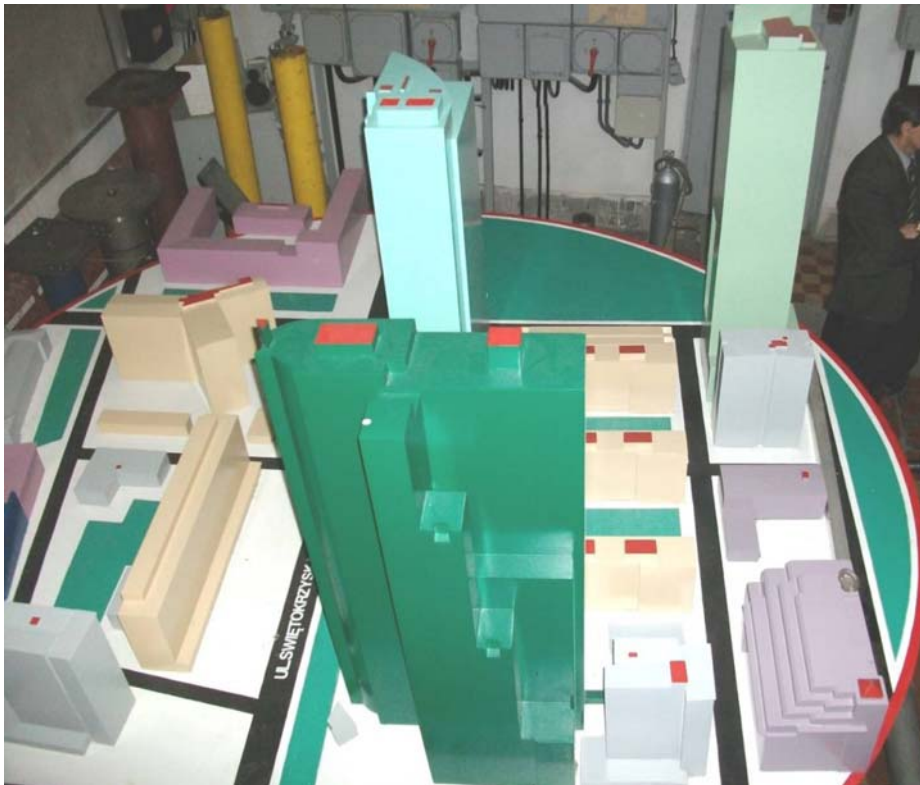
- 1) lekkie, dla maszyn wywierających nacisk nie większy niż 40 kN,
- 2) średnie, dla maszyn wywierających nacisk od 40 do 120 kN,
- 3) ciężkie, dostępne dla maszyn wywierających nacisk powyżej 120 kN.

Konstrukcja, pokrycie i rozmiary lądowiska zależą od przynależności do ww. kategorii wagowych. W miastach lądowiska dla śmigłowców przeważnie są umieszczane na dachach wysokich budynków albo w celowo zachowanych przerwach pomiędzy budynkami.



Il. 2. Przygotowywanie eksperymentu z bardzo lekkim śmigłowcem miejskim

Po wydarzeniach z 11 września 2001 roku zainteresowanie lądowiskami śmigłowcowymi w miastach wyraźnie wzrosło. Prace nad miejskimi śmigłowcami i ich lądowiskami zdecydowanie zostały zintensyfikowane, także w Polsce. Jako przykład można podać umieszczenie lądowiska śmigłowcowego na dachu 11-piętrowego Grand Hotelu w Warszawie, zbudowanego – choć wadliwie – już w latach 50. XX wieku. Obecnie rozmieszczeniem lądowisk dla śmigłowców w centrum Warszawy zajmuje się warszawski Instytut Lotnictwa (il. 3).



Il. 3. Model centralnej części Warszawy do badań nad warunkami rozwoju transportu śmigłowcowego

Umieszczenie lądowiska dla śmigłowców na dużej wysokości zmniejsza uciążliwość hałasu i poprawia bezpieczeństwo podróżowania, szczególnie startu i lądowania. Wymaga to jednak budowy wind, łączących lądowisko z niższymi kondygnacjami. Ponadto konstrukcja budynku musi uwzględniać dodatkowe obciążenie, związane z umieszczeniem lądowiska oraz stacjonowaniem samego śmigłowca. W momencie startu i lądowania obciążenie budynku wynosi 1,5 do 2 razy więcej, niż wynika to z ciężaru manewrującej maszyny.

W Rosji jedynie kilka firm buduje lądowiska dla helikopterów, dostosowane do wysokich budynków. Między innymi oryginalny projekt został wykonany przez specjalistów Lenaeroprojektu dla amerykańskiego konsorcjum Halliburton. Konstrukcja lądowiska została wykonana z materiałów lżejszych od betonu, zaś powierzchnia pokryta wykonaną z metalu warstwą, wzorowaną na plastrach miodu.

Kształt lądowiska dla śmigłowców może być bardzo zróżnicowany – kwadratowy, okrągły – jednak jego wymiar musi być co najmniej 1,5 raza większy, niż długość śmigłowca. Ponieważ śmigłowce będą korzystać z tego miejsca dość rzadko, warto pomyśleć o wykorzystaniu lądowiska do innych, niekolidujących z podstawowym, celów, np. sportowych czy rekreacyjnych (il. 4). Wyposażenie lądowiska w znacznej mierze zależy od właściciela, jednak obowiązkowo musi być oświetlone, zelektryfikowane, wyposażone w środki łączności radiowej oraz w sprzęt przeciwpożarowy.



Il. 4. *Przekształcenie lądowiska dla śmigłowców w mały stadion*

Niestety w wielu krajach, w tym w Rosji, główną barierą rozwoju transportu śmigłowcowego są przepisy prawne. Przestrzenią powietrzną nad terytorium Rosji dysponuje ministerstwo spraw wojskowych. Jeśli chce się latać śmigłowcem ponad miastem, trzeba uzyskać kilka pozwoleń. To jest najważniejszy problem transportu śmigłowcowego w rosyjskich miastach.

Transport śmigłowcowy ma przed sobą rozwiązanie wielu problemów, lecz stanie się ważnym sposobem transportu w najbliższej przyszłości. Już dziś w osiedlach, znajdujących się w pobliżu popularnego podwarszawskiego lądowiska Góraszka, przelatujące nad domami helikoptery i małe samoloty stały się elementem codzienności – przyp. tłumacza.

z angielskiego tłumaczył J. Cetner

Barbara LEBIEDOWSKA

WYBRANE ASPEKTY ZARZĄDZANIA KLIMATEM AKUSTYCZNYM MIASTA

Wprowadzenie

Działania, mające na celu utrzymanie klimatu akustycznego na poziomie akceptowalnym przez mieszkańców miast, mogą przybierać różne formy, takie jak: właściwe projektowanie przestrzeni zabudowanej, stosowne oddalenie dróg przelotowych od zabudowy mieszkaniowej czy odpowiednie ukształtowanie bryły budynku, jak również właściwe rozplanowanie pomieszczeń wewnątrz obiektu budowlanego. Wszystko to ma na celu zmniejszenie negatywnych oddziaływań hałasu na mieszkańców miast.

Rozwiązania dla poprawy klimatu akustycznego nie ograniczają się tylko do planistycznych rozwiązań architektoniczno-urbanistycznych, ale także odbywać się mogą w sferze zarządzania przepływem pojazdów samochodowych przez miasto. Przybiera to różne formy organizacyjne, takie jak: ograniczenie wjazdu do centrów miast, wprowadzanie wysokich opłat za parkowanie w dzielnicach śródmiejskich, budowę bezpłatnych parkingów w pobliżu węzłów transportu zbiorowego zlokalizowanych na obrzeżu miast, wspieranie transportu zbiorowego, a także promowanie rozwiązań technologicznych na rzecz cichego transportu.

Wdrażanie dyrektywy 2002/49/WE w Polsce wydaje się właściwe. Efekty podejmowanych działań, chociaż jeszcze nie są w pełni zadowalające, to są już zauważalne. Zmierzają one w wielu przypadkach do tworzenia stref ciszy w obrębie obszarów zurbanizowanych. Wciąż jeszcze są one jednak sprawą przyszłości w ujęciu całości przestrzeni miejskich.

Prawodawstwo jako narzędzie zarządzania klimatem akustycznym miasta

Zarządzanie klimatem akustycznym terenów zurbanizowanych oparte jest w wymiarze krajowym przede wszystkim na Ustawie – Prawo Ochrony Środowiska i dokumentach wykonawczych – rozporządzeniach ministra środowiska, a w wymiarze europejskim na dyrektywach, w tym na podstawowej, budzącej od 9 lat silne emocje i kontrowersje wśród specjalistów od akustyki środowiska, dyrektywie 49/2002/WE odnoszącej się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku.

Dyrektywa ta zaleca stosowanie wspólnych metod oceny hałasu w środowisku, a także definicji wartości granicznych w kategoriach zharmonizowanych wskaźników, służących ustalaniu poziomu hałasu. Wartość graniczna w rozumieniu dyrektywy oznacza wartość L_{den} lub L_{night} i tam gdzie właściwe jest stosowanie także L_{day} i $L_{evening}$, ustaloną przez Państwo Członkowskie, po której przekroczeniu właściwe władze są obowiązane rozważyć lub wprowadzić środki łagodzące; dopuszcza się różnicowanie wartości granicznych według różnych rodzajów hałasu (od ruchu kołowego, szynowego, lotniczego, działalności przemysłowej itd.), różnego otoczenia i różnej wrażliwości mieszkańców na hałas.

Konkretne wielkości poszczególnych wartości granicznych ustalają Państwa Członkowskie, uwzględniając między innymi potrzebę stosowania zasady prewencji dla zachowania obszarów ciszy w aglomeracjach.

Jako wspólne wskaźniki hałasu dyrektywa zaleca wskaźnik L_{den} dla oceny dokuczliwości oraz wskaźnik L_{night} dla oceny zakłócenia snu. Dyrektywa upoważnia Państwa Członkowskie

do stosowania uzupełniających wskaźników w procesie monitorowania lub kontrolowania szczególnych sytuacji występowania hałasu.

W odniesieniu do niektórych obszarów, będących przedmiotem zainteresowania, dyrektywa wprowadza obowiązek sporządzania strategicznych map hałasu. Pozwala to na pozyskiwanie danych potrzebnych do tworzenia obrazu postrzegania poziomów hałasu na danym obszarze. Strategiczna mapa hałasu oznacza mapę, opracowaną do celów całościowej oceny narażenia na hałas z różnych źródeł na danym obszarze albo do celów sporządzania ogólnych prognoz dla danego obszaru.

Na podstawie danych uzyskanych z map hałasu, opracowuje się plany działań zmierzające do zapobiegania powstawaniu hałasu w środowisku i obniżania jego poziomu tam, gdzie jest to konieczne, zwłaszcza tam, gdzie oddziaływanie hałasu może powodować szkodliwe skutki dla ludzkiego zdrowia, oraz zachowanie jakości klimatu akustycznego środowiska tam, gdzie jest on jeszcze właściwy. Plany działań oznaczają więc plany sporządzane na potrzeby zarządzania emisją i skutkami hałasu, w tym, w razie potrzeby, dla potrzeb zmniejszenia jego poziomu.

Edukacja Podnoszenie świadomości społecznej

Informowanie i przeprowadzanie konsultacji publicznych na temat opracowanych planów działań jest niezwykle ważne w podnoszeniu świadomości społecznej. Zwykle jednak tylko niewielka grupa obywateli bierze aktywny udział w procesach planowania, większość czerpie informacje z mediów lub nie wykazuje zainteresowania problemem. Niezbędne są więc inne narzędzia w celu podnoszenia świadomości społecznej i poszerzania kręgu osób zdających sobie sprawę z zagrożeń wynikających z nadmiernego hałasu, poprzez zwiększenie wiedzy na temat jego wpływu zarówno na zdrowie fizyczne, jak i psychiczne.

Bardziej ambitnym celem jest zmiana postaw wobec transportu publicznego, a także rowerzystów oraz pieszych, jako alternatywy wobec prywatnego, indywidualnego pojazdu samochodowego. Istnieje szereg narzędzi do komunikowania się z różnymi grupami docelowymi. Wszystkie ich rodzaje, takie jak: broszury, plakaty, strony internetowe, ankiety, punkty informacyjne w hot spotach, konkursy dla dzieci itp., mogą być użyte.

Mogłyby być też zastosowane tzw. barometry dźwięku na ulicach, tak jak w przypadku oceny jakości powietrza (air quality barometer) we francuskim mieście Clermont-Ferrand, informujące mieszkańców o aktualnej jakości powietrza, jakim oddychają (fot. 1).



Fot. 1. „Barometr jakości powietrza” (air quality barometer) we francuskim mieście Clermont Ferrand
źródło: fot. Melanie Kloth, Polis

Skala oceny klimatu akustycznego, oparta na wspólnych standardach, mogłaby być używana do prezentowania, w sposób zrozumiały dla laika, poziomu hałasu [Kloth M. et al., 2008].

More than 85 dB(A)	Harmful sound levels in case of long exposure
>75 – 85 dB(A)	Communication is very difficult
>65 – 75 dB(A)	Mediocre soundscape
>55 – 65 dB(A)	Acceptable soundscape
>45 – 55 dB(A)	Good soundscape
Less than 45 dB(A)	Excellent soundscape

Rys. 1. Skala jakości klimatu akustycznego
źródło: Kloth M. et al., 2008, s. 59

Promowanie mniej hałaśliwego transportu

Samochody osobowe są odpowiedzialne za znaczną część hałasu na obszarach miejskich. Przemieszczanie się mieszkańców w terenach miejskich to z reguły odległości mniejsze od 3 km, stąd racjonalne jest zachęcanie społeczeństwa do korzystania z alternatywnych środków transportu, jak: jazda na rowerze, jazda na łyżwach lub wrotkach, przejście pieszo czy korzystanie z transportu zbiorowego.

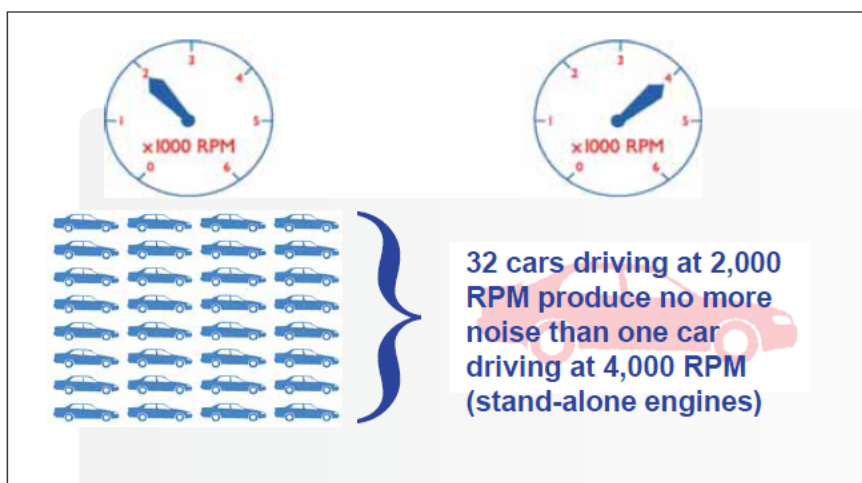


Fot. 2. Rower i tramwaj – indywidualny i zbiorowy środek transportu rekomendowany w miastach
źródło: Kloth M. et al., 2008, s. 67

Kształtowanie postaw kierowcy pojazdu

Hałas wytwarzany przez pojazd samochodowy zależy nie tylko od rodzaju i jego stanu technicznego, ale także od umiejętności i zachowań kierowcy. Gwałtowne przyspieszenia pojazdu mogą prowadzić do wzrostu poziomu hałasu o 5 dB – dla samochodu osobowego i samochodu dostawczego, a nawet o 7 dB dla motocykla [Kloth M. Et al., 2008]. Odpowiednie szkolenie kierowców może przyczynić się do zmiany ich zachowań, a bardziej opornym należy przypominać, że pasywna jazda to oszczędności na paliwie.

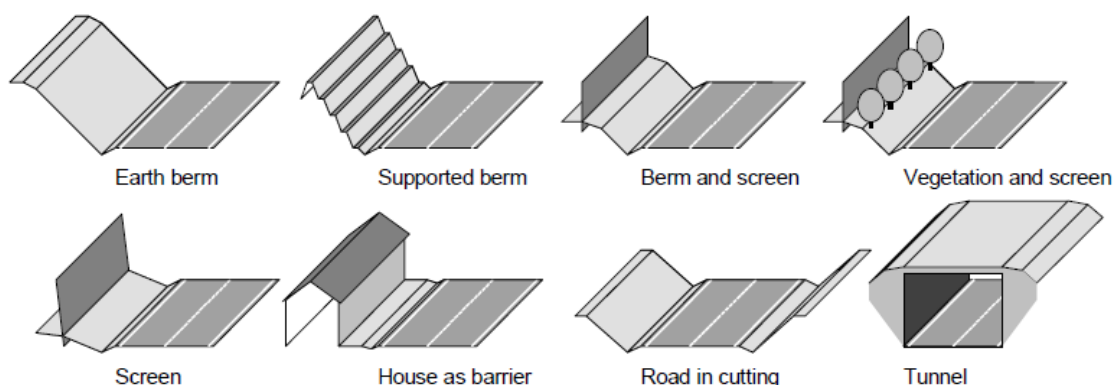
Hałas silnika jednego pojazdu samochodowego przy 4000 obr/min jest równy hałasowi 32 samochodów przy 2000 obr/min, co obrazuje rys. 2. Tak więc jest to jeden z głównych problemów do rozwiązania w ruchu miejskim.



Rys. 2. Korzyści z ekozachowań kierowcy
źródło: Kloth M. et al., 2008, s. 68

Rozwiązania techniczne Wykorzystanie zjawiska ekranowania

Zjawisko ekranowania jest efektem wielu rozwiązań technicznych. Może to być nasyp ziemny, nasyp ziemny wzmocniony ekranem na szczycie, a także dodatkowo wzmocniony zielenią, budynek wzdłuż drogi – pełniący rolę ekranu akustycznego, droga poprowadzona w wykopie i najbardziej efektywne, ale też najdroższe rozwiązanie – tunel (rys. 3).



Rys. 3. Przykłady ekranów akustycznych
źródło: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002 s. 26

Planowanie przestrzenne jako narzędzie ograniczenia hałasu w nowo kreowanych bądź przebudowywanych rejonach zurbanizowanych

Istnieje wiele sposobów ograniczania hałasu, które mogą być wykorzystane przy przebudowie istniejących struktur mieszkalnych, jak również przy tworzeniu nowych dzielnic. Możliwości korzystania z tych środków zależą od wielkości powierzchni terenu, polityki zagospodarowania przestrzennego oraz innych ograniczeń, takich jak: planowana gęstość zaludnienia czy konieczność zapewnienia dostępu przez transport zaopatrzeniowy do istniejących obszarów handlowo-usługowych itp.

Budynki jako ekrany akustyczne

Rys. 4 prezentuje przykład zabezpieczenia istniejącego osiedla mieszkaniowego zlokalizowanego w pobliżu linii kolejowej poprzez wybudowanie wzdłuż trasy kolejowej budynków usługowych spełniających rolę ekranów akustycznych. Ich skuteczność zależy od wymiarów geometrycznych oraz sposobu „otwarcia” terenu zabudowy mieszkaniowej w kierunku trasy kolejowej.



Rys. 4. Budynki wzdłuż linii kolejowej jako ekrany akustyczne
źródło: LÄRMKONTOR GmbH, 2004, s. 35

W rozbudowywanych dzielnicach, nowo wznoszone obiekty budowlane mogą tworzyć wspólnie z istniejącą zabudową zwarty ekran akustyczny (rys. 5).



Rys. 5. Ochrona osiedla przed hałasem
poprzez rozbudowę
źródło: LÄRMKONTOR GmbH, 2004, s. 29



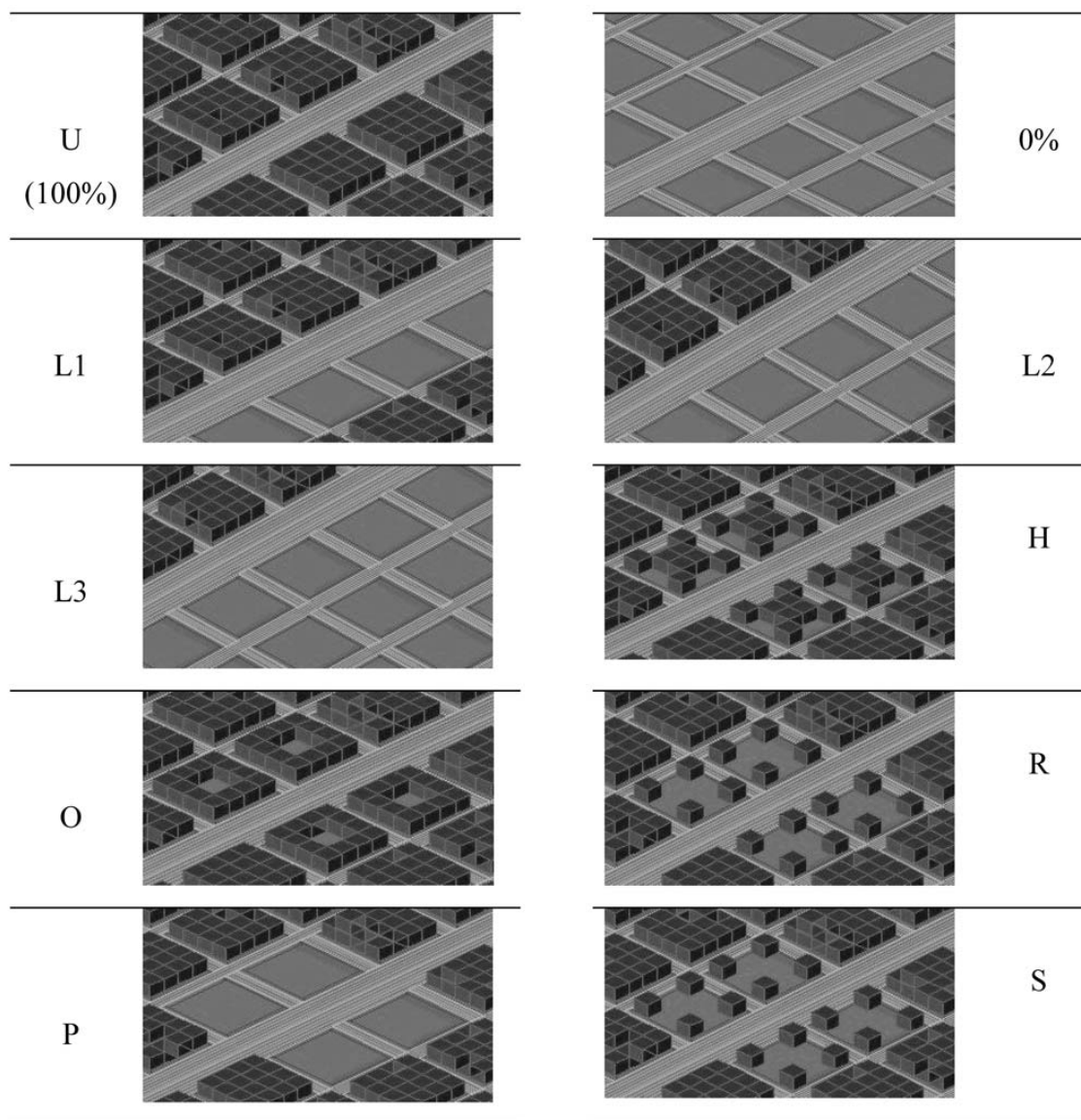
Rys. 6. Wyburzone budynki stanowiące
ekrany akustyczne na skraju osiedla
źródło: LÄRMKONTOR GmbH, 2004, s. 72

We współczesnych miastach, w których substancja mieszkaniowa wyeksploatowała się przez lata, dochodzi często do wyburzeń i poszerzania przestrzeni miejskiej. Również i w ta-

kim przypadku należy dokładnie przyrzeć się, jakie mogą być efekty tego typu działań. Może się zdarzyć, że likwidując zabudowę na skraju dzielnicy czy osiedla powoduje się otwarcie drogi dla penetracji fali akustycznej i wzrostu poziomu hałasu w części centralnej (rys. 6).

Struktura zabudowy jako element kształtowania pola akustycznego

Inną propozycją utrzymania poprawnego klimatu akustycznego osiedla mieszkaniowego jest odpowiedni sposób wzajemnego rozmieszczenia budynków oraz ich położenia w stosunku do źródła hałasu (np. drogi). Przeprowadzone badania symulacyjne [Lebiedowska, 2009] dla 60 zróżnicowanych wariantów struktury zabudowy oraz zróżnicowanej geometrii ulic (rys. 7) wykazują możliwości obniżenia hałasu przekraczające nawet 6 dB (tab. 1÷4).



Rys. 7. Zróżnicowane struktury urbanistyczne [Lebiedowska, 2009]

Tab. 1. Wpływ rodzaju zabudowy i szerokości ulic na poziom hałasu.

Wartość odniesienia: zabudowa „0%”, szerokość jezdni – 42 m [Lebiedowska, 2009]

Typ zabudowy	„42”	„22”	„12”
„0%” teren otwarty	0 dB	+1 dB	+2 dB
„U” ulica typu „kanion”	+2 dB	+3 dB	+4 dB

Tab. 2. Wpływ rodzaju zabudowy typu „L” oraz szerokości ulic na poziom hałasu.
Wartość odniesienia: zabudowa „0%”, szerokość jezdni 42 m [Lebiedowska, 2009]

Typ zabudowy	„42”	„22”	„12”
„0%” teren otwarty	0 dB	+1 dB	+2 dB
L1	+1 dB	+2 dB	+3 dB
L2	+1 dB	+2 dB	+3 dB
L3	+1 dB	+2 dB	+3 dB

Tab. 3. Wpływ rodzaju zabudowy typu „U” oraz szerokości ulic na poziom hałasu.
Wartość odniesienia: ulica typu „kanion”, szerokość jezdni 42 m [Lebiedowska, 2009]

Typ zabudowy	„42”	„22”	„12”
„U” ulica typu „kanion”	0 dB	+1 dB	+2 dB
L1	-1 dB	0	+1 dB
L2	-1 dB	0	+1 dB
L3	-1 dB	0	+1 dB

Tab. 4. Wpływ rodzaju zabudowy typu oraz szerokości ulic na poziom hałasu na elewacji budynku.
Wartość odniesienia: ulica typu „kanion”, szerokość jezdni 12 m [Lebiedowska, 2009]

Typ zabudowy	„42”	„22”	„12”
100%	0	-0,5	-1,1
R	-2,2	-2,6	-3,1
H	-2,6	-3,0	-3,6
S	-3,0	-3,3	-3,8
O	-5,5	-6,1	-6,7



Rys. 8. Domy szeregowo jako ekrany osłaniające teren zabudowy jednorodzinnej rozproszonej
źródło: LÄRMKONTOR GmbH, 2004, s. 30

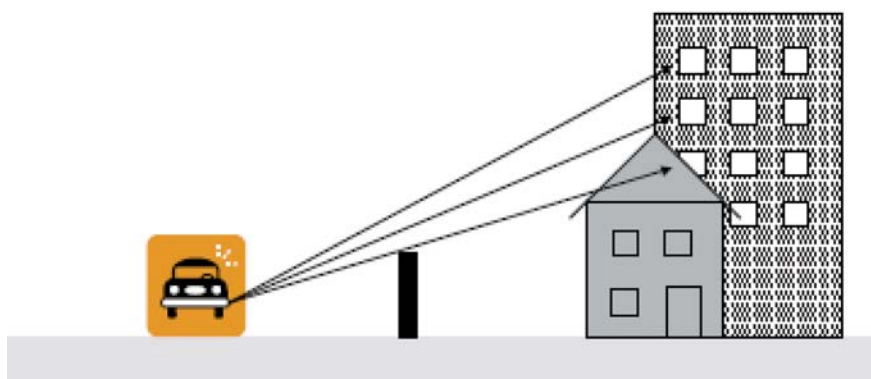


Rys. 9. Garaże i szopy tworzące podwórze – przestrzeń ciszey
źródło: LÄRMKONTOR GmbH, 2004, s. 49

Domy szeregowe, zamiast zabudowy rozproszonej, usytuowane w pierwszym rzędzie zabudowy stanowią dobre zabezpieczenie reszty osiedla domków jednorodzinnych (rys. 8) a garaże i budynki o charakterze gospodarczym mogą utworzyć przestrzeń wewnętrzną o znacznie obniżonym poziomie hałasu, np. do celów rekreacyjnych (rys. 9).

Lokalizacja budynków w stosunku do ekranu akustycznego

Efektywność ekranów akustycznych, służących do ochrony zabudowy mieszkaniowej zależy od ich wysokości oraz odległości ekranu od źródła hałasu i obiektu chronionego. Budynki niskie są łatwiejsze do ochrony niż budynki wysokie. Aby skutecznie ochronić budynki wysokie, szczególnie jego wyższe kondygnacje, należy zachować odpowiednią odległość pomiędzy nim a ekranem (rys. 10). W dzielnicach o zabudowie mieszanej, budynki niskie należy plasować bliżej ekranu a budynki wysokie w dalszej odległości.



Rys. 10. Ochrona ekranem budynku niskiego i wysokiego
źródło: Kloth M. et al., 2008, str. 63

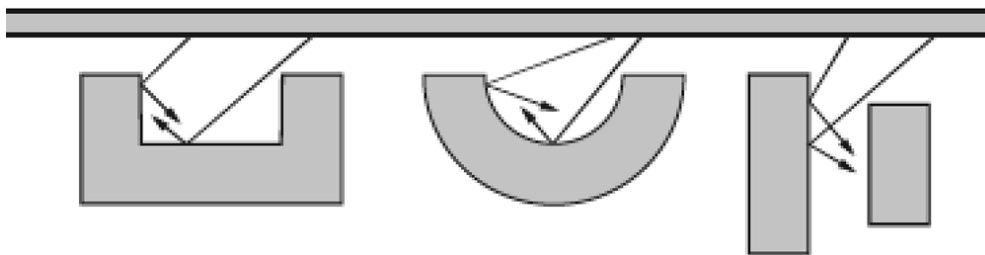
Planowanie nowej trasy transportowej, drogowej lub kolejowej

Planując nową trasę transportową, drogową czy kolejową, lepiej wytyczać jej przebieg wzdłuż już istniejącej. Spowoduje to wprawdzie pewien wzrost poziomu hałasu na terenach pobliskich (poniżej 3 dB), ale nie spowoduje powstania nowej strefy hałaśliwej.

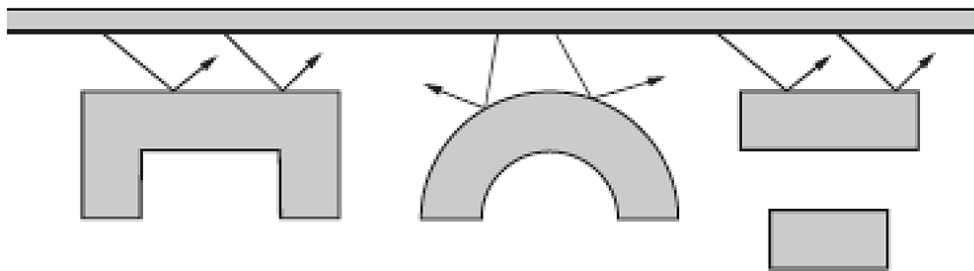
Projektowanie budynku

Kształt budynku i jego usytuowanie w stosunku do źródła hałasu

Kształt oraz zorientowanie budynku w stosunku do źródła hałasu powinno być projektowane z uwzględnieniem ich wpływu na hałas wewnątrz samego budynku oraz innych pobliskich obiektów. Należy unikać sytuacji kiedy te dwa czynniki powodują dodatkowe odbicia fali akustycznej od elewacji podnosząc poziom hałasu w pobliżu np. okien (rys. 11). Poprawne zorientowanie budynków w stosunku do źródła hałasu przedstawia rys. 12.

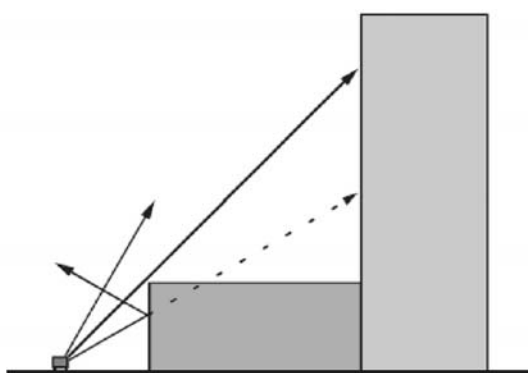


Rys. 11. Niewłaściwe usytuowanie budynków w stosunku do źródła hałasu
źródło: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002, str. 27

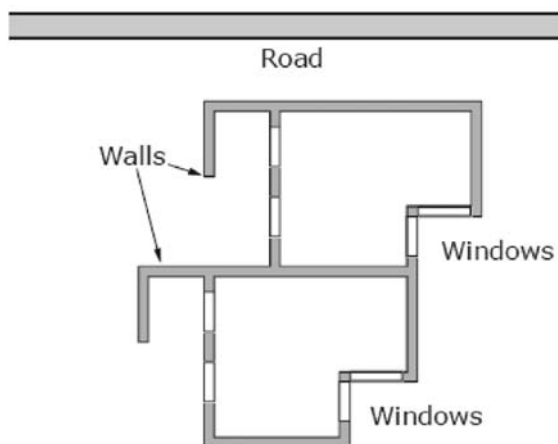


Rys. 12. Właściwe usytuowanie budynków w stosunku do źródła hałasu
źródło: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002, s. 27

W przypadku budynku wysokiego, znajdującego się w niewielkiej odległości od źródła hałasu, dodatkowy budynek może stanowić wystarczającą ochronę kondygnacji wyższych (rys. 13), a dodatkowe elementy architektoniczne, wzbogacające bryłę budynku, mogą ochronić część okien przed penetracją hałasu wewnątrz obiektu (rys. 14).



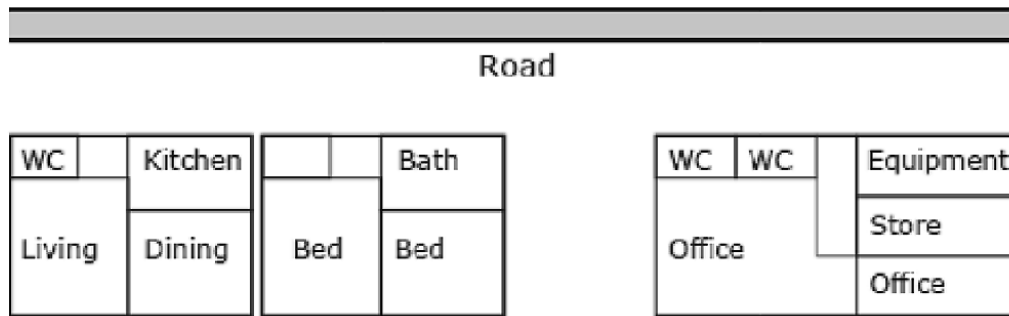
Rys. 13. Dodatkowy budynek jako ochrona budynku wysokiego
źródło: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002, s. 32



Rys. 14. Elementy architektoniczne budynku jako jego ochrona przed hałasem
źródło: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002, s. 32

Rozplanowanie wnętrza budynku

W mieszkaniach i biurach należy stosować zasadę planowania pomieszczeń wymagających większej ciszy od strony elewacji przeciwległej do źródła hałasu. Przy elewacji wyeksponowanej w kierunku drogi bądź trasy kolejowej należy zaplanować takie pomieszczenia, jak: kuchnie, łazienki, spiżarnie czy magazyny. Właściwe rozplanowanie wnętrza w budynku przedstawia rys. 15.



Rys. 15. Przykład właściwego rozplanowania pomieszczeń w budynku mieszkalnym i biurowym
źródło: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002, s. 31

Nawierzchnia drogi

Porowata nawierzchnia drogi może zredukować całkowity hałas emitowany przez „kontakt opona samochodowa – nawierzchnia” od 2 do 4 dB, a nawet do 5 dB dla dużych prędkości. Wymaga to jednak dość pracochłonnego utrzymania, gdyż wraz z zatykaniem się porów, co jest nieuchronne w trakcie eksploatacji, wartość ta się obniża.

Zarządzanie ruchem pojazdów

Skład strumienia pojazdów

Skład strumienia pojazdów ma istotne znaczenie dla klimatu akustycznego. Istnieją wyraźne różnice w poziomie wytwarzanego hałasu w zależności od kategorii pojazdu. Samochód ciężarowy wyposażony w więcej niż trzy osie emituje hałas (L_{max}) przy prędkości 60 km/h równy 83 dB/A, a samochód z 3 osiami 80 dB/A, podczas gdy autobus 79 dB/A, samochód dostawczy 75 dB/A, motocykl 74 dB/A, a samochód osobowy 73 dB/A. Oznacza to, że ciężarówka z 3 osiami emituje tyle samo hałasu co 10 samochodów osobowych, a autobus tyle co 4 samochody osobowe.

W rzeczywistości efekt obecności w strumieniu pojazdów ciężkich, w strefach miejskich, nie jest zbyt istotny, z racji małego ich procentowego udziału w strumieniu całościowym. Problemem natomiast jest to, że dominująca liczba pojazdów lekkich, przemieszczających się z nadmierną prędkością, jest głównie odpowiedzialna za hałas w strefach miejskich. Dotyczy to także przemieszczania się ich na autostradach i drogach szybkiego ruchu.

Należy również pamiętać, że zakazy ruchu wybranych grup pojazdów w pewnych porach doby powodują ich nadmierny ruch w pozostałych godzinach. Tego typu inicjatywy muszą być podejmowane indywidualnie dla każdej strefy miejskiej z uwzględnieniem lokalnej specyfiki.

Natężenie ruchu i prędkość pojazdów

Zmniejszenie liczby przejeżdżających pojazdów przyczynia się do redukcji hałasu. Logarytmiczny charakter skali decybelowej oznacza jednak, że 50% redukcji liczby pojazdów obniża poziom hałasu o 3 dB, niezależnie od ich bezwzględnej liczby.

Należy również pamiętać, że ograniczenie liczby pojazdów na jednej drodze powoduje zwiększenie ruchu na innej. Ponadto zmniejszenie natężenia ruchu prowadzi często do wzrostu prędkości, gdyż pozostałe pojazdy mogą poruszać się swobodniej, a przyspieszenie przyczynia się do zwiększenia emisji hałasu. Aby więc uzyskać zamierzony efekt, należy jednocześnie podjąć środki obniżające bądź utrzymujące prędkość na niskim poziomie. Redukcja liczby pojazdów może być więc stosowana na drogach drugorzędnych, co jest możliwe w przypadku przejęcia przez drogi główne większej liczby samochodów [Kloth M. et al., 2008].

Istotnym elementem, mającym również wpływ na poziom hałasu jest przyspieszenie jazdy, które może powodować wzrost o 2 dB, przy zmianie prędkości z 50 do 60 km/godz.

Tab. 5. Zależność pomiędzy procentową redukcją liczby pojazdów a redukcją hałasu

<i>Redukcja ilości pojazdów</i>	<i>Redukcja hałasu (L_{Aeq} dB)</i>
10%	0,5
20%	1,0
30%	1,6
40%	2,2
50%	3,0
75%	6,0

źródło: Kloth M. et al., 2008, s. 94

Zielona fala

Zielona fala, czyli koordynacja świateł umożliwiająca przemieszczanie się pojazdów bez konieczności zatrzymywania się na światłach, może obniżyć poziom hałasu w rejonie skrzyżowań o około 4 dB w porównaniu z „czerwoną falą”. Swobodny przepływ pojazdów najczęściej jednak powoduje wzrost prędkości, co z kolei skutkuje wzrostem hałasu o około 3 dB [Berengier, Picaut, 2008].

Nocne dostawy

Program zaopatrzenia sklepów w porze nocnej może spowodować znaczne obniżenie zatłoczenia ulic w porze dziennej, a więc łatwiejszy przepływ pojazdów, a co za tym idzie, obniżenie hałasu. Taka organizacja zaopatrzenia niesie jednak z kolei niedogodność wystąpienia pojedynczych wydarzeń akustycznych w porze wypoczynku nocnego. Wzajemne porozumienie pomiędzy mieszkańcami, właścicielami sklepów oraz władzami miasta jest w tej sytuacji niezbędne w celu opracowania optymalnego programu.

Ronda

Zastąpienie skrzyżowań rondami stało się już regułą w wielu europejskich miastach oraz poza terenami zabudowanymi. Rondo wymusza na kierowcy zmniejszenie prędkości oraz bardziej równomierny styl jazdy. W efekcie można uzyskać w tym przypadku obniżenie hałasu nawet do 4 dB.

Szykany

Szykany wymuszają obniżenie prędkości, ale mogą powodować wzrost hałasu o około 3 dB, spowodowany gwałtownym przyspieszeniem po ich przejechaniu. (Berengier, Picaut, 2008).

Spowalniacze

Powszechną i skutecznie stosowaną metodą ograniczenia prędkości są spowalniacze w formie szerokiej poduszki lub węższego wału. Zarówno ich wyniesienie nad poziom jezdni, jak i racjonalne rozmieszczenie jest istotne z punktu widzenia emisji hałasu. Zbyt duży dystans pomiędzy nimi może prowokować kierowcę do przyspieszania.

Podsumowanie

Istnieje wiele sposobów wpływania na poziom hałasu w terenach zurbanizowanych. Są one mniej lub bardziej kosztowne. Mogą mieć charakter rozwiązań prawnych, edukacyjnych, technicznych bądź organizacyjnych. Część z nich jest stosunkowo łatwa do zastosowania. Dotyczy to głównie rozwiązań z grupy zarządzania przepływem pojazdów związanych z ograniczeniami w ruchu pojazdów. Z drugiej strony, tego typu działania mogą budzić po-

ważny sprzeciw wybranych grup użytkowników dróg, którzy mogą je uznać jako ograniczanie ich swobód nabytych.

Analizując całościowo zyski ze stosowanych rozwiązań, można stwierdzić, że ich sumaryczny efekt mógłby teoretycznie doprowadzić do obniżenia poziomu hałasu nawet o 30 dB, co pokazuje poniższe zestawienie. Nie jest jednak możliwe zastosowanie tych rozwiązań w sposób globalny i jednoczesny. Możliwości jednak działań mających na celu poprawę klimatu akustycznego w miastach są znaczne i zależą głównie od chęci i dobrej woli a także profesjonalizmu kadry zarządzającej przestrzenią miejską

rodzaj rozwiązania	wielkość obniżenia poziomu hałasu
rozwiązania o charakterze urbanistyczno-architektonicznym...	do 7 dB
porowata nawierzchnia jezdni.....	do 5dB
redukcja liczby pojazdów o 50%.....	3 dB
redukcja liczby pojazdów o 75%.....	6 dB
zielona fala.....	1 dB (-4+3)
ronda.....	do 4 dB
szlaki drogowe.....	do 3 dB
edukacja społeczeństwa.....	całościowo trudno oszacować w decybelach np. unikanie przy- spieszenia prędkości 5÷7 dB
sumarycznie....	do ~ 30 dB

Abstract

European Commission, caring for living conditions in the cities, has 2002 introduced a directive (2002/49/EC) relating to the management of noise in European urban areas. The directive forced the Member States to undertake activities, reducing existing and anticipated risks caused by excessive level of noise. On basis of own original research and studies conducted in leading European centers, the classification of these action and their methods, as well possibilities to reach planned results, were analyzed.

Literatura:

- [1] Berengier M., Picaut J. 2008. *Methods for noise control by traffic management: Impact of speed reducing equipments*. SILENCE project, deliverable H. R2. www.silence-ip.org, s. 25
- [2] Kloth M., Vancluysen K., Clement F., Ellebjerg L. and other SILENCE partners. 2008. *Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans, Recommendations from the SILENCE project*, 6 FP, Bruksela, s. 128
- [3] LÄRMKONTOR GmbH, BPW Hamburg, Konsalt GmbH, 2004. *PULS-Praxisorientierter Umgang mit Lärm in der räumlichen Planung und im Städtebau. Handbuch zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Umweltbundesamtes Minderung des Lärms und seiner Auswirkungen in der raumbezogenen Planung und im Städtebau*. Hamburg. www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3028.pdf, s. 79
- [4] Lebedowska B. 2010. *Outdoor Noise Modelling*, Monograph. Oficyna Wydawnicza WSEiZ, Warszawa, s. 101
- [5] Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002. *Inwenty of noise mitigation methods*. The European Commission, Directorate-General: Environment. Bruksela, s. 46

Zdzisław TRZASKA

PERSPEKTYWA WZROSTU ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ Z POJAZDAMI ELEKTRYCZNYMI – POTRZEBA ROZWOJU STACJI ŁADOWANIA

Wstęp

Współczesne wymagania zarówno ekonomiczno-technologiczne, jak i co do ochrony środowiska naturalnego znacząco zmieniają oblicze ruchu w metropoliach wielu krajów na całym świecie. W świetle wzrostu intensywności korzystania z samochodów i innych środków transportu publicznego, a także coraz bardziej zatłoczonych arterii komunikacyjnych, pilną potrzebą staje się podjęcie dodatkowych kroków w celu jeszcze większego zmniejszenia emisji szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego. W rozwiniętych gospodarczo i cywilizacyjnie krajach świata uznano ostatnio, że czas obecnego kryzysu finansowego jest najlepszą okazją, aby rozpocząć rewolucję w motoryzacji. Silniki spalinowe są głównymi sprawcami zanieczyszczenia powietrza na obszarach miejskich. Ilość spalnego paliwa przez silnik samochodu głównie decyduje o emisji CO₂. W grudniu 2010 r. europarlament przyjął przepisy w celu ograniczenia emisji CO₂ przez nowe samochody. Zgodnie z tym prawem od 2012 r. dwie trzecie samochodów sprzedawanych w salonach UE ma emitować nie więcej niż 130 g CO₂/km, a już w 2015 r. norma ta będzie obejmować wszystkie nowe samochody sprzedawane w UE. Redukcja emisji o 10 g CO₂/km, która jest gwarantowana przez opony o niskim oporze toczenia i szersze niż dotychczas wykorzystanie biopaliw, spowoduje potrzebę wprowadzenia innowacyjnych rozwiązań dla transportu miejskiego. A do 2020 r. średni poziom emisji CO₂ przez samochody sprzedawane w UE powinien zmniejszyć się do 95 g CO₂/km. Niespełniające nowych norm firmy zostaną obłożone drakońskimi karami – do 95 euro za gram CO₂ ponad limit, w odniesieniu do każdego samochodu wprowadzonego do sprzedaży w krajach Unii Europejskiej.

Ograniczenie emisji CO₂ przez pojazdy i zmniejszenie zużycia paliwa będą skutecznymi środkami w zakresie poprawy jakości powietrza w aglomeracjach miejskich. W przyszłości, wobec groźby niedoboru paliw kopalnych, jak również narastających problemów środowiskowych związanych z ich powszechnym stosowaniem, najbardziej prawdopodobnym rozwiązaniem staje się szerokie wykorzystanie pojazdów elektrycznych (PE) [Emadi i wsp., 2005], [Stockar i wsp., 2011].

Ponieważ emisja CO₂ zależy przede wszystkim od ilości spalonego paliwa przez silnik samochodu, to te nowe regulacje prawne zmuszają przedsiębiorstwa do konstrukcji odpowiednio oszczędnych samochodów. Do salonów w Europie już teraz trafiają i wkrótce staną się powszechniejsze nowe modele pojazdów, które spalają od 15 do 30 procent paliwa mniej niż ich poprzednicy. Ale to nie wystarczy. Aby spełnić wymogi UE, firmy muszą wprowadzać masowo produkowane samochody napędzane silnikami elektrycznymi i hybrydowymi. Bardziej rygorystyczne wymagania dotyczące zużycia paliwa w nowych samochodach ogłosił wiosną 2011 r. również rząd USA i zgodnie z nimi w 2016 r. samochody wprowadzane do salonów w Stanach Zjednoczonych nie mogą zużywać średnio więcej niż 6,6 litrów benzyny na 100 kilometrów, podczas gdy teraz norma ta wynosi 9,4 l/100 km. Z tego względu nawet w przemyśle samochodowym USA przedmiotowe korporacje będą miały trudności ze spełnieniem tych warunków, jeśli nie postawią na produkcję w pełni elektrycznych pojazdów (PE) i pojazdów z napędem hybrydowym (HPE).

Ponieważ elektryczne silniki trakcyjne zapewniają szybkie przyspieszenie, a silnik spalinowy (SS) działa nadzwyczajnie dobrze przy stałych prędkościach, to technologia HPE pozwala pojazdowi czerpać korzyści z obu źródeł napędu równocześnie. Obecnie istnieją trzy istotne rodzaje pojazdów elektrycznych przygotowane do uruchomienia masowej produkcji i wprowadzenia na rynki: w pełni pojazdy elektryczne, pojazdy elektryczne z ogniwami paliwowymi i hybrydowe pojazdy elektryczne. Pojazdy elektryczne, wyposażone w baterie z ogniw elektrycznych i z ogniwami paliwowymi napędzane są tylko energią elektryczną, podczas gdy obecnie dostępne HPE do napędu stosują również silniki spalinowe. Ponieważ w takich pojazdach wymagane jest zastosowanie baterii o dużej pojemności magazynowania energii, a duże obciążenie elektryczne wymusza konieczność odpowiedniego ich doładowywania, to powszechne wdrożenie tej koncepcji będzie prowokować znaczący wpływ na proces projektowania elektrycznych systemów zasilania i ich funkcjonowania, ale umożliwi również uzyskanie korzyści podczas ich użytkowania wskutek braku zanieczyszczeń powodowanych źródłami energii. Oczekuje się, że z powodu działalności tej nowej „zielonej” branży mogą być uzyskane znaczne korzyści ekonomiczne i będzie to stanowić istotny impuls dla całej gospodarki kraju, jak również przyspieszenie wdrożenia nowych rozwiązań wskutek korzystnych decyzji polityków [Caramanis i Foster, 2009].

W metropolitarnych/miejskich obszarach dla poprawy w zakresie ogólnego zużycie paliwa, ograniczenia emisji i zwiększenia przepustowości ruchu, bez zwiększania kosztów funkcjonowania systemu, co umożliwiają dodatkowe trasy do obszarów, gdzie takie rozwiązania są najbardziej potrzebne, niezbędne i konieczne jest zbadanie wykonalności niekonfliktowego wykorzystania odpowiedniej liczby pojazdów elektrycznych i HPE. Jednak koncepcja ta będzie prowokować znaczące wpływy na projektowanie elektrycznych systemów zasilania i funkcjonowania, ale umożliwi również korzyści płynące z możliwości zaspokojenia szczytowych potrzeb poboru energii elektrycznej zmagazynowanej w bateriach elektrycznych pojazdów bez groźby zanieczyszczeń jej zasobów [Johnson i Chertkov, 2010], [PECA Lopes i wsp., 2011].

Obecnie system energetyczny jest niezawodny i ściśle kontrolowany, ale często dostawy energii odbiorcom są zagrożone z powodu awarii kaskadowych. Jego efektywność i wykorzystanie dostępnych zasobów energetycznych są raczej ubogie. Scentralizowany system charakteryzuje się w najlepszym razie 35% skutecznością, wskutek strat w liniach przesyłowych i w transformatorach, a także z powodu emisji ciepła z urządzeń do atmosfery. Zadanie około 20% zainstalowanej mocy wytwórczych związane jest z największym zapotrzebowaniem na energię tylko w ciągu 5% czasu ich funkcjonowania. Problemy te są potęgowane przez pilną potrzebę udziału odnawialnych źródeł energii ze względu na zwiększenie możliwości ich wykorzystania zarówno w zakresie wytwarzania, jak i konsumpcji. Z tego punktu widzenia PE jawią się jako jedna z interesujących, spośród potencjalnych możliwości magazynowania energii w całym systemie energetycznym, a w szczególności jako mobilne odbiorniki energii elektrycznej. Tak więc, aby mobilność energii elektrycznej uczynić realistyczną a integrację PE z siecią elektroenergetyczną efektywną, niezbędne są zarówno energooszczędne infrastruktury punktów ładowania oraz systemy kontroli, jak również bezpośrednia komunikacja w strukturze ich działania [Ciccarelli i Toossi, 2002], [Wieder i Filipa, 2010].

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań wpływu procesów fizycznych oraz ich skutków, które są powodowane przez sieci dystrybucji energii z infrastruktury i zużycie energii przez samochody elektryczne i HPE w ruchu metropolitalnym/miejskim. Nacisk położono na opis nowych metod, które biorą pod uwagę minimalne straty energii w sieci, jak również jej minimalną długość. Następny rozdział poświęcony jest prezentacji ilościowych wyników dla PE i HPE stosowanych w obszarach metropolitalnych. Rozdział 3 przedstawia wyniki symulacji komputerowej zapewniające uzyskanie zmniejszenia oporów ładowania sieci i ich możliwych struktur. Dyskusja i opinia o ustalonych faktach oraz wnioski są zawarte w rozdziale 4.

Podstawy Zagadnienia ogólne

Identyfikowany aktualnie wzrost intensywności korzystania z samochodów i innych pojazdów transportu publicznego, jak również coraz większe zatłoczenie arterii komunikacyjnych w dużych miastach wywołują potrzebę wprowadzenia dodatkowych skutecznych środków zaradczych, które są niezbędne w celu dalszej redukcji emisji szkodliwych substancji i znaczącej poprawy jakości metropolitalnego transportu. Przemysł samochodowy oferuje wyjątkowe rozwiązania dla wdrażania innowacyjnych technologii na rzecz czystsze- go środowiska i stopniowe zerwanie więzi z głównym dotąd nurtem energetycznych surowców kopalnych do napędzania silników spalinowych. Grożący w stosunkowo bliskiej przyszłości niedobór paliw kopalnych, jak również narastanie niekorzystnych problemów, środowiskowych związanych z ich szerokim stosowaniem, będą mogły być rozwiązane korzystnie najprawdopodobniej poprzez szerokie wykorzystanie pojazdów elektrycznych i HPE jako najbardziej popularnych środków transportu w metropolii. Długofalowy cel planowanych działań administracji miejskiej powinien być nakierowany na badania możliwości wykorzystania małych i średnich wielkości pojazdów elektrycznych i HPE w obrębie obszarów metropolii/miast. Ten wysiłek musi gwarantować dalsze ograniczenia w stosunku do ogólnego zużycia paliwa, ograniczenia szkodliwych emisji i zwiększenia sprawności bez zwiększania kosztów funkcjonowania systemu – co umożliwi powstanie dodatkowych tras do obszarów, gdzie takie usługi są najbardziej potrzebne [Chan, 2007], [Chan i Chan, 2007], [Gharavi i Ghafurian, 2011].

Aby dokładnie ocenić wpływ tego nowego rozwiązania, kilka scenariuszy wdrażania powinno zostać poddanych analizie z uwzględnieniem wielu zmiennych, takich jak: typ pojazdów (flota pojazdów lub indywidualne), zastosowana technologia (elektryczny, hybrydowy lub ogniwa paliwowe), zachowanie właścicieli, wzorce zachowań, miejsca, gdzie samochody są parkowane i podłączone do sieci, typ połączenia pomiędzy PE i systemem energetycznym, a także architektura sterowania siecią.

Wady i zalety pojazdów elektrycznych i HPE są ogólnie znane i akceptowane. Wdrożenie PE jest w stanie pomóc środowisku poprzez wyeliminowanie emisji spalin i całkowite zmniejszenie uzależnienia od paliw ropopochodnych. Jednakże wady w postaci ograniczonego zasięgu jazdy i zwiększenia masy pojazdu mogą być przyczyną ograniczenia ich zastosowań profesjonalnych. Zastosowanie hybrydowych pojazdów może rozwiązać wiele problemów nękających czysto elektryczne pojazdy, takie jak krótki zasięg i nadmierny ciężar, koszt baterii i czas ich działania. Produkcja HPE na skalę handlową została już uruchomiona w Japonii i wkrótce takie pojazdy powinny być promowane w krajach UE i na rynkach USA.

PE są napędzane tylko dzięki energii elektrycznej dostarczanej z baterii i ogniw paliwowych, podczas gdy obecnie dostępne HPE wyposażone są także w silnik spalinowy. Ponieważ pojazdy te wymagają stosowania również autonomicznego elektrycznego źródła energii, np. baterii elektrochemicznej, z dużą zdolnością magazynowania energii i o dużym obciążeniu wymaganym podczas elektrycznego ładowania, to na dużą skalę wdrożenie tej koncepcji, jak się powszechnie uważa, jest w stanie wywołać nie tylko określone skutki już na samym etapie projektowania elektrycznych systemów zasilania i ich funkcjonowania, ale umożliwi również uzyskanie korzyści z ich wykorzystania jako zasobników energii bez wprowadzania zanieczyszczeń środowiska naturalnego.

Przegląd technologii pojazdów elektrycznych

W ostatnim dziesięcioleciu staje się coraz bardziej widoczne, że technologia PE zyskuje większe znaczenie w dziedzinie zarówno wojskowych, jak i cywilnych pojazdów. Mimo, że ich koszty są większe, to przeważa lepsza ich efektywność energetyczna, mniejsza jest też ich szkodliwa emisja, łatwiejsze hamowanie i cichsza jazda. Dlatego też w przyszłości

zdobędą one przewagę nad pojazdami konwencjonalnymi. W ogóle pojazdy elektryczne to samochody elektryczne, pociągi elektryczne, elektryczne samochody ciężarowe, elektryczne samoloty, łodzie elektryczne, elektryczne motocykle i kosmiczne skutery elektryczne. PE może współpracować z wieloma różnymi źródłami energii, które można osobno lub jednocześnie wykorzystywać do napędzania takich pojazdów. Ogólnie rzecz biorąc, silniki elektryczne stosowane w PE są zasilane energią elektryczną pochodzącą z wielu różnych źródeł, w tym z baterii elektrochemicznych, z ogniw paliwowych, z ogniw fotowoltaicznych lub też z bezwładników (kół zamachowych). Różne konwertery energii są również wykorzystywane w takich pojazdach [Wenge i wsp., 2010].

Najważniejszym pożytkiem publicznym ze stosowania pojazdów elektrycznych jest redukcja emisji gazów cieplarnianych (EGC). Transport miejski jest odpowiedzialny za 66% emisji cząstek stałych i 42% emisji NO_x w obszarach metropolitalnych. Badania pokazują, że każdy PE, wypierając tradycyjny samochód, powoduje redukcję emisji około 1,5 tony CO_2 rocznie, w porównaniu do konwencjonalnych pojazdów. Stanowi to 62% redukcję w porównaniu do samochodu z silnikiem benzynowym, a 53% redukcję w porównaniu do samochodu z silnikiem Diesla. Emisja z rury wydechowej pojazdu obejmuje węglowodory (HC), tlenki azotu (NO_x), tlenek węgla (CO), pył zawieszony (PM), formaldehydy (HCHO), itp. PE generują znacznie mniej emisji – w większości przypadków jest ona bliska zeru – w porównaniu do nagminnie stosowanych pojazdów z silnikiem spalinowym (PSS).

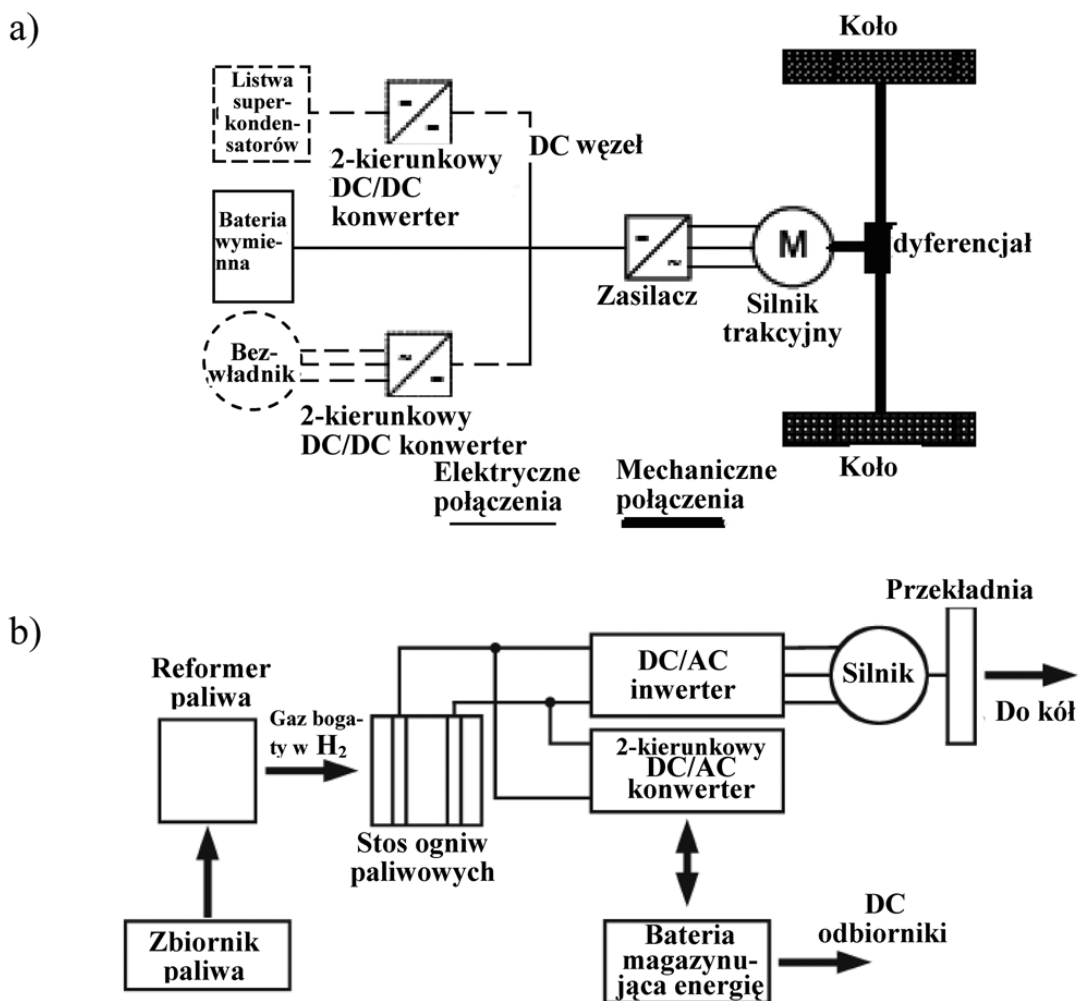
Wynika z tego, że zalety pojazdów elektrycznych można określić następująco:

- (i) zerowa emisja,
- (ii) stymulowane przyspieszenie,
- (iii) przytłaczająca cisza,
- (iv) zasięg jazdy wystarczający do codziennych potrzeb,
- (v) wsparcie technologii informatycznych (TI).

Pojazdy wyposażone jedynie w napęd elektryczny są całkowicie zasilane przez baterie (np. akumulatory kwasowo-ołowiowe, baterie niklowo-kadmowe, akumulatory niklowo-wodorkowe i litowo-jonowe) zapewniające źródło mocy samochodów. Moc zapewniana przez akumulator jest przenoszona do silnika elektrycznego zamontowanego w samochodzie, który napędza koła pojazdu. Ponieważ PE używa tylko baterii elektrycznej do zasilania energetycznego, to w konsekwencji muszą mieć możliwość uzupełnienia energii przez podłączenie do gniazda elektrycznego. Jednak, dotyczy to także wariantów PE, które mogą pokonywać duże odległości, również ten sam silnik elektryczny może służyć jako generator zapewniający dodatkowe źródło energii elektrycznej dla doładowania baterii (odzysk energii podczas hamowania).

Istnieją trzy główne typy pojazdów elektrycznych, tzn. te, które są bezpośrednio zasilane z zewnętrznego punktu ładowania, te, które są zasilane ze zmagazynowanej energii elektrycznej pochodzącej z zewnętrznego źródła zasilania, oraz te, które są zasilane przez wewnętrzny generator elektryczny, który jest napędzany silnikiem spalinowym (HPE) lub z ogniwa paliwowego (rys. 1). Pojazdy napędzane ogniwami paliwowymi są często wyposażone w baterię elektrochemiczną lub superkondensator, które dostarczają moc szczytową przyspieszenia i pozwalają zmniejszyć wielkość i moc ogniwa paliwowego (a tym samym jego koszt), co jest także skuteczne w hybrydowej konfiguracji pojazdu. W ogniwie paliwowym energia elektryczna jest wytwarzana przez reakcje elektrochemiczne i stanowi główne źródło energii podczas jazdy samochodem [Caramanis i Foster, 2009]. Warto zauważyć, że silniki elektryczne są mechanicznie bardzo proste i często osiągają 90% sprawności przemiany energii w całym zakresie prędkości i siły, a ponadto mogą być dokładnie kontrolowane. Mogą być również połączone z regeneracją układów hamulcowych, które mają zdolność do konwersji energii ruchu z powrotem do wytwarzania i magazynowania energii elektrycznej. To może być użyte do zmniejszenia zużycia układów hamulcowych (i w konsekwencji ograniczenia pyłu z klocków hamulcowych) i zmniejszenie całkowitego zapotrzebowania na energię

w podróży. Hamowanie regeneracyjne jest szczególnie skuteczne w przypadku cyklu „start-i-stop” w jeździe po mieście. Co więcej, elektryczne silniki mogą być precyzyjnie kontrolowane i zapewniają wysoki moment obrotowy przy starcie, w przeciwieństwie do silników spalinowych, i nie trzeba montować wielu przekładni do uzyskania prawidłowej charakterystyki mocy. To eliminuje potrzebę instalowania skrzyni biegów i przemienników momentu obrotowego. Pojazdy napędzane silnikami elektrycznymi wytwarzają zazwyczaj znacznie mniej hałasu niż pojazdy z silnikami spalinowymi, zarówno gdy są w stanie spoczynku jak i w ruchu. Pojazdy elektryczne nie emitują CO₂ z rury wydechowej i innych szkodliwych zanieczyszczeń, takich jak NO_x, NMHC, CO i PM w miejscu użytkowania. Pojazdy elektryczne nie wydają prawie żadnych zanieczyszczeń w miejscu, gdzie są eksploatowane. Ponadto, na ogół łatwiejsze jest zbudowanie systemów kontroli zanieczyszczeń dla scentralizowanej elektrowni niż modernizacja ogromnej liczby samochodów z silnikami spalinowymi.

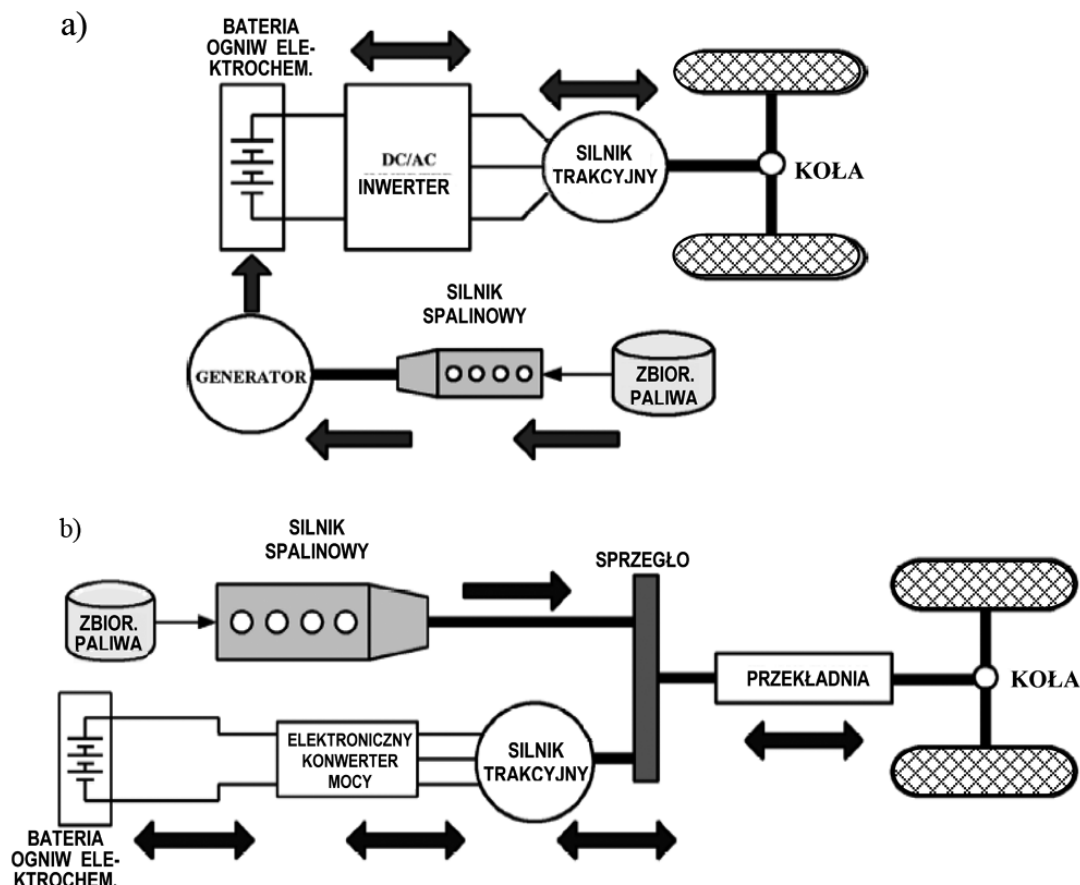


Rys. 1. Systemy zasilania PE w energię:
a) superkondensator i koło zamachowe, b) ogniwo paliwowe

Przegląd technologii pojazdów hybrydowych

W konwencjonalnym silniku spalinowym w tradycyjnych pojazdach (PSS) napęd używany jest w efekcie spalania określonego paliwa (pochodzącego zazwyczaj z paliw kopalnych, takich jak benzyna). Istnieje wiele wariantów zawartych w kontinuum pomiędzy tradycyjnym PSS i klasycznym PE. Warto podkreślić, że ze względu na większą wydajność silników elektrycznych w porównaniu do silników spalinowych nawet wtedy, gdy energia elektryczna wykorzystywana do ładowania pojazdów elektrycznych pochodzi

ze źródła z emisją CO₂, takich jak węgiel lub gaz w elektrowniach ciepłych, to netto emisja CO₂ wytworzona przez PE jest zazwyczaj między połową a jedną trzecią w porównaniu z pojazdem o silniku spalinowym. Użycie obu jednocześnie, tzn. silnika spalinowego i silnika elektrycznego, doprowadziło do budowy hybrydowych pojazdów elektrycznych (HPE). Dwa często spotykane systemy operacyjne stosowane w HPE są schematycznie przedstawione na rys. 2.



Rys. 2. Podstawowe schematy pojazdów hybrydowych:
a) układ szeregowy, b) układ równoległy

Ogólnie rzecz ujmując, hybrydowy pojazd jest wyposażony w wiele różnych źródeł energii, które można osobno lub jednocześnie wykorzystywać do napędzania pojazdu. Najbardziej obiecującym pojazdem hybrydowym jest dziś hybrydowy pojazd elektryczny napędzany za pomocą energii z baterii elektrochemicznej i z silnika spalinowego. Taka konstrukcja pojazdu sprawia, że cechuje się on najlepszym wykorzystaniem istniejących technologii poprzez zapewnienie korzyści zarówno pojazdów elektrycznych, jak i tradycyjnych, jednocześnie minimalizując wady każdego z nich. Hybrydowe pojazdy elektryczne wytwarzają zdecydowanie niższe emisje poprzez wykorzystanie pracy w zakresach działania z największą efektywnością spalania, a w pozostałych zakresach, przynajmniej częściowo w stanach przejściowych, jest czas na napęd elektryczny. Ponadto HPE zapewnia możliwość znacznego ograniczenia zużycia paliwa i jednocześnie spełniając inne ograniczenia, stanowi znaczący potencjał w zakresie zredukowania zużycia paliwa z równoczesnym spełnianiem ograniczeń przyjętych dla ochrony środowiska naturalnego. Taki HPE, jak popularny Toyota Prius, ma zarówno tradycyjny silnik spalinowy, jak i mały silnik elektryczny, które mogą działać równolegle. Bateria pojazdu jest doładowywana poprzez hamowanie regeneracyjne i może zasilac pojazd na odległość około 60 km. Dla HPE zazwyczaj głównym źródłem energii jest SS, podczas gdy akumulator jest używany jako dodatkowe źródło [Chan, 2007], [Chan i Chan, 2007].

W trybie hybrydowym pracy silnik elektryczny jest używany do uruchamiania i napędu tylko energią z akumulatora, a silnik spalinowy jest całkowicie zatrzymany. W czystym trybie elektrycznym typowy silnik elektryczny ma do pokonywania odległości rzędu 20 km, a energia wytwarzana podczas hamowania stanowi energię odzyskaną, która magazynowana jest w postaci energii elektrycznej. Tryb PE jazdy z prędkością maksymalną zależy od budowy HPE, ale zwykle może nie być czymś więcej niż 100 km/h. Kiedy później pojawia się potrzeba, aby osiągnąć prędkość 100 kilometrów na godzinę, wówczas zainstalowany na pokładzie system automatycznie zmienia się z trybu elektrycznego napędu na hybrydowy tryb jazdy i silnik spalinowy jest w stanie napędu pojazdu. Ale gdy bateria nie jest naładowana, może być doładowana przez zewnętrzny zasilacz sieciowy, zasilacz 200 V, i około 100 minut wystarczy do zakończenia ładowania. W takich przypadkach hybrydowych instalacji pojazdu elektrycznego odpowiedni system zasilania doładowuje baterię.

W trybie jazdy zrealizowanej całkowicie na energii elektrycznej procedura „eXtended Range” jest stosowana, a to może „zwiększyć przebieg drogi z” pojazdów elektrycznych. Warto zauważyć, że w systemie ładowania przez „podłącz-wtyczkę” dla HPE różnicą jest to, że silniki tego typu pojazdów są niewielkie i służą tylko do zasilania generatora w celu zapewnienia mocy ładowania, ale nie są bezpośrednio zaangażowane w napędzanie pojazdu. Ogólnie rzecz biorąc, HPE mogą być używane w różnych trybach. Pojazdy hybrydowe działające w systemie szeregowym są podobne do czysto elektrycznych pojazdów, z wyjątkiem tego, że szeregowe pojazdy hybrydowe wyposażone są w układ z pokładowym generatorem. Silnik spalinowy służy do zasilania generatora wytwarzającego energię elektryczną, która jest następnie wykorzystywana do zasilania silnika napędu elektrycznego lub do ładowania baterii. Silnik spalinowy jest zwykle wymiarowany do pokonania obciążenia wywołanego równomierną jazdą z dużą prędkością. Silnik elektryczny jest przystosowany do uzyskiwania szybkiego przyspieszenia pojazdu i do pokonywania obciążenia wywołanego wzniesieniami. Szeregowa konfiguracja hybrydowego pojazdu realizowana jest stosunkowo prostym połączeniem silnika elektrycznego z bezpośrednim napędem na koła. W większości przypadków wiele przekładni do transmisji momentów nie jest wymaganych ze względu na korzystne właściwości momentu obrotowego i prędkości silników elektrycznych [Stockar i wsp., 2011].

Pojazd może być eksploatowany, w określonym przedziale czasu, jako zero-emisyjny pojazd (ZEP), zasilając się tylko z baterii. Pełna moc pojazdu jest również dostępna podczas pracy jako ZEP, jeśli jego akumulatory są dostosowane wielkością dla zapewnienia mu pełnej mocy. W celu zapewnienia zasilania HPE może być wykorzystywane sprężone powietrze z kompresora benzynowego. Do tej pory brak jest doniesień i opisów, że zostały opracowane lub wykonane HPE w zintegrowaniu z ogniwami fotowoltaicznymi, stanowiącymi sposób na wydłużenie odległości pokonywanej takim samochodem napędzanym samym silnikiem elektrycznym lub jako sposób, aby pomóc utrzymać baterie w stanie naładowania lub do ich ładowania, gdy samochód jest zaparkowany, czy też gdy stoi on na światłach drogowych. Należy oczekiwać, że wraz z pojawieniem się cienkowarstwowych ogniw fotowoltaicznych koszt ich integracji w HPE może stać się nieistotny w produkcji masowej. Ponieważ jednak pojazd ma na pokładzie generator, decydując się na takie rozwiązanie możemy zaprojektować mniejszą baterię, co z kolei pozwala zaoszczędzić na kosztach i zmniejszyć wagę w porównaniu z elektrycznym pojazdem. W takim przypadku moc silnika powinna być dostosowana do wymagań zdeterminowanych warunkami szczytowego obciążenia. Bardzo niekorzystną sytuacją w konfiguracji szeregowej jest to, że cała energia musi być przesyłana za pośrednictwem generatora do silnika napędowego. Ze względu na niedostatki w efektywności tych dwóch składników, część mocy z zasilania jest tracona, przy czym nie jest ona tracona w konstrukcji pojazdu, jeżeli moc mechaniczna silnika jest bezpośrednio przenoszona do kół. Inną wadą w konfiguracji szeregowej jest to, że są wymagane zarówno silnik elektryczny, jak i generator, co zwykle prowadzi do cięższych i droższych pojazdów, w porównaniu do konfiguracji równoległej. W równoległej hybrydzie, zarówno silnik spalinowy, jak i silnik elektryczny są mechanicznie połączone

z kołami napędowymi. Tak więc zarówno silnik spalinowy, jak i silnik elektryczny mogą dostarczyć moc do przednich kół jednocześnie lub silnik elektryczny może być używany jako generator do ładowania baterii. Ponieważ silnik spalinowy musi być zdolny do ładowania akumulatorów, jak również do napędu pojazdu przy prędkościach rejsowych, jest on większy, a silnik elektryczny jest mniejszy w porównaniu z konfiguracją konstrukcji szeregowej dla pojazdu o podobnej wielkości. Silnik spalinowy jest dostosowany wielkością do obciążeń przy średnich i dużych prędkościach jazdy i zwykle zapewnia nieco lepszą ekonomię zużycia paliwa przy jeździe autostradą w porównaniu do konfiguracji szeregowej. W konfiguracji równoległej może być również używany jako ZEP na ograniczony przedział czasu. Ponieważ jednak silnik spalinowy musi być dostosowany do pełnej mocy pojazdu, to pełna moc pojazdu nie jest osiągalna jako ZEP w równoległym systemie napędu hybrydowego. Wadą równoległej konfiguracji jest to, że bezpośrednie połączenie silnika spalinowego oraz silnika elektrycznego z kołami napędowymi często wymaga drogich i skomplikowanych przekładni transmisyjnych. Ponadto ponieważ silnik spalinowy musi pracować w szerokim zakresie prędkości i obciążeń, to nie może on działać z optymalną wydajnością lub minimalną emisją przez cały czas, jak to jest w przypadku konfiguracji szeregowej. W równoległym systemie pojazdu hybrydowego, ogólnie biorąc, silnik elektryczny jest wykorzystywany tylko przy małych prędkościach i przy starcie oraz zatrzymywaniu. Jeśli potrzebna jest dodatkowa moc, to wyrafinowana kombinacja obu silników jest stosowana, zarówno silnika trakcyjnego, jak i silnika spalinowego. Takie rozwiązanie wykorzystuje zalety silnika elektrycznego oraz spalinowego i łączy je w układ tworzący bardziej oszczędne pojazdy [Trzaska, 2009].

Infrastruktura ładowania

Elektryfikacja pojazdów stworzyła kilka problemów w różnych obszarach badań, które wymagają rozsądnego podejścia do ich rozwiązania. Oprócz badań odniesionych do konstrukcji pojazdów, takich jak rodzaj baterii trakcyjnych i energoelektronika, wybór systemu ładowania pojazdu elektrycznego odgrywa ważną rolę i potrzebne są dalsze takie badania w dziedzinie ładowania PE, aby wybrać punkty ładowania, monitorowanie potrzeb energetycznych PE i samą kontrolę ich ładowania. Ponadto integracja PE jako mobilnych zasobników energii dla sieci elektrycznej wymaga odpowiedniej struktury kontroli i ujednoliconych regulacji prawnych. Konieczność nowych regulacji w zakresie energii spowodowana jest zwiększeniem udziału energii ze źródeł odnawialnych i jej zużycia przez PE i HPE [Caramanis i Foster, 2009].

Występujące w naturze zasoby energii, szczególnie energii wiatru, szybko nadają nowym technologiom generacji pierwszoplanowe znaczenie na całym świecie. Ze względu na wysoką zmienność w czasie i ograniczoną przewidywalność zdolności generacyjnej, integracja tych nowych środków stawia wielkie wyzwania aktualnym działaniom i planowaniu praktycznemu. Konieczność rozwoju skutecznych systemów magazynowania energii jest spowodowana zwiększeniem udziału energii odnawialnej i jej spożycia w odpowiedniej proporcji. Z punktu widzenia magazynowania energii, a potem jej zużycia PE pojawiają się jako jedna z ciekawych możliwości przechowywania energii i jej odzyskiwania w sieci energetycznej, a w szczególności jako mobilne odbiorniki-zasobniki energii elektrycznej. HPE działające w systemie „włącz-wtyczkę” i wyposażone w SS oraz silniki elektryczne działające w systemie równoległym muszą być podłączone do elektrycznego gniazda przeznaczanego do ładowania akumulatora. Podczas postoju w podłączeniu do sieci energetycznej PE zaabsorbują energię i będą ją przechowywać, a w odpowiednich warunkach będą również w stanie dostarczyć tę energię elektryczną z powrotem do sieci [Hodge i wsp., 2011].

Aby mobilność energii elektrycznej uczynić realistyczną, a integracja PE z siecią była efektywna, potrzebne są energooszczędne infrastruktury punktów ładowania i kontroli, jak również systemy telekomunikacyjne. W celu uczynienia efektywnym procesu ładowania z odnawialnych źródeł energii lub do nadania odpowiedniej rangi zużyciu energii poza go-

dzinami szczytu w sieci energetycznej kontrolowane metody ładowania PE są niezbędne. Obecnie elektryczne pojazdy są ładowane zazwyczaj z tradycyjnych gniazd zasilania lub na wyodrębnionych stacjach ładowania, a taki proces trwa zwykle godziny, ale można to zrobić z dnia na dzień, co często zapewnia stan naładowania, który jest wystarczający do normalnego codziennego użytkowania PE. W rzeczywistości PE i HPE mogą być podłączone do sieci elektroenergetycznych z różnych wtyczek zasilania. Zazwyczaj wspólne ~230 V gniazdo służy do tego celu. Jak dotąd nie ma standaryzacji pojazdów elektrycznych. Jednak wraz z coraz powszechniejszym wprowadzaniem pojazdów elektrycznych do transportu w dużych miastach, użytkownicy pojazdów elektrycznych mogą je doładować podczas postoju samochodu, gdy są w pracy, i pozostawić je do ładowania nawet przez cały dzień, rozszerzając w ten sposób zasięg przejazdów oraz eliminując lęk wynikający z jego ograniczeń [Wenge i wsp., 2010].

Ostatnio większość rozwiązań ładowania skupia się na prędkości ładowania za pomocą systemu z kontaktem przewodzącym, a nie na bezpieczeństwie, wygodzie i łatwości korzystania z ładowania indukcyjnego. Jednym z proponowanych rozwiązań do codziennego ładowania jest znormalizowany system ładowania indukcyjnego, taki jak „Moc bez wtyczki” firmy Evatran. Korzyściami są wygoda z parkingu nad stacją ładowania i zminimalizowane okablowanie bez infrastruktury połączeń (rys. 4). Dzięki obecnej technologii indukcyjnego ładowania można spodziewać się strat w wydajności rzędu 8–13% [Chan, 2007]. Ponieważ pojazdy elektryczne mogą być podłączone do sieci elektrycznej, gdy nie są używane, to istnieje potencjał w pojazdach zasilanych z akumulatorów, który może być wykorzystany do wyrównania w okresach szczytu zapotrzebowania na energię elektryczną przez jej dostarczanie do sieci z ich baterii (podobnie jak stosowanie klimatyzacji w połowie popołudnia), robiąc większość ich ładowania w nocy, kiedy są niewykorzystywane zdolności wytwórcze systemu elektroenergetycznego. Pojazdy te w połączeniu z siecią stanowią przyczynę zmniejszenia zapotrzebowania na nowe elektrownie [Caramanis i Foster, 2009].

Ponadto obecna krajowa infrastruktura elektryczna musi być zdolna do zagospodarowania energii wytwarzanej przez tzw. niespokojne źródła energii, jakimi są elektrownie wiatrowe i słoneczne panele fotowoltaiczne. Zmienność w wytwarzaniu energii przez takie źródła może być kompensowana przez dostosowanie prędkości, z jaką baterie PE są ładowane lub nawet rozładowywane. Niektóre koncepcje opierają się na wymianie baterii na stacjach ładowania, podobnie do dotychczasowych stacji gazowo-benzynowych. Jest oczywiste, że będą one wymagały ogromnego potencjału magazynowania i ładowania, który może być manipulowany odpowiednio do zmiany obciążenia oraz mocy w okresach niedoboru, tak jak dieslowskie generatory prądu wykorzystywane są na krótkie okresy w celu stabilizacji niektórych krajowych sieci elektroenergetycznych. Jednak dzisiejsze sieci przesyłowe wysokiego napięcia są niezawodne i dokładnie kontrolowane, ale ulegają kaskadowym awariom, jak również wprowadzają pogorszenie jakości energii dostarczanej konsumentom. Ich efektywność i wykorzystanie różnorodnych zasobów energii są również słabe. Na całym świecie przyjęte szacunki ujawniają, że centralne systemy są w najlepszym razie skuteczne w 35%, ponieważ linie i transformatory są źródłami straty ciepła i jego emisji do atmosfery. Ponadto około 20% zdolności generacyjnej istnieje tylko do zaspokajania największego zapotrzebowania trwającego 5% czasu ich działania. Te problemy stają się intensywniejsze wraz ze zwiększoną penetracją źródeł energii odnawialnych ze względu na ich sporadyczne zachowania. Skoro właściciele hybrydowych pojazdów elektrycznych i pojazdów elektrycznych na baterie będzie przybywać, to zwiększy się zapotrzebowanie na szerokie upowszechnienie dostępnych publicznie punktów zasilania, a niektóre z nich powinny być także zdolne do szybszego ładowania na wyższych napięciach i większych prądach w porównaniu do łatwo dostępnych punktów ładowania w miejscu zamieszkania. Jednym z głównych problemów do określenia tego, jak będzie wyglądać w przyszłości infrastruktura ładowania, jest prawdopodobieństwo i podaż energii uwzględniające popyt na ładowanie [Wiederer i Philip, 2010].

Stosowane metody projektowania efektywnych elektrycznych sieci ładowania Podstawy problemu

Sieci ładowania pojazdów elektrycznych, zwane także sieciami ładowania PE, elektrycznymi sieciami doładowania, dystrybutorami ładowania i elektrycznymi układami zasilania pojazdów (EUZP), to infrastruktura, która dostarcza elektryczną energię do ładowania pojazdów elektrycznych, „włącz-wtyczkę” pojazdów hybrydowych z silnikami elektrycznym i benzynowym wraz z półstatycznymi i ruchomymi urządzeniami elektrycznymi, takimi jak stoiska wystawowe i reklamowe. Takie autonomiczne DC (prądu stałego) mikrosieci (DCMS) są utworzone z centralnego urządzenia magazynującego, które jest główną jednostką sterowanego źródła dla rozproszonych operacji, kilku mikroźródeł (gazowe mikro-turbiny, elektrownie wiatrowe i ogniwa fotowoltaiczne), jak również ze stacji ładowania. Oczekuje się, że w przypadku penetracji pojazdów elektrycznych na dużą skalę wzrośnie zużycie energii elektrycznej w okresach ładowania. Dlatego też, przepływ energii, straty w sieci i ukształtowanie profilu napięcia wzdłuż sieci zmienią się znacznie. Dodatkowo, zdolność PE do dostarczania energii do systemu będzie miała również wpływ na przepływy sieciowe. Połączenie wszystkich tych efektów może zobowiązywać do wzmocnienia sieci w niektórych miejscach. Niemniej jednak, w zależności od wyboru strategii ładowania PE odroczenie takiego wzmocnienia będzie możliwe do osiągnięcia [[http, 2010](#)], [Trzaska, 2009].

Zastąpienie konwencjonalnych pojazdów przez PE wymaga też szczególnych lokalnych infrastruktur ładowania. Kilka rozwiązań może powstać zgodnie z potrzebami różnych właścicieli PE, a mianowicie:

- (i) stacje ładowania przeznaczone do różnych rozwiązań pojazdów elektrycznych,
- (ii) stacje szybkiego ładowania,
- (iii) stacje wymiany baterii,
- (iv) prywatne lub publiczne punkty powolnego ładowania. We wszystkich przypadkach należy rozważyć uwzględnienie problemów, które w związku z tym w przyszłości wpłyną na zmiany w paradygmacie mobilności. Należy również zauważyć, że trzy dominujące czynniki wpływają na przyszłość DCMS: polityka administracji, zarówno komunalnych, jak i regionalnych, potrzeby klienta co do wydajności oraz nowe inteligentne oprogramowanie komputerowe i zaawansowane technologie sprzętowe. Jednak nowe potrzeby wymagają systemu elektroenergetycznego przyszłości, który będzie zasadniczo różnił się w porównaniu do wszystkich dotąd eksploatowanych systemów ładowania [Wiederer i Philip, 2010].

Metoda optymalizacji

W poszukiwaniu korzystnych rozwiązań staramy się wybrać zarówno struktury sieci, jak i konduktancje linii (rozmiary linii) tak, aby zoptymalizować kompromis między efektywnością sieci (niskie straty mocy w sieci przesyłowej do ładowania) a kosztem jej budowy. Zapotrzebowanie na energię elektryczną do ładowania pojazdów elektrycznych z systemu zasilania zmienia się w ciągu dnia, zgodnie z przebiegami, które zależą, między innymi, od zwyczajów regionalnych, od temperatury, od pory dnia, od dnia tygodnia i od pory roku. Decyzje o zmianie zaopatrzenia na energię z uwzględnieniem zmian w godzinowych skalach czasowych są zwykle podejmowane przez zaangażowanie odpowiednich jednostek podmiotowych i monitoringu ekonomicznego. Postępy w technologii na wszystkich poziomach systemu elektroenergetycznego umożliwiają integrację energii wiatru do DCMS w sposób skuteczny i niezawodny (rys. 3). DCMS umożliwiają połączenia elektrowni wiatrowych jako uzupełniających źródeł energii, a wyposażenie turbin wiatrowych w odpowiednie sterowniki energoelektroniczne, a także w inne urządzenia wspomagające może być znaczącą pomocą dla sieci energetycznej w zakresie regulacji mocy biernej i bezpieczeństwa dostaw energii podczas poważnych przypadkowych zakłóceń.



Rys. 3. Wykorzystywanie czystej energii w systemach ładowania:

a) z turbin wiatrowych, b) z paneli ogniów fotowoltaicznych instalowanych na dachach pojazdów

Większość z pojawiających się technologii, takich jak: mikroturbiny wiatrowe, systemy fotowoltaiczne, ogniwa paliwowe i AC zasobniki, są wyposażone w odpowiednie konwertery tyrystorowe umożliwiające ich podłączenie do DCMS jako jednostek zdolnych do dostarczania energii. Te nowe technologie mają niższe emisje i mogą się charakteryzować mniejszymi kosztami, a tym samym negowaniem tradycyjnych uprzedzeń względem braku z nich korzyści. Ich zastosowania obejmują wzmocnienie poziomu mocy na podstacji, odroczenie modernizacji i uaktualnień struktur przesyłu i dystrybucji oraz zwiększenie efektywności paliw płynnych poprzez wykorzystanie ciepła pochodzącego z odpadów, z wykorzystania odnawialnych źródeł energii, co zapewnia wyższą jakość energii i inteligentne systemy dystrybucji [Gharavi i Ghafurian, 2011].

W praktyce efektywność energetyczna dziesięciminutowego ładowania może być nieco obniżona w każdym przypadku ze względu na rezystancyjne straty spowodowane przez wymagany duży prąd do zasilania pojazdu. Utracona energia jest przekształcana bezpośrednio na ciepło, które może być szkodliwe nie tylko dla akumulatora, ale także dla usługowej elektroniki; stąd też dodatkowa moc może być wymagana do chłodzenia sprzętu, który niweluje nadmiar ciepła. Zwiększenie pojemności akumulatora zwiększa wymaganą moc, a w sposób liniowy prąd i ciepło strat, dlatego dziesięciminutowe ładowania mogą wymagać znaczących innowacji, jako że pojazdy o zwiększonym zasięgu są technologicznie zaawansowane. Wysokie zapotrzebowanie na moc szczytową dziesięciminutowego ładowania może również nadwierać lokalną sieć energetyczną i może zwiększać ryzyko niewydolności mocowej lub powstawania przerw w dostawie podczas szczytowego zapotrzebowania, jeśli znaczna liczba pojazdów zostanie wtedy podłączona do ładowania. Stosowanie pomiarów w czasie może pomóc zmniejszyć te zagrożenia poprzez tworzenie zachęt ekonomicznych dla właścicieli pojazdów, które można ładować w godzinach poza szczytem. Innym rozwiązaniem jest zastosowanie systemu magazynowania energii w celu wypełnienia luki między popytem stacji ładującej a podażą z sieci energetycznej. System magazynowania energii jest mało skuteczny, a zatem wpływa ogólnie na spadek wydajności systemu spowodowany potrzebą spełnienia żądań szczytowych. Inną możliwością jest generowanie energii na miejscu, odpowiednio do żądań [Trzaska, 2010].

DCMS ładowania muszą mieć minimalną liczbę stacji, która jest niezbędna do pokrycia danego miejskiego obszaru ruchu oraz w celu spełnienia wymagań nałożonych przez potrzeby zapewnienia zasięgu jazdy niezależnie od liczby pojazdów elektrycznych działających na ulicach i drogach. Wiele stacji ładowania może znajdować się na ulicy i zazwyczaj są one budowane przez elektryczne przedsiębiorstwa użyteczności publicznej. Niektóre z tych specjalnych stacji ładowania mogą oferować pojedyncze lub szereg odpowiednio rozmieszczonych wyspecjalizowanych stanowisk z wykorzystaniem miejsc parkingowych i zdolnych do realizacji ładowania bez fizycznego połączenia, lecz wyposażonych w panele ładowania indukcyjnego [Stockar i wsp., 2011]. Zwrot w kierunku odnawialnych źródeł

energii może powodować jeszcze większe zagrożenia przeciążeniami sieci, gdyż zasoby takie są sporadycznie dostępne, a więc nie są wiarygodne w sensie tradycyjnym. Zmiany te podkreślają znaczenie wprowadzenia nowych i rozbudowy istniejących infrastruktur w sposób systematyczny. Rozpatrzmy elektryczną rezystancyjną sieć o konduktancji $g_l \geq 0$ odniesionej do gałęzi l (lub segmentu). Jej graf G jest schematycznie przedstawiony na rys. 4a. Niech $\mathbf{v} \in \mathbf{R}^n$ oznacza wektor węzłowych potencjałów i załóżmy, że prąd J_i zasila węzeł i . Prądy w gałęziach są ustalone przez elektryczne potencjały u oraz prawo Ohma zgodnie z wyrażeniem $b_{i \rightarrow j} = \Theta_{ij}(u_i - u_j)$. Definiujemy macierz konduktancji sieci $\mathbf{K}(\Theta) \in \mathbf{R}^{n \times n}$ za pomocą wyrażenia

$$\mathbf{K}(\Theta) = \mathbf{A} \cdot \text{diag}(\Theta) \cdot \mathbf{A}^T \quad (1)$$

gdzie $\mathbf{A} \in \mathbf{R}^{n \times m}$ jest macierzą incydencji grafu G i $\text{diag}(\Theta) \in \mathbf{R}^{m \times m}$ oznacza przekątną macierz konduktancji gałęzi [Ghos i wsp., 2008].

Niech $\mathbf{b} \in \mathbf{R}^n$ stanowi wektor prądów wymuszeń – węzły z $b_i > 0$ są źródłami, a węzły z $b_i < 0$ są studniami, a $b_i = 0$ odnosi się do węzłów pośrednich. W rezystancyjnej sieci, stanowią one prądy, które są wprowadzane do (lub odprowadzane z) każdego węzła wskutek działania zewnętrznego źródła. Biorąc pod uwagę, \mathbf{K} i \mathbf{b} , otrzymujemy (względne) potencjały elektryczne $\mathbf{u} \in \mathbf{R}^n$ pomiędzy węzłami poprzez rozwiązanie układu równań liniowych

$$\mathbf{K} \cdot \mathbf{u} = \mathbf{b} \quad (2)$$

Szereg procedur regularyzacyjnych może być użytych w celu komputerowego wyznaczenia \mathbf{u} w taki sposób, aby rozwiązanie było jednoznaczne [Trzaska, 2008]. W takim przypadku wymaga się spełnienia równania $\sum_i u_i = 0$, przez rozwiązanie układu $n \times n$ równań $\mathbf{K}^0 \mathbf{u} = \mathbf{b}$ na podstawie odwracalnej macierzy $\mathbf{K}^0 = \mathbf{K} + \mathbf{1} \cdot \mathbf{1}^T$, gdzie $\mathbf{1}$ jest n -wektorem elementów 1. Regularyzacyjne rozwiązanie (2) jest wtedy określone przez $\mathbf{u} = \text{inv}(\mathbf{K}^0) \mathbf{b}$, gdzie inv oznacza odwrotność.

Całkowita moc generowanych strat energii w sieci z powodu ogrzewania oporowego linii jest określona jako

$$P(\Theta) = \sum_{i,j} \Theta_{i,j} (u_i - u_j)^2 = \mathbf{u}^T \cdot \mathbf{K}(\Theta) \cdot \mathbf{u} = \mathbf{b}^T (\mathbf{K}^0)^{-1} \mathbf{b} \quad (3)$$

W celu uogólnienia kryterium straty mocy w sieci przy uwzględnieniu przypadkowych wahań obciążenia \mathbf{b} definiujemy macierz $\mathbf{B} \triangleq \langle \mathbf{b} \cdot \mathbf{b}^T \rangle$, co jest wystarczające dla statystyk losowych modelu prądu dla celów obliczania oczekiwanej mocy strat energii w sieci. Dla losowych zmian prądu oczekiwana moc jest wyrażona zależnością

$$\mathcal{P}(\Theta) = \langle \mathbf{b}^T (\mathbf{K}^0)^{-1} \mathbf{b} \rangle = \text{Tr}((\mathbf{K}^0)^{-1} \mathbf{B}) \quad (4)$$

Warto zauważyć, że $\mathcal{P}(\Theta)$ jest funkcją wypukłą, która stanowi dobrą podstawę do zastosowania metody wypukłej optymalizacji sieci. W tym celu formułujemy prosty model liniowy określający koszt dla linii konduktancyjnej. Najpierw ustalamy model kosztów (np. w PLN) budowy sieci $\alpha^T \Theta = \sum_t \alpha_t \Theta_t$. Dalej zakładamy, że całkowity koszt budowy sieci nie może być większy niż określona pozycja budżetu C . W ten sposób problem optymalizacji można przedstawić w następujący sposób: dla danych G , \mathbf{B} i α należy ustalić konduktancje linii Θ tak, aby sieć spełniała jak najlepiej kryterium efektywności, czyli minimalizacji oczekiwanych strat ze względu na moc oporowego nagrzewania się linii. W rezultacie otrzymujemy problem

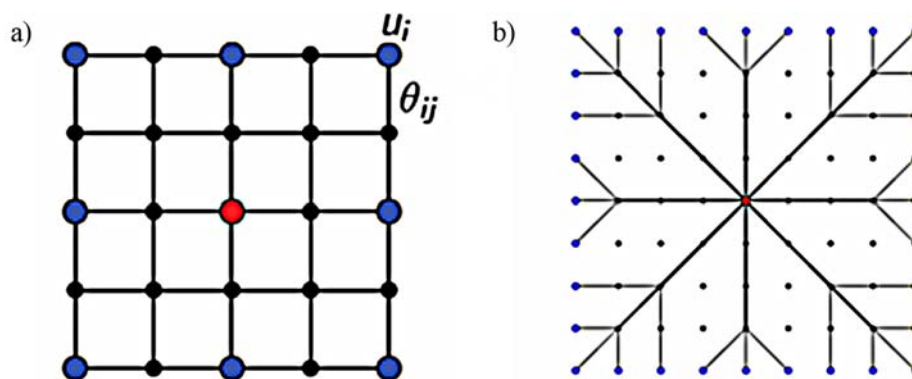
$$\begin{aligned} & \text{minimize} \quad \mathcal{P}(\Theta) \\ & \text{subject to} \quad \Theta \geq \mathbf{0} \\ & \quad \quad \quad \alpha^T \Theta \leq C \end{aligned} \quad (5)$$

W celu wzmocnienia nieujemności ograniczeń $\Theta \geq 0$ możemy wprowadzić funkcję log-bariery i uzyskać

$$\min_{\Theta > 0} \left\{ \mathcal{P}(\Theta) + \mathbf{a}^T \Theta - \beta \sum_{\ell \in G} \log(\Theta_{\ell}) \right\} \quad (6)$$

gdzie parametr procedury optymalizacyjnej β musi być sukcesywnie zmniejszany w czasie egzekucji procedury.

W rezultacie rozwiązanie uzyskane metodą wypukłej optymalizacji dla sieci w przypadku jednego węzła źródłowego i 32 stacji ładowania przy koszcie linii $\alpha_{lh, v} = 1$ dla poziomych i pionowych segmentów i $\alpha_{ld} = 2$ dla ukośnych segmentów jest przedstawione na rys. 4b, gdzie niebieskie węzły reprezentują stacje ładujące, a czerwony węzeł jest źródłowym i czarne węzły są węzłami przesyłowymi.



Rys. 4. Mała sieć do ładowania prądem stałym (DC): a) ilustracja struktury, b) wynik optymalnego rozwiązania

Alternatywne rozwiązanie: zastosowanie prostoliniowego minimalnego drzewa Steinera

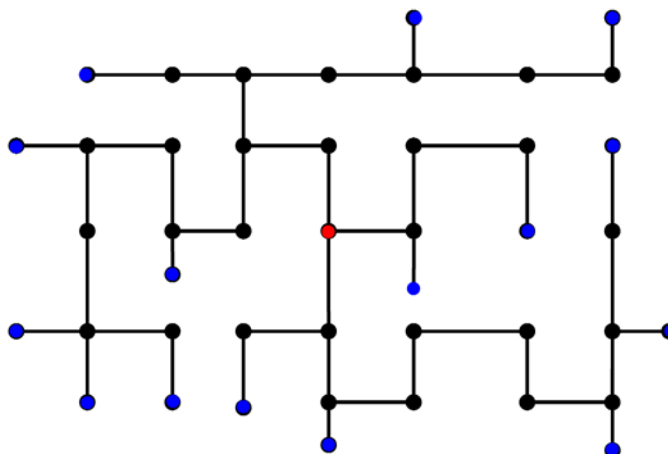
Prostoliniowe minimalne drzewo Steinera (PMDS) jest drzewem o minimalnej całkowitej długości gałęzi w znaczeniu odległości Manhattańskiej (odległość między dwoma punktami mierzona wzdłuż osi pod kątem prostym) w połączeniu danego zbioru węzłów możliwe poprzez jakies dodatkowe węzły, tj. węzły Steinera. Konstrukcja PMDS jest podstawowym problemem, który może być brany pod uwagę w wielu przypadkach projektowania DCMS. W tym artykule będziemy brać pod uwagę tylko drzewa Steinera wzdłuż siatki Hanana prowadzącej zawsze do optymalnej konstrukcji PMDS utworzonej z pionowych i poziomych odcinków dla każdego węzła. Zadanie polega na wyznaczeniu najkrótszej sieci łączącej węzły na danej płaszczyźnie. Można łatwo wykazać, że taka sieć jest drzewem, którego węzłami są węzły dane oraz kilka dodatkowych węzłów, zwanych węzłami Steinera [Borndörfer i wsp., 2010], [Chu i Wong, 2008].

Oznaczmy długości gałęzi: poziomej jako $c_i = x_{i+1} - x_i$, a pionowej jako $d_i = y_{i+1} - y_i$ dla $1 \leq i \leq n - 1$. W celu wyznaczenia optymalnej długości linii dla danej sieci możemy wyliczyć wszystkie możliwe wektory długości linii. Ponieważ długości gałęzi linii są dodatnie, to wynikająca sieć ma oczywiście postać drzewa, w którym znany jest zbiór węzłów w przestrzeni, przedstawiających terminale, a celem jest obliczenie drzewa o minimalnej długości w metryce prostoliniowej, które łączy wszystkie terminale [Cieślak, 1998].

Problem PMDS był badany intensywnie w ciągu ostatnich dziesięcioleci i wiele heurystycznych algorytmów zostało zaproponowanych. Przyrostowy algorytm optymalizacji działa następująco:

1. Oznaczyć stałe węzły zgodnie z odległością od punktu określonego przez wartość średnią, przy czym pierwszy jest najmniej od niego oddalonym. Ten krok oznacza-

- nia znacznie zmniejsza zależność końcowego drzewa od wstępnego oznaczenia węzłów, choć mogą pojawić się utrudnienia.
- Wstawić węzeł Steinera między pierwsze trzy węzły stałe i należy go połączyć z każdym z nich, a następnie dokonać lokalnej optymalizacji w celu uzyskania drzewa Steinera dla tych trzech węzłów. Nazwijmy to drzewo bieżącym.
 - Dla $k = 4, \dots, n$ wykonać:
 - przyjąć bieżące drzewo jako stare drzewo i wstawić najlepsze drzewo do sztucznego drzewa o ∞ rozległości,
 - dla każdej gałęzi (a, b) z bieżącego drzewa:
 - umieścić punkt Steinera s na gałęzi (a, b) ,
 - usunąć gałąź (a, b) ,
 - dodać gałęzie $(t_k; s)$, (a, s) , (b, s) ,
 - dokonać lokalnej optymalizacji,
 - jeśli wyznaczone drzewo jest krótsze niż najlepsze drzewo, to przyjąć go następnie jako najlepsze drzewo,
 - zastąpić stare drzewo tym nowym drzewem, c) przyjąć bieżące drzewo jako najlepsze.
 - Przyjąć najlepsze drzewo jako końcowe.



Rys. 5. Struktura sieci prostoliniowej charakteryzująca się minimalnym drzewem Steinera

Dla przypadku z 14 zewnętrznymi stacjami ładowania i ogólną liczbą 44 pośrednich węzłów realizacja komputerowa powyższego algorytmu generuje strukturę przedstawioną na rys. 5. Przyjęcie takiej DCMS może wypełnić lukę między popytem stacji ładującej i popytem sieci energetycznej. System magazynowania energii wykazuje małą skuteczność, co powoduje ogólne obniżenie wydajności systemu wskutek potrzeby zaspokojenia odbiorców w porach szczytowych. Inną możliwością jest generacja na miejscu, odpowiednio do zapotrzebowania na energię elektryczną. Jednym z głównych problemów do określenia, w jaki sposób powinna wyglądać infrastruktura sieci ładowania w przyszłości, są niepewności co do popytu na ładowanie, który jest determinowany przez następujące czynniki: (i) stopień adaptacji, (ii) stopień wygody ładowania, (iii) stopień obawy o zasięg. Miejska administracja ma potencjalną rolę do odegrania w różnych aspektach związanych z infrastrukturą ładowania PE, od regulacji prawnych, poprzez prowizję dla miejskich inwestycji w infrastrukturę do ładowania, aż do zapewnienia odpowiednich zachęt do jej użytkowania.

Podsumowanie i wnioski

Wady i zalety pojazdów elektrycznych są ogólnie znane i akceptowane. Pojazdy elektryczne stanowią pomoc dla środowiska naturalnego poprzez eliminowanie emisji spalin i zmniejszenie uzależnienia od paliw kopalnych. Jednak ich wady objawiają się w ograni-

czonym zasięgu i zwiększeniu masy pojazdu, a także w ograniczeniu ich wykorzystania w celach komercyjnych. Hybrydowe pojazdy umożliwiają rozwiązanie wielu problemów nękających czysto elektryczne pojazdy w rodzaju krótkiego zasięgu i nadwagi, kosztu baterii i akumulatorów. Wyniki uzyskane z badań przedstawionych w tym artykule ukazują możliwości w zakresie projektowania i budowy nowoczesnych scentralizowanych sieci ładowania PE o infrastrukturze mogącej umożliwić włączenie większej liczby pojazdów elektrycznych w system, bez uciekania się do poważnego ograniczania w wykorzystywaniu odnawialnych źródeł energii (OZE). Takie systemy ładowania pozwalają na obsługę sieci w mniej skrajnych warunkach, z lepszym profilem napięcia i wyższym poziomem równomierności obciążenia. Ponadto przyjęcie lokalnego poziomu kontroli, usytuowanej w infrastrukturze samej sieci do ładowania, pozwoli na lepszą wydajność jej działania w trybie pracy wyspowej i bezpiecznego wzrostu liczby niepewnych i zmiennych w czasie OZE (np. energetyki wiatrowej i fotowoltaiki) zainstalowanych w odizolowanych systemach zasilania, ponieważ baterie PE są w stanie – jak się okazuje – zapewnić szybką kompensację dla systemu elektroenergetycznego.

DCMS energetyka musi przejść transformację, które pozwolą na stopniowe, długotrwałe zmiany w procesach ładowania pojazdów elektrycznych w infrastrukturze transmisyjnej umożliwiającej wytwarzanie, przesyłanie i skuteczną dystrybucję energii elektrycznej. Zmiana ta będzie wprowadzać energię odnawialną, nowe technologie wytwarzania i przesyłu, a także rozwoju, oraz wysoki stopień automatyzacji i kontroli, a zmodernizowane czujniki, urządzenia analityki danych i przetwarzania informacji umożliwić mogą bardziej niezawodne, wydajne i bezpieczne funkcjonowanie metropolitalnego transportu.

Abstract

Analysis and development forecasts reveal the possibility of transport increasingly rapid and significant increase in the number of electric vehicles. Hence the urgent need to work actively to create commercialization and technical infrastructure necessary to operate and recharge the batteries constituting the power source for electric vehicles. In this work were presented possible structures and hybrid electric vehicles. Also been shown that the structure of the corresponding autonomous network of micro current to charge batteries, can you mean by proper optimization of the functional quality or solving rectangular Steiner problem. Network of charging batteries may be an effective solution to mitigate the negative effects of overloading and the shortcomings of the national electricity system through appropriate process control battery charging.

Literatura:

- [1] Borndörfer R., Neumann M. i Pfetsch M.E. 2010. *The Steiner Connectivity Problem*. Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin, ZIB-Report 09-07 (April 2010), s. 29
- [2] Caramanis M., Foster J.M. 2009. *Management of Electric Vehicle Charging to Mitigate Renewable Generation Intermittency and Distribution Network Congestion*. Joint 48th IEEE Conference on Decision and Control and 28th Chinese Control Conference Shanghai, P.R. China, December 16–18, 2009, ThB 15.3, 4717–4722
- [3] Chan C.C. 2007. *The State of the Art of Electric Hybrid, and Fuel Cell Vehicles*. Proceedings of the IEEE, Vol. 95, No. 2, 271–282
- [4] Chau K.T., Chan C.C. 2007. *Emerging Energy-Efficient Technologies for Hybrid Electric Vehicles*. Proceedings of the IEEE, Vol. 95, No. 2, 345–351

- [5] Chu C., Wong Y.Ch. 2008. *FLUTE: Fast Lookup Table Based Rectilinear Steiner Minimal Tree Algorithm for VLSI Design*. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits And Systems, Vol. 27, No. 1, 70–83
- [6] Ciccarelli T., Toossi R. 2002. *Assessment of Hybrid Configuration and Control Strategies in Planning Future Metropolitan/Urban Transit Systems*. Final Report, California State University, Long Beach, s. 63
- [7] Cieślak D. 1998. *Steiner Minimal Trees*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, s. 319
- [8] Emadi A., Rajashekara K., Williamson S.S., i Lukic S.M. 2005. *Topological Overview of Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicular Power System Architectures and Configurations*. IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 54, No. 3, 763-770.
- [9] Gharavi H., Ghafurian R. 2011. *Smart Grid: The Electric Energy System of the Future*. Proceedings of the IEEE, Vol. 99, No. 6, 917–921
- [10] Ghosh A., Boyd S. i Saberi A. 2008. *Minimizing Effective Resistance of a Graph*. SIAM Review, Vol. 50, No. 1, 37–66
- [11] Hodge B.M.S., Huang S., Sirola J.D., Pekny J.F. i Reklaitis G.V. 2011. *A multi-paradigm modeling framework for energy systems simulation and analysis*. Computers and Chemical Engineering Vol. 35, No. 6, 1725–1737
- [12] http://en.wikipedia.org/wiki/Charging_station
- [13] Johnson J.K., Chertkov M. 2010. *A Majorization–Minimization Approach to Design of Power Transmission Networks*. arXiv: 1004.2285v2 [math. OC] 13 Sep. 2010
- [14] Pecas Lopes J.A., Soares F.J. and Rocha Almeida P.M. 2011. *Integration of Electric Vehicles in the Electric Power System*. Proceedings of the IEEE, Vol. 99, No. 1, January 2010, pp. 168–183
- [15] Stockar S., Marano V., Canova M., Rizzoni G. i Guzzella L. 2011. *Energy-Optimal Control of Plug-in Hybrid Electric Vehicles for Real-World Driving Cycles*. IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 60, No. 7, 2949–2962
- [16] Trzaska Z. 2008. *Analysis and design of electric circuits*. (in Polish) Publ. Off. Of Warsaw University of technology, Warsaw, s. 326
- [17] Trzaska Z. 2010. *Emergent systems: properties and applications* (in Polish). Electrotechnical Reports (Wiadomości Elektrotechniczne), Vol. 78, No. 12, 3–12
- [18] Trzaska Z. 2009. *Analysis of wheel-rail contact operating at discontinuous forces and modeling of the energy absorbed by the rail*. XXI. Deutsch-Polish Seminar „Engineering for Change. Sustainability – Energy – Transport”, Fachhochschule Köln, 16–17 June
- [19] Wenge C., Komarnicki P. i Styczynski Z.A. 2010. *Models and Boundaries of Data Exchange between Electric-Vehicle and Charging-Point. Example of a Practical Realisation*. MEPS'10 – paper 10.1, Modern Electric Power Systems Wrocław, Poland
- [20] Wiederer A., Philip R. 2010. *Policy options for electric vehicle charging infrastructure in C40 cities*. Harvard Kennedy School, Report for Stephen Crolius, Director–Transportation, Clinton Climate Initiative, 9

Eugeniusz RATAJCZYK

CZY SPRAWDZAĆ GEOMETRIĘ KAROSERII SAMOCHODOWEJ PO WYPADKACH. JEŚLI TAK, TO JAK?

1. Wprowadzenie

Zagrożenie bezpieczeństwa jazdy samochodem po naszych drogach wynika nie tylko z przewinień kierowców i stanu naszych dróg, lecz również ze stanu technicznego samochodów wiążącego się w znacznej części z niską jakością napraw ich samochodowych po wypadkach. Nie bez znaczenia dla stanu bezpieczeństwa jest stosunkowo duża liczba sprowadzanych z zagranicy aut po tzw. stłuczkach, naprawiana najczęściej nieprofesjonalnie. W referacie przedstawione zostaną metody pomiaru geometrii karoserii samochodowej powiązane zwykle z systemami naprawczymi, jakie powinny stosować serwisy naprawcze aut.

Przedstawione zostaną mechaniczne, zarówno przenośne, jak i stacjonarne, urządzenia pozwalające na wykonywanie pomiarów karoserii samochodowych po wypadkach oraz systemowe elektroniczne urządzenia pomiarowe pozwalające na pełną diagnostykę karoserii pod względem wymiarowym. Wymienione urządzenia pomiarowe umożliwiają wyznaczanie wymiarów geometrycznych karoserii, a właściwie odchyłek wymiarowych od wymiarów nominalnych, co pozwala w procesie naprawy karoserii doprowadzić ją do właściwych fabrycznych wymiarów.

Istota procesu naprawczego polega na doprowadzeniu określonych punktów podwozia lub/i nadwozia do wymiarów fabrycznych w odniesieniu do tzw. punktów bazowych, których parametry podawane są zwykle na pytach CD do każdego rodzaju auta. Przedstawiona zostanie zasada pomiarów, przykłady urządzeń pomiarowych szeregu firm oraz powiązane z nimi urządzenia pozwalające na naprawę karoserii [9, 10].

2. Zasada pomiarów geometrycznych karoserii – punkty bazowe

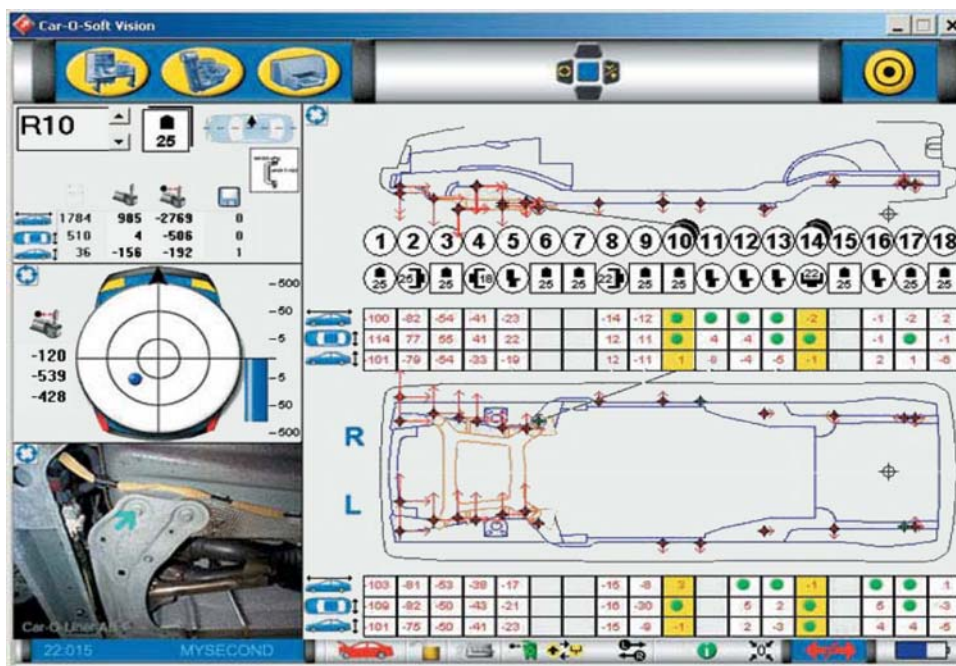
Zasada pomiarów opiera się na wyznaczeniu określonych punktów nadwozia lub podwozia i porównaniu ich współrzędnych z wartościami nominalnymi podanymi przez producenta na kartach zawierających punkty bazowe. Punkty bazowe zamieszczane są na płytach CD dostarczanych użytkownikom wykonującym pomiary i są aktualizowane wraz z pojawianiem się nowych karoserii. Na il. 1 przedstawiono przykładowy zestaw kart z punktami bazowymi.

Karty z punktami bazowymi zawierają numery punktów z zaznaczeniem ich miejsca na karoserii (il. 2). Ponadto zawierają informacje o rodzajach końcówek urządzeń pomiarowych, umożliwiających ich jednoznaczne umocowanie do punktu karoserii – zwykle są to końcówki w postaci stożkowej, kulistej lub w postaci nasadek o kształcie pierścieni lub widełek. Odpowiednie oprogramowanie ilustruje również miejsce zamocowania końcówki pomiarowej. Po wykonaniu pomiaru podawane są współrzędne każdego punktu dla porównania z wartościami nominalnymi w celu określenia odchyłki wymiarowej [1, 2].



Il. 1. Przykłady kart pomiarowych w postaci papierowej i na płytach CD

Zarówno elektroniczne systemy pomiarowe, jak i większość mechanicznych urządzeń pomiarowych poszczególnych firm różni się budową i działaniem, jednak podstawą wszystkich systemów jest odniesienie do punktów bazowych, jakie reprezentują tzw. karty pomiarowe w postaci papierowej i elektronicznej. Na il. 2 przedstawiono przykładową kartę z punktami bazowymi w postaci jej widoku na ekranie komputera (oprogramowanie firmy Car-O-Liner) [3].



Il. 2. Przykładowy ekran z widokiem karty pomiarowej z punktami bazowymi

3. Rodzaje urządzeń pomiarowych i zasada ich działania

W praktyce pomiarowej występują mechaniczne urządzenia pomiarowe, w których dominują **urządzenia przenośne** w postaci przymiarów teleskopowych wyposażonych w czujniki elektroniczne ze wskazaniem cyfrowym oraz urządzenia elektroniczne mające charakter urządzeń systemowych. Stosowane są również tzw. współrzędnościowe ramiona pomiarowe [8, 11, 12].

Na przykład przenośne urządzenie pomiarowe o nazwie **EzCalipre** fińskiej firmy Auto-robot [1] pozwala na dokonywanie weryfikacji nadwozi i podwozi samochodów w dowolnych warunkach i praktycznie w każdym miejscu i tym samym przeznaczone jest do szybkiej diagnostyki samochodowej. Urządzenie wyposażone jest w czujniki elektroniczne, umieszczone na rozsuwanych wysięgnikach. Sygnały pomiarowe przesyłane są do centralnej jednostki komputerowej za pomocą fal radiowych (system WLAN). Pozwala ono na dokonywanie weryfikacji nadwozi i podwozi samochodów w dowolnych warunkach i praktycznie w każdym miejscu i tym samym przeznaczone jest do szybkiej diagnostyki samochodowej. Sygnały pomiarowe przesyłane są do centralnej jednostki komputerowej za pomocą fal radiowych (system WLAN).

Urządzenie wyposażone jest w zbiór danych pomiarowych obejmujących w przybliżeniu ok. 60 punktów dla każdego typu pojazdu, z tego ok. 30 wewnętrznych i 30 punktów zewnętrznych nadwozia. Podstawowe dane techniczne są następujące: długość urządzenia w złożeniu 1,6 m, długość wysuwanego ramienia 1,4 m, pełna rozpiętość pomiarowa 3 m, masa całkowita 2,3 kg, w tym wysięgnik 1,2 kg, zasilanie akumulatorowe zapewniające działanie do 5 godzin.

Podobne urządzenia przenośne oferuje amerykańska firma Chief [5] o nazwach Digi-Tram i Intelli-Tape. Kolejnym przykładem przenośnego urządzenia pomiarowego jest eMC LT szwedzkiej firmy Car-O-Liner. Ma ono zakres pomiarowy wynoszący 250–2050 mm i pozwala mierzyć z niedokładnością $\pm 0,1\%$. Pomiary długości mogą być wykonywane po przekątnej lub w linii wzdłużnej lub poprzecznej auta. Przykłady takich pomiarów ilustruje il. 3. Wynik pomiaru jest wyświetlany w technice cyfrowej w postaci wartości i znaku + lub - w zależności od różnicy w stosunku do wartości wymiaru nominalnego.



Il. 3. Przykłady pomiaru karoserii z użyciem urządzenia przenośnego eMC LT

Do tej grupy mechanicznych przenośnych urządzeń pomiarowych zalicza się również teleskopy pomiarowe o symbolach AEK 329 i AEK 419 amerykańskiej firmy Blackhawk [2] oraz urządzenie Mz Cross francuskiej firmy Celette [4].

Na uwagę zasługuje przenośne urządzenie Intelli-Tape, które zaliczane jest do inteligentnych przymiarów taśmowych. Wykonywane jest w dwóch wersjach – podstawowej i rozszerzonej. Wersja podstawowa (nr katalogowy 787074) wyposażona jest w wyświetlacz ciekłokrystaliczny i procesor przesyłający wyniki pomiarów do jednostki centralnej systemu Chief. Urządzenie ma aluminiowy trzpień i aluminiową wyciąganą samopowracającą taśmę pomiarową o zakresie 2 m. Wersja rozszerzona (nr katalogowy 787071), występująca pod nazwą Intelli-Tape Witz Tram, wyposażona jest dodatkowo w teleskopowy wciskany drążek i trzy punkty podparcia, zapewniające wyższą stabilność i dokładność pomiaru.

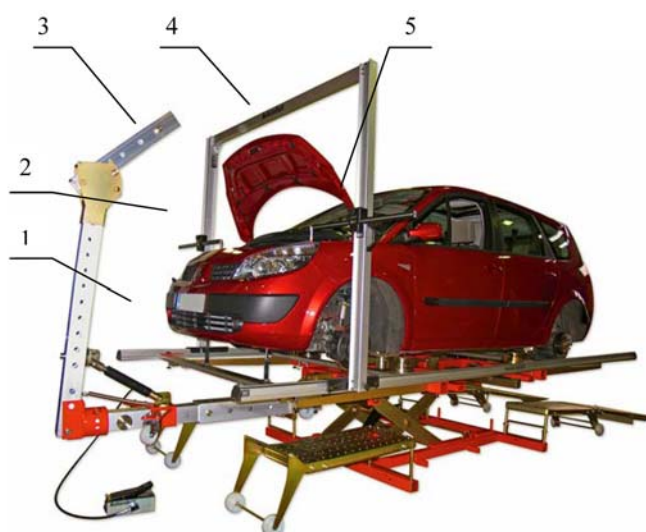
Urządzenia Intelli-Tape pozwalają na wykonywanie pomiarów wnętrza komory silnika, bagażnika, otworów drzwi i okien (po współrzędnych x, y, z i po przekątnych), kolejnych punktów słupków przednich i środkowych oraz punktów bazowych podwozia. Przykłady pomiarów za pomocą urządzenia Intelli-Tape przedstawione są na il. 4.



Il. 4. Przykłady pomiarów za pomocą urządzenia Intelli-Tape

Stacjonarne mechaniczne urządzenia pomiarowe mają najczęściej budowę modułową. Na il. 5 przedstawiono takie urządzenie fińskiej firmy Autorobot [1]. Podstawowym elementem jest jednoczęściowa ruchoma bramka (4), zakładana na dolne listwy wzdłużne (1) w taki sposób, że łożyska rolkowe ustawiane są w kanale obu listew. Następnie bramka jest przesuwana na rolkach do punktów, które mają być zmierzone. W konstrukcji mechanicznego urządzenia pomiarowego Autorobot wyróżnia się symetryczne mosty pomiarowe łączące listwy wzdłużne. Do ruchomej bramki i do mostów pomiarowych przymocowane są specjalne wysięgniki (2,5), na końcach których znajdują się głowice pomiarowe. Na il. 5 widoczna jest wieża naciągowa 3 urządzenia naprawczego karoserii.

Mechaniczne urządzenie pomiarowe Autorobot ma aluminiową konstrukcję o masie całkowitej 97 kg. Sama ruchoma belka pomiarowa ma masę 32 kg. Przestrzeń wewnętrzna urządzenia ma wysokość 1890 mm i szerokość 2070 mm. Wysięgniki, które można zamocować do urządzenia, są regulowane. Można je wysunąć maksymalnie na 4 m.



Il. 5. Mechaniczne urządzenie pomiarowe w procesie naprawy karoserii firmy Autorobot

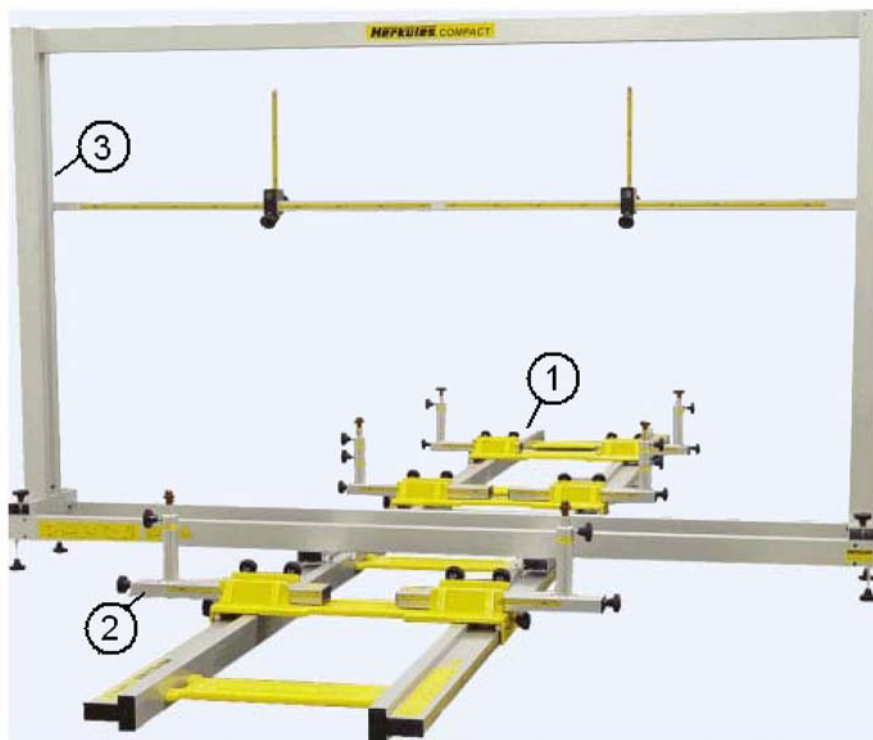
Pomiar mechanicznym urządzeniem pomiarowym polega na odczycie trzech współrzędnych mierzonego punktu, czyli współrzędnej wysokości, szerokości i długości. Z systemem pomiarowym Autorobot udostępniane są pliki z danymi (na dysku lub w Internecie) w postaci punktów bazowych, które zawierają udokumentowane informacje o położeniu konkretnych punktów pojazdu. Dlatego system pomiarowy stosowany jest również w czasie prac naprawczych z możliwością analizy danych fabrycznych i odstępstw od nich.

Dalszym przykładem mechanicznego urządzenia pomiarowego jest Compact polskiej firmy Herkules [6]. Jest to urządzenie pomiarowo-kontrolne zaliczane do systemów pomiarowych przeznaczonych głównie do stosowania podczas naprawy samochodów osobowych, dostawczych i terenowych po wypadkach.

Umożliwia przeprowadzanie pomiaru jednocześnie ośmiu punktów pomiarowych karoserii. Urządzenie to może być stosowane jako wyposażenie ram naprawczych Herkules, jak i ram naprawczych innych producentów. Może być też stosowane niezależnie.

Budowa systemu pomiarowego Compact przedstawiona jest na il. 6. Bramka pomiarowa 3, zamocowana na specjalnej prowadnicy 1, wyposażona jest w dodatkową belkę, na której można zamocować głowice pomiarowe. Na prowadnicy 1 można umieścić specjalne wózki 2 z elementami pomiarowymi.

Ważniejsze parametry techniczne urządzenia są następujące: długość prowadnicy pomiarowej 4 m; zakres pomiarowy wzdłużny wynosi od 0 do 3,9 m; zakres pomiarowy poprzeczny od 0 do 1,7 m oraz zakres pomiarowy pionowy od 0 do 0,74 m. Urządzenie Compact mierzy z dokładnością ± 1 mm. Całkowita masa urządzenia pomiarowego Compact wynosi 45 kg.



Il. 6. Mechaniczne urządzenie pomiarowe Compact firmy Herkules

Innym względnie prostym urządzeniem kontrolnym, a właściwie kontrolno-naprawczym, jest system Mz produkcji francuskiej firmy Celette [4], który jest urządzeniem wzornikowym, bowiem składa się z zestawu wzorcowych (pod względem długości) elementów w postaci belek i wież bazowych ustawianych zwykle na ramie o nazwie Sevenne. Podstawowe wyposażenie zawiera 22 wieże i 5 belek. Zestaw systemu Mz zawiera ponadto bogate wyposażenie specjalnych elementów wzorcowych tzw. końcówek dla każdego modelu auta. Z urządzeniem współpracują siłowniki hydrauliczne.

Również szwedzka firma Car-O-Liner [3] oferuje mechaniczne urządzenia pomiarowe pod nazwą Car-O-Mech i Car-O-Mech Vision. Urządzenie pomiarowe Car-O-Mech składa z zespołów pomiarowych (most pomiarowy, suwaki – wózki pomiarowe oraz odpowiedniej liczby adapterów liniowych i kątowych oraz zestawu końcówek). Car-O-Mech Vision, jest wyposażony w elektroniczny terminal PDA umożliwiający sporządzanie protokołów z wynikami pomiaru i aktualizacje danych przez Internet.

Elektroniczne systemowe urządzenia pomiarowe wytwarza szereg firm [10]. Do najbardziej znanych na naszym rynku zalicza się Autorobot (Finlandia OY) [1] reprezentowana w Polsce przez firmę Jan Sobański Auto System, Chief Automotive Technologies (USA) [5] – w Polsce ARMAL Sp. z o.o., Spanesi (Włochy) – w kraju ITALTECNICA z logo Spanesi Polska [13], Herkules Auto-Technika Warsztatowa (Polska) [6], Celette (Francja) [4] reprezentowana w Polsce przez MASZ s.c., Car-O-Liner (Szwecja) [3] – w Polsce firma C.T.S. Sp. z o.o. oraz Blackhawk S.A. (USA) reprezentowana w Polsce przez NTS Sp. z o.o. [2].

Zasada działania większości elektronicznych systemów pomiarowych polega na doprowadzeniu do styku końcówki pomiarowej głowicy z punktami bazowymi karoserii w celu wyznaczenia ich współrzędnych x , y , z . Głowica pomiarowa przesuwa się wzdłuż belki wyposażonej w układ pomiarowy, przy czym belka ta jest mocowana wzdłuż badanej karoserii. W niektórych konstrukcjach głowica pomiarowa znajduje się na wysięgniku, a układ pomiarowy w osobnej szafce, usytuowany poza karoserią. Sygnał z głowicy pomiarowej jest najczęściej przesyłany bezprzewodowo do komputera w celu przetworzenia wyników mających na celu porównanie współrzędnych badanego punktu bazowego ze współrzędnymi nominalnymi i ustalenia ewentualnej odchyłki od wymiaru nominalnego.



Il. 7. Rozmieszczenie sond pomiarowych i lasera skanującego przy pomiarze płyty podłogowej

Spośród systemów elektronicznych wymienionych firm na szczególną uwagę zasługuje system oparty na laserowym skanerze i kodowanych odbłyśnikach (targets), zwanych dalej sondami. Ogólny widok tego urządzenia pod nazwą VELOCITY przedstawiony jest na il. 7. System opiera się na zautomatyzowanych pomiarach trygonometrycznych, których podstawą są rejestracje wzajemnego położenia charakterystycznych punktów w płycie podłogowej, a poprzez zastosowanie bramki przesuwnej – także zewnętrznej powierzchni karoserii. Wirujące promienie lasera, wysłane ze skanera, który dla zwiększenia dokładno-

ści zawiera dwa lasery, spełniający funkcje głowicy pomiarowej w innych systemach, rzutowane są na odbłyśniki, które mają kody kreskowe. Kod kreskowy znajdujący się na wymienionych sondach, które umieszczone są w charakterystycznych punktach bazowych płyty podłogowej, identyfikowane są przez skaner, określając współrzędne punktu, do którego przyłożona jest sonda. Na il. 7 widoczne są w dolnej jego części rozmieszczone sondy w celu pomiaru punktów bazowych płyty podłogowej. W zestawie systemu Velocity znajdują się w podstawowym wyposażeniu 32 sondy, które przechowywane są specjalnej szafce wraz z jednostką komputerową.

Pomiary dokonywane przez skaner odnawiane są co 3 sekundy, co pozwala na pełną i ciągłą kontrolę wymiarów płyty podłogowej podczas jej naprawy.

W przypadku oceny diagnostycznej, tj. bez podjęcia naprawy, można proces ten zakończyć wydrukowaniem stanu geometrycznego pojazdu. W przypadku podjęcia naprawy system pomiarowy Vector może pozostać tak, jak był zamontowany, co pozwoli śledzić przebieg przemieszczeń elementów karoserii podczas procesu naciągania lub pchania. Jest oczywiste, że zakończenie procesu naprawy kończy się wydrukowaniem protokołu, będącego potwierdzeniem prawidłowo przeprowadzonej naprawy.

Wymienione urządzenia pomiarowe mogą być stosowane jako systemy diagnostyczne do oceny geometrycznej karoserii. W większości przypadków urządzenia te działają w połączeniu z urządzeniami naprawczymi w postaci ram i wież z siłownikami naciagowymi, co pozwala śledzić przebieg naprawy. Występują także urządzenia naprawcze montowane bezpośrednio w posadzkach hali naprawczej, przy czym wieże naprawcze łączone są naciągami mocowanymi do ceowników w montowanych w posadzkę na stałe.

Pewien problem stanowi ocena dokładności pomiaru. Szacuje się, że dokładność wyznaczenia współrzędnych punktów bazowych zawiera się w przedziale od $\pm 0,2$ mm do ± 2 mm.

4. Próba oceny dokładności

Przeprowadzono szereg prób oceny dokładności pomiaru karoserii o różnym stopniu uszkodzenia wybranymi urządzeniami pomiarowymi. Tutaj przedstawiona zostanie, w ujęciu skrótowym, próba doświadczalna wyznaczenia dokładności pomiaru uszkodzonej karoserii samochodu Passat B6 za pomocą elektronicznego urządzenia pomiarowego NAJA produkcji firmy Celette (il. 8).



Il. 8. System pomiarowy NAJA i przykład zastosowania

Elektroniczne urządzenie pomiarowe Naja [4] umożliwia wykonywanie pomiarów płyty podłogowej i słupków drzwiowych.

Składa się ono z szyny pomiarowej, na której przemieszcza się głowica wraz z obrotowym ramieniem, na końcu której znajduje się odpowiednia końcówka pomiarowa przystawiana do mierzonego punktu karoserii. Głowica pomiarowa przesyła sygnał do komputera drogą radiową o zasięgu do 15 m.

Badania eksperymentalne przeprowadzone przez A.M. Nałęczą [7] pod kierunkiem autora jako promotora obejmowały pomiary uszkodzonej karoserii VW Passat B6 pokazanego na zdjęciu (il. 9).

Procedura pomiarowa obejmowała następujące etapy: 1. Sprawdzenie parametrów kalibracji urządzenia, 2. Wybór arkusza pomiarowego z punktami pomiarowymi z bazy programu, 3. Wybór konkretnych punktów karoserii do sprawdzenia, 4. Ponowne sprawdzenie parametrów kalibracji urządzenia, 5. Wyznaczenie wartości punktów i ocena statystyczna dokładności.



Il. 9. Badana karoserii samochodu VW Passat za pomocą urządzenia pomiarowego NAJA

Sprawdzenie parametrów kalibracji przeprowadzono na wzorniku długości o referencyjnych wartościach odległości między trzema punktami pomiarowymi, wyznaczając dwie długości. Dla odcinka 1–2 o wartości długości wzorcowej wynoszącej $350,05 \pm 0,2$ mm uzyskano z pomiaru wartość wynoszącą 350,0 mm, a dla odcinka 2–3 o wartości wzorcowej $349,95 \pm 0,2$ mm uzyskano wynik 249,9 mm, potwierdzając prawidłowy status kalibracji.

Wybór punktów pomiarowych z bazy programu (z arkusza pomiarowego) ograniczono do punktów na powierzchni płyty podłogowej. Do oceny dokładności wybrano punkty o numerach 40 i 58 oraz 57 i 58, dobierając do nich odpowiednie końcówki pomiarowe.

Dokonano **wielokrotnego pomiaru odległości** między wybranymi punktami na osi x i y. Z trzydziestokrotnych pomiarów otrzymano wartości usystematyzowane w tabeli, której ze względu na objętość postanowiono tutaj nie zamieszczać. Wyniki końcowe tego pomiaru są następujące: wartość średnia odcinka x wynosi 2160,0 mm z rozstępem wyniku z 30 wartości wynoszącym $R_x = 2,0$ mm. Odchylenie średnio kwadratowe dla tego odcinka wyniosło $s = 0,44$ mm. Wartości dla odcinka y wynoszą odpowiednio: $y = 834,2$ mm, rozstęp $R_y = 2,1$ mm, a wartość $s = 0,41$ mm.

Ponowne sprawdzenie parametrów kalibracji pozwoliło na uzyskanie następujących wyników: dla odcinka 1–2 o wartości długości wzorcowej wynoszącej $350,05 \pm 0,2$ mm uzyskano z pomiaru wartość wynoszącą 350,1 mm, a dla odcinka 2–3 o wartości wzorcowej $349,95 \pm 0,2$ mm uzyskano wynik 249,9 mm potwierdzając prawidłowy status kalibracji.

Przeprowadzona **analiza statystyczna** wyników, poprzedzona zbadaniem charakteru ich rozkładu, pozwoliła ostatecznie ustalić dokładności wyznaczania wymiaru x na poziomie $\pm 0,88$ mm z prawdopodobieństwem wynoszącym 95%, a dla odcinka y $\pm 0,82$ mm. Jest to dokładność całkowicie wystarczająca dla większości badanych wymiarów karoserii, wzięwszy pod uwagę, że dopuszczalny błąd pomiaru podawany przez znaczną liczbę producentów tego typu urządzeń szacowany jest na poziomie ± 2 mm. Jest oczywiste, że w przypadku pomiaru trójwspółrzędnościowego zawierającego jeszcze składową z dokładność pomiaru się zmniejszy.

5. Urządzenia naprawcze karoserii

Większość napraw wykonuje się śledząc zmiany wymiarów karoserii. Występuje wiele odmian urządzeń naprawczych w postaci ram wyposażonych w jedną lub wiele wież naciągowych o różnej sile naciągu oraz różnych wymiarach w zależności od gabarytów naprawianej karoserii. Występują także urządzenia naprawcze montowane bezpośrednio w posadzkach hali naprawczej, przy czym wieże naprawcze łączone są naciągami mocowanymi do ceowników wmontowanych w posadzkę na stałe.

Na przykład firma Autorobot wytwarza wielofunkcyjne ramy naprawcze pod nazwą Autorobot XLS+ i odmianę Autorobot XLS II+, które reprezentują środkowy segment stanowisk naprawczych wśród rozwiązań Systemu Autorobot. Opatentowana wieża naciągowa wykonana z aluminium pozwala na wykonywanie naciągu w górę, dzięki teleskopowej górnej belce, która może być ustawiana w trzech pozycjach kątowych.

Rama naprawcza XLS+ jest typu najazdowego. Skraca to fazę wstawiania i zakotwienia pojazdu. Może być rozbudowywana o dowolne moduły łącznie z przystawką wielofunkcyjną II SUPER z centralnym siłownikiem hydraulicznym (naciąg 10 t, pchanie 6 t).

Urządzenie XLS+ może być także zastosowane jako podnośnik w czasie wymiany części samochodowych. Umożliwia stosunkowo łatwy dostęp do podwozia pojazdu, silnika lub elementów zawieszenia. Urządzenie wyposażone w belki przedłużające i zestaw do podparcia karoserii umożliwia wykonywanie napraw najbardziej skomplikowanych karoserii.

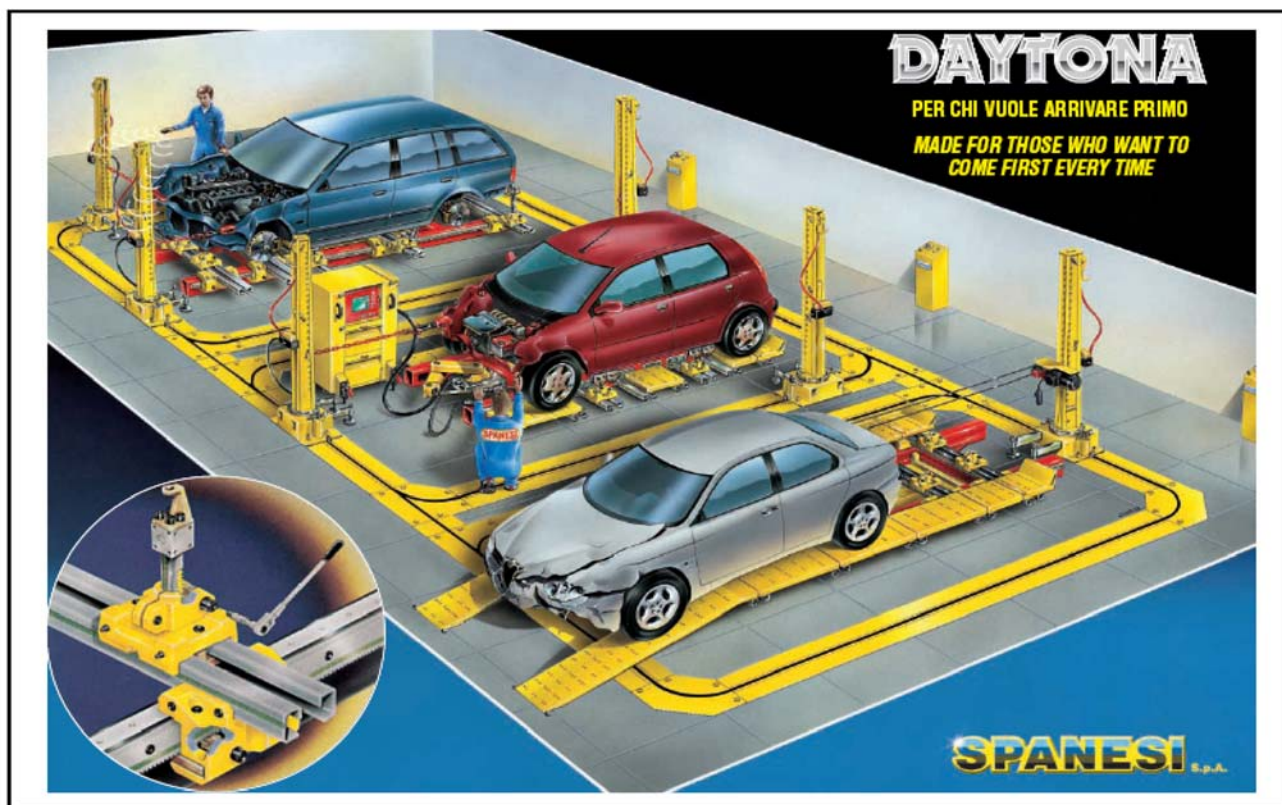


Il. 10. Widok systemu Autorobot IV obejmującego urządzenie pomiarowe i naprawcze

Bardziej rozbudowanym systemem naprawczym jest Autorobot IV (il. 10), który jest zbudowany na ramie stacjonarnej typu najazdowego. Składa się z siedmiu siłowników hydraulicznych dwustronnego działania sterowanych „pilotem” oraz sześciu wież naciągających w dowolnych kierunkach. Możliwość regulowania wysokości i obrotu samochodu zapewnia dostęp do wszystkich partii pojazdu oraz daje możliwość demontowania całych zespołów. Suport ramy pozwala na prostowanie dachu, podłogi, słupków i elementów szkieletu nadwozia lub ramy pojazdu bez konieczności używania łańcuchów naciagowych. Zwarta budowa wymaga powierzchni 4x6 m.

Autorobot IV reprezentuje profesjonalne stanowisko naprawcze przeznaczone dla bardzo dużych serwisów specjalizujących się w naprawach blacharskich. Rama pozwala na utrzymanie stosunkowo dużej przepustowości naprawianych pojazdów. Wielokierunkowy suport naciągający wraz z możliwością teleskopowego przedłużania oraz stosunkowo duże siły zapewniają naprawę bardzo długich i sztywnych pojazdów takich jak ramowe samochody terenowe czy dostawcze.

Naciąganie jest możliwe z siłą 10 ton, a pchanie 6 ton i obejmuje prostowanie dachu bez łańcuchów, prostowanie podłogi itp. Umożliwia dotarcie do trudno dostępnych miejsc. Rama naprawcza Autorobot IV ma masę 2100 kg i może unieść 4000 kg.



Il. 11. Naprawczy system podłogowy DAYTONA firmy Spanesi

Firma Chief Automotive Technologies [5] oferuje ramy naprawcze Impulse dostępne w dwóch wersjach Impulse i Impulse E/VHT, które różnią się wymiarami ramy podstawowej i wyposażeniem. Wjazd na ramę podstawową ułatwiają specjalne podjazdy. Pojazd jest mocowany w sposób umożliwiający regulację wysokości, na której ma być zamocowany samochód. Urządzenie wyposażone jest w pompę elektryczno-hydrauliczną. Rama może być wyposażona w dwie lub trzy wieże naciągowe o konstrukcji teleskopowej, dzięki czemu ramę można dostosować do wielkości pojazdu. Na wieżach znajdują się regulowane kołnierze podtrzymujące łańcuchy naciągowe. Rama zawiera 172 otwory mocujące, a w przypadku ramy Impulse E/VHT w 192 otwory. Sterowanie pneumatycznohydrauliczne odbywa się za pomocą przycisku nożnego.

Z grupy urządzeń, które stosują mocowanie podłogowe, na uwagę zasługują system o symbolu 5000 firmy Celette [4], system naprawczy Korek firmy Blackhawk [2] oraz system naprawczy typu podłogowego firmy Spanesi [13] pod nazwą Daytona. Na il. 11 zaprezentowano tego typu urządzenie firmy Spanesi.

Urządzenie naprawcze Daytona może być montowane na powierzchni lub w podłodze. Umożliwia ono dokonywanie ciągnięć w procesie naprawy samochodu z dużą siłą przez kilka wień ciągnących jednocześnie. Wymiary jednego stanowiska wynoszą: długość 6570 mm, szerokość 3500 mm, wysokość 270 mm. W przypadku zamontowania podnośnika nożycowego, wyposażonego w elektrohydrauliczne siłowniki, możliwe jest podnoszenie z siłą 5 ton.

Literatura:

- [1] Autorobot Finland Oy – www.autorobot.com. J. Sobański Auto System. www.sobanski.com.pl
- [2] Blackhawk. www.blackhawkcr.com. NTS Narzędzia Technika Serwisowa Sp. z o.o. www.nts.com.pl
- [3] Car-O-Liner (Szwecja). www.car-o-liner.se, C.T.S. Sp z o.o. www.car-o-liner.pl
- [4] Celette (Francja) www.celette.com. MASZ s.c. www.ofertamasz.pl
- [5] Chief Automotive Technologies (USA). www.chiefautomotive.com. ARMAL Sp. z o.o. www.armal.pl
- [6] Herkules Auto-Technika Warsztatowa. www.herkules-sc.pl
- [7] Nałęcz A.M. *Systemy pomiarowo-naprawcze pojazdów samochodowych po wypadkach*. Praca dyplomowa magisterska. Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania w Warszawie. Warszawa, 2009
- [8] Pfeifer T., Imkamp, D., Schmidt, R. *Coordinate Metrology and CAx-Application in Industrial Production*. C. Hanser Verlag, Munich 2006
- [9] Raatz B. *Blacharstwo i naprawy powypadkowe samochodów*. Wyd. Oficyna Wydawnicza TROTON. Ząbrowo (www.troton.com.pl). ISDN 83-922340-0-6
- [10] Ratajczyk E., Jastrzębski, A., *Car body geometry measuring systems used in the accident caused damage repair process*. Mechanik nr 10/2009. pp. 844–849
- [11] Ratajczyk E., *Współrzędnościowa Technika Pomiarowa*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2005
- [12] Ratajczyk E., *Ramiona pomiarowe*. Mechanik nr 12/2008, s. 1051–1054; nr 1/2009, s. 38-46; nr 2/2009, s. 104–106
- [13] Spanesi Polska. www.italtecnica.pl, www.spanesi.com

Mateusz MAZEWSKI
Witold TENEROWICZ
Wojciech URBAŃSKI

ZAGADNIENIA EKSPLOATACJI TABORU TRAMWAJOWEGO AGLOMERACJI WARSZAWSKIEJ. ZADANIA TECHNICZNE OBECNE ORAZ TRENDY ROZWOJU

Rozwój systemu komunikacyjnego

Jednym z najważniejszych systemów organizacji życia społecznego współczesnego miasta jest system transportu publicznego. Komunikacja miejska, obok sieci handlowej, usuwania odpadów i ścieków, zaopatrzenia mieszkańców w nośniki energii, zapewnienia łączności – stanowi czynnik rozwoju nowoczesnej metropolii. W przypadku zaniedbań może stać się także skuteczną jego barierą. W niniejszym artykule wskazano podstawowe elementy systemu transportowego Warszawy i wiążące je relacje. Niewątpliwie zasadniczym środkiem komunikacji zbiorowej w stolicy jest tramwaj elektryczny.

Początki tramwaju elektrycznego datowane są na rok 1881, kiedy na ulice miasta Lichterfelde pod Berlinem wyjechał pierwszy taki pojazd. Wkrótce tramwaje podobne jeździły już w Paryżu, Frankfurtu, Brukseli i Wiedniu.

Na terenie Polski, w połowie XIX wieku, gwałtownie rozwijająca się Warszawa coraz bardziej potrzebowała sprawnej komunikacji publicznej. Pierwsze ogólnie dostępne omnibusy pojawiły się w roku 1822, kursowały jednak nieregularnie, głównie w dni świąteczne, i była to raczej komunikacja podmiejska, łącząca ówczesne centrum Warszawy z terenami rekreacyjnymi: Bielanami, Młocinami czy Łazienkami. Impulsami do zmian stała się budowa Kolei Warszawsko-Petersburskiej (1862 r.) oraz budowa pierwszego stałego połączenia obu brzegów Wisły – mostu Kierbedzia (1884 r.). Otwarcie mostu umożliwiło podjęcie starań o budowę tramwaju szynowego. 11 grudnia 1866 roku pierwsza linia tramwaju konnego została oddana do użytku. W ciągu roku wybudowano łącznie 6,2 km torowiska o rosyjskim, szerokim rozstawie 1525 mm (tory klasyczne 1435 mm zostały wprowadzone w stolicy dopiero po drugiej wojnie światowej!). Pierwsza linia Żelaznej Drogi Konnej (bo tak nazywano w owym czasie ten sposób transportu), łączyła Dworzec Warszawsko-Wiedeński (obecnie Centralny), położony w centrum miasta, z Dworcem Petersburskim (obecnie Wileńskim) i umożliwiała pasażerom sprawne przemieszczanie się między oboma dworcami.

W roku 1900 długość wszystkich tras wynosiła już 29,3 km, a tabor liczył 284 wagony i 656 koni, obsługujących 16 linii. Tramwaj konny stanowił istotny postęp w stosunku do omnibusów, szybko jednak okazał się niewystarczający dla obsługi mieszkańców stale rozrastającego się miasta. Przełomem okazało się dopiero zamontowanie w pojeździe silnika elektrycznego. Taki pojazd właśnie zbudowany został przez Wenera von Siemens i zaprezentowany na wystawie przemysłowej w Berlinie w 1879 roku. Ogromne zainteresowanie nowym rodzajem trakcji spowodowało, iż wiele metropolii już w końcu XIX wieku dysponowało tramwajami elektrycznymi.

Tymczasem Warszawa pozostawała na uboczu przemian. Na przełomie XIX i XX wieku energia elektryczna stanowiła w dalszym ciągu synonim luksusu. W owym czasie w ciągu 15 lat liczba ludności stolicy wzrosła o połowę, z 501 tys. w roku 1893 do 751 tys. w roku 1908. Szybki rozwój oraz różnicowanie urbanistyczne i demograficzne spowodowały ko-

nieczność szukania sprawniejszej i szybszej komunikacji miejskiej. W roku 1902 przy okazji podejmowania decyzji o kierunkach elektryfikacji miasta, podjęto także plany zelektryfikowania trakcji tramwajowej. Niestety ograniczenia finansowe doprowadziły do upadku tego pierwszego projektu. Kolejną próbę podjęto już w roku następnym, kiedy to Zarząd Tramwajów zlecił spółce Siemens-Schuckert opracowanie projektu elektryfikacji sieci tramwajowej oraz jej rozbudowy o kolejne 25 km. W lutym 1905 roku podpisano umowę i jesienią tego roku ruszyły prace elektryfikacyjne. Jednym z najistotniejszych problemów było zagadnienie zasilania. Od razu zdecydowano, że sieć będzie prądu stałego o napięciu 600 V; decyzja okazała się trafna, tak też pozostało do dziś. Jednocześnie rozpoczęto budowę samodzielnej elektrowni do zasilania wozów trakcyjnych. Wybudowano ją w latach 1905–08 przy ulicy Przyokopowej 28. Całkowita moc trzech zainstalowanych w niej turbin parowych wyniosła 3600 kW.

Uroczyste otwarcie pierwszego odcinka trasy – od placu Krasińskich do Rogatek Mokotowskich – nastąpiło 26 marca 1908 roku. Dzięki zastosowaniu najlepszych wówczas rozwiązań technicznych i doskonałej precyzji wykonania tramwaje elektryczne stały się w pierwszych latach funkcjonowania synonimem niezawodności budzącym podziw nie tylko mieszkańców Warszawy, ale i wielu gości z zagranicy. Zaplecze techniczne mieściło się w trzech byłych remizach tramwajów konnych: na Muranowie, na Mokotowie i na Woli, gdzie wybudowano nowoczesne Warsztaty Główne.

Tabor dostarczył wspomniany koncern Siemens-Schuckert. Wagony wykonane były w bardzo dobrym guście i z niezwykłą starannością. Przedział pasażerski podzielony był na klasy: pierwszą i drugą. Początkowo eksploatowano wyłącznie wozy motorowe, jednak wobec ogromnego zainteresowania pojazdami ze strony mieszkańców, bardzo szybko dokupiono do nich, bądź przerobiono z trakcji konnej, wozy przyczepne. Do roku 1910 zrealizowano wszystkie założone w projekcie prace związane z budową tramwajów elektrycznych. Większość linii została zelektryfikowana.

Rozwój tramwajów został przerwany przez wybuch pierwszej wojny światowej. Niemieckie wojska okupacyjne traktowały tramwaje jako zdobycz wojenną, rabując cenniejsze materiały, np. miedziane linie zasilające. Po odzyskaniu niepodległości Warszawa stała się stolicą młodego państwa, co wiązało się z ogromnymi wyzwaniem w dziedzinie komunikacji miejskiej. Przystąpiono do napraw zniszczonych wozów, kupowano także nowe, m.in. w spółkach polskich: Zieleniewski, Lilpop Rau i Loewenstein, Gostyński. Szczególnie cennie były pierwsze wagony silnikowe o zabudowanych i zamykanych pomostach oraz siedzeniach wyściełanych skórą – zwane pullmannami. Pudła tych wagonów spoczywały na niższych podwoziach, a budowane były nowoczesną techniką spawania. Przedsiębiorstwo Tramwaje i Autobusy m.st. Warszawy w drugiej połowie lat trzydziestych miało znakomitą kondycję ekonomiczną, stawianą jako wzór wielu światowym przedsiębiorstwom komunikacji miejskiej. Ten okres w dziejach tramwajów Warszawy zakończył się we wrześniu 1939 roku.

Lata okupacji przyniosły tramwajom wielkie przeciążenie oraz kryzys ekonomiczny przedsiębiorstwa. Realizowane w latach 1939–41 dostawy taboru, pierwotnie przewidziane dla Warszawy, zostały przywłaszczone przez Niemców i skierowane na ulice Berlina oraz Gdańska. Wobec zmniejszającej się liczby sprawnych wozów Niemcy sprowadzili do Warszawy wysłużone wagony doczepne z Düsseldorfu.

Powstanie Warszawskie spowodowało olbrzymie straty w infrastrukturze miejskiej, w tym również komunikacyjnej. Najbardziej ucierpiała zajezdnia Muranów, która została niemal zrównana z ziemią. Ponadto spaliły się hale w zajezdniach Wola i Mokotów, wysadzono w powietrze zajezdnie Praga i Rakowiec oraz zburzono elektrownię tramwajową. Część taboru wywieziono do Poznania, reszta uległa zniszczeniu bądź uszkodzeniu podczas walk. Po wojnie trzeba było właściwie wszystko zaczynać od początku. Zmieniono rozstaw torów na klasyczny, zachodnioeuropejski, zaczęto budować torowiska prowadzone nie w jezdni, ale wydzielone. Tabor początkowo składał się z wagonów, które udało się wydobyc z gruzów. Wprowadzano do eksploatacji także tramwaje otrzymane z Wrocławia

i rewindykowane z Berlina. Od 1949 roku zaczęto dostarczać tramwaje typu N/ND produkowane w Chorzowie w Konstalu, jednak w niewystarczającej liczbie. W efekcie, aż do 1954 roku nadal, eksploatowano całą mozaikę typów, niekiedy rodem z *fin de siècle'u*.



Il. 1. Tramwaj typu N z roku 1949 produkcji Konstal



Il. 2. Tramwaj typu 13N z roku 1960 produkcji Konstal Chorzów

Na początku lat pięćdziesiątych prawie nie budowano nowych tras tramwajowych. Głównym środkiem komunikacji miejskiej miało być metro i trolejbusy. Około 1953 roku okazało się jednak, że metro nie zostanie zbudowane. Tramwaje ponownie wróciły do łask. Zwiększyło się tempo dostaw wozów N/ND, które zaczęto intensywnie ulepszać i modernizować. Przystąpiono do budowy torów na ciągu trasy N-S (obecnie Jana Pawła II). W roku 1955 oddano do użytku nowoczesną zajezdnię Mokołów przy ul. Woronicza. Powstało przedsiębiorstwo Miejskie Zakłady Komunikacyjne, zajmujące się całokształtem zagadnień związanych z komunikacją pasażerską w Warszawie.

Na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych rozwijająca się komunikacja autobusowa i samochodowa stała się bardziej atrakcyjna od powolnych, przeładowanych

tramwajów. Składały się one wówczas z przestarzałych wozów silnikowych ciągnących nie-
rzadko po dwie doczepy.

Na początku lat sześćdziesiątych fabryka Konstal rozpoczęła produkcję i dostawy dla War-
szawy szybkobieżnego modelu 13N, będącego przedstawicielem rozrusznikowych tramwajów
nowej generacji. Łącznie w latach 1961–70 Warszawa otrzymała 838 jednostek typu 13N.

Do największych niewątpliwie osiągnięć tego okresu należy oddanie do użytku w ro-
ku 1963 zajezdni Żoliborz przy ulicy Pstrowskiego. Już wówczas planowano, że stanowić
będzie ona zaplecze dla tramwajów szybkobieżnych.

Lata siedemdziesiąte nie były korzystnym okresem dla rozwoju komunikacji tramwa-
jowej w Warszawie. Zaniechano budowy nowych tras, zlikwidowano wiele odcinków układu
torowego. Następową jednak wymiana i unowocześnianie eksploatowanego taboru. W la-
tach 1975 i 1976 stolica otrzymała 100 wagonów typu 105N, wyprodukowanych na bazie
doświadczeń eksploatacyjnych wagonu 13N. Był to jednak wyrób nie do końca dopracowa-
ny, wykonany oszczędnościowo, o słabej konstrukcji mechanicznej nadwozia. Mimo to tak
duża dostawa umożliwiła ostateczne wycofanie z ruchu wszystkich wagonów starego typu
(N/ND, Pullmannów). Jest interesujące, że niektóre z tych wagonów do dziś świetnie słu-
żą pracownikom tramwajów jako wozy techniczne, transportowe, pługi śnieżne itd.

Od roku 1984 rozpoczęły się dla Warszawy dostawy wagonów 105Na, stanowiących
ulepszoną pod względem konstrukcyjnym i technologicznym wersję taboru 105N. Dosta-
wy te umożliwiły stopniowe wycofywanie z ruchu wyeksploatowanych tramwajów 13N.
Poziom techniczny taboru 105Na nadal nie w pełni zadowalał warszawskich tramwajarzy.
Prowadzono systematyczną obserwację wyników eksploatacyjnych, w oparciu o które uno-
wocześniano układy elektryczne i mechaniczne.

W tym okresie zaczęto kłaść większy niż dotychczas nacisk na takie zagadnienia, jak
uciążliwość dla środowiska, koszty eksploatacji, dostępność dla osób starszych i niepełno-
sprawnych, jakość i komfort obsługi pasażerów, warunki pracy prowadzących tramwaje.

W wyniku przeprowadzanych prób i badań od roku 1993 rozpoczęto dostawy kolej-
nych, unowocześnionych wersji taboru, oznaczanych jako: 105Nb, e, f, ..., z, 105N2k.
W wagonach tych stopniowo wprowadzano takie układy, jak: odsprężynowanie zestawu ko-
łowego wkładkami „Meggi”, napęd drzwi nowej generacji, przetwornica statyczna, układ
tyrystorowy obwodu rozrządu, napęd elektryczny pantografu, nowe rozwiązania stanowi-
ska motorniczego, elementy elektroniki w obwodach pomocniczych rozrządu. Rozwiązania
te wprowadzane są także, w miarę posiadanych środków finansowych, do konstrukcji star-
szych przy ich modernizacji realizowanej podczas napraw głównych.



Il. 3. Tramwaj typu 116Na z roku 1999, produkcji Alstom Konstal

W roku 1998, w dziewięćdziesiątą rocznicę wprowadzenia trakcji elektrycznej w Warszawie, rozpoczęły się dostawy taboru nowej generacji typu 116N/Na. Są to wagony trójczłonowe, niskopodłogowe, z falownikowym obwodem rozrządu i silnikami prądu przemiennego. Tabor ten zbliżył warszawską komunikację do standardów europejskich.

W dniu 27 stycznia 2005 r. Tramwaje Warszawskie ogłosiły wyniki przetargu na dostawę 30 pojedynczych wagonów wysokopodłogowych. Zwycięzcą została Fabryka Pojazdów Szynowych (Cegielski) z Poznania z tramwajem 123N. Pierwsze wagony przybyły do Warszawy w styczniu 2007 r.

W tramwaju typu 123N zastosowano szereg rozwiązań o wysokim poziomie technicznym. Należy zwrócić uwagę przede wszystkim na:

- pudło wykonane z blach ze stali nierdzewnej,
- ściany czołowe wykonane z tworzyw, łatwe do wymiany w razie kolizji,
- panoramiczna przednia szyba motorniczego, wklejane szyby boczne,
- impulsowy układ rozruchu oparty o tyrystory GTO (projekt IEL, produkcja Woltan),
- zasilanie obwodów pomocniczych z przetwornicy statycznej PSM-8 (prod. Mediom),
- nowoczesny pulpit motorniczego z wbudowanym czuwakiem,
- system komunikacji z pasażerami.

Wymienione elementy, uzupełnione o zaawansowane układy napędu i sterowania, odnaleźć można oczywiście w najnowocześniejszych obecnie wozach – 120Na Swing.



Il. 4. Najnowocześniejszy tramwaj przedsiębiorstwa TW typu 120Na, niskopodłogowy, 2010 r.

Podsumowując przegląd dotychczasowych rozwiązań konstrukcyjnych rozwijanego od ponad stu lat taboru tramwajowego Warszawy wymienione zostaną typy aktualnie używanych wozów oraz ich producenci. Są to: 13N (Konstal Chorzów), 105Na (Konstal Chorzów), 112N (Konstal S.A. Chorzów), 105N2k (Alstom Konstal S.A. w Chorzowie), 116N (Alstom Konstal S.A. w Chorzowie), 105N2k/2000 (Alstom Konstal S.A. w Chorzowie), 120N (PESA Bydgoszcz), 123N (Hipolit Cegielski Poznań) oraz 120Na Swing (PESA Bydgoszcz).

13 czerwca 2010 roku pierwszy z nowo zamówionych składów typu 120Na Swing wyjechał na trasę. W czasie Euro 2012 jeździło ich 120. Ostatecznie wszystkie z zamówionych 186 sztuk będą dostarczone do 2013 roku, zastępując najstarsze pojazdy typu 13N i dużą część 105N.

Organizacja i zasoby przedsiębiorstwa Tramwaje Warszawskie Sp. z o.o.

Przedsiębiorstwo Tramwaje Warszawskie Sp. z o.o. (TW), zajmujące się prowadzeniem komunikacji tramwajowej na terenie miasta Warszawa, powstało 1 marca 1994 roku w wyniku podziału majątku Miejskich Zakładów Komunikacyjnych (MZK). Obecnie jest zakładem budżetowym miasta stołecznego. 1 stycznia 2003 roku firma została przekształcona w jednoosobową spółkę prawa handlowego, funkcjonującą pod obecną nazwą *Tramwaje Warszawskie Sp. z o.o.* Początkowo siedziba spółki mieściła się w dzierżawionych pomieszczeniach przy ul. Senatorskiej 37. W kwietniu 2005 roku przeprowadzono się do własnych budynków przy ul. Siedmiogrodzkiej 20. Dnia 6 sierpnia 2008 roku między Tramwajami Warszawskimi, a prezydentem Warszawy Hanną Gronkiewicz-Waltz i dyrektorem Zarządu Transportu Miejskiego Leszkiem Rutą zawarta została umowa na lata 2008–2027 na świadczenie usług przewozowych, która umożliwia realizację wielu kosztownych inwestycji takich, jak zakupy nowego taboru czy budowa kolejnych tras tramwajowych.

Głównym zadaniem spółki jest prowadzenie przewozów tramwajowych na terenie Warszawy, a w szczególności:

- eksploatacja taboru tramwajowego,
- zakup, wymiana i naprawa taboru tramwajowego,
- inwestycje w infrastrukturę tramwajową (budowa nowych tras, remonty, bieżące naprawy).

Dochód spółki generowany jest zarówno poprzez świadczenie usług przewozowych na podstawie umowy z Zarządem Transportu Miejskiego w Warszawie, jak i działalność poza-przewozową.

Przedsiębiorstwo Tramwaje Warszawskie jest znaczącym pracodawcą na terenie stolicy. W lipcu bieżącego roku charakteryzowało się następującymi wskaźnikami eksploatacyjnymi:

zatrudnienie pracowników (ogółem): 3 411 osób,

w tym:

- motorniczowie – 1259,
- pracownicy zaplecza i obsługi – 1 524,
- pracownicy administracji – 628;

wozy w ruchu:

- w dni powszednie (w szczycie) – 660 wozów,
- w niedziele i święta – 373.

Podstawowym składnikiem majątku przedsiębiorstwa TW są cztery zajezdnie tramwajowe. Zlokalizowano je w różnych dzielnicach miasta, tak by sprawnie garażować i naprawiać pojazdy kursujące po przypisanych im liniach. Oto one:

- Zakład Eksploatacji Tramwajów R-1 Wola – ul. Młynarska,
- Zakład Eksploatacji Tramwajów R-2 Praga – ul. Kawęczyńska,
- Zakład Eksploatacji Tramwajów R-3 Mokotów – ul. Jan Pawła Woronicza,
- Zakład Eksploatacji Tramwajów R-4 Żoliborz – ul. Zgrupowania AK „Kampinos”.

Infrastrukturę tramwajową eksploatowaną przez Tramwaje Warszawskie Sp. z o.o. tworzą obiekty związane z siecią torową i siecią zasilania trakcyjnego.

Podstawowym elementem składowym infrastruktury torowej jest torowisko, rozumiane jako pas drogi szynowej, po której jeżdżą tylko tramwaje (są to torowiska wydzielone z jezdni), albo pas jezdni z wbudowanymi torami, po której jeżdżą zarówno tramwaje, jak i samochody (są to torowiska wspólne z jezdnią).

Całkowita długość obsługiwanych tras jest bardzo poważna. Przedsiębiorstwo zarządza imponującą długością torów 276,5 km (w przeliczeniu na jeden tor), z których eksploatowanych jest przez ruch osobowy – 241,0 km. Udział torowisk wydzielonych z jezdni (w łącznej długości torowisk eksploatowanych w ruchu pasażerskim) wynosi ok. 80% (ok. 200 km).

Na sieci Tramwajów Warszawskich Sp. z o.o. eksploatowanych jest ok. 750 zwrotnic, z czego około 90% jest ogrzewanych w celu utrzymania ich pełnej sprawności w warunkach zimowych, a ok. 25% jest sterowanych drogą radiową. Radiowa obsługa zwrotnic umożliwia szybkie i automatyczne ustawianie kierunku jazdy.

Obecnie liczba uruchomionych linii wynosi 22. Codzienna obsługa pasażerów w okresie całego roku przynosi w efekcie imponujący wskaźnik wozokilometrów równy – 3 775 998 km (listopad 2011 r.).

Nowoczesne tramwaje zasilane są z rozpiętej nad torem sieci elektrycznej. Energię do niej dostarczają podstacje trakcyjne. Jednak tramwajowa infrastruktura trakcyjna jest dużo bardziej złożona i składają się na nią:

- podstacje trakcyjne dostosowujące prąd dostarczany z miejskiej sieci energetycznej do charakterystyki wymaganej przez systemy zasilania tramwajów,
- sieć kablowa przewodząca prąd z podstacji do sieci trakcyjnej,
- sieć trakcyjna przebiegająca nad torowiskami, z której za pośrednictwem pantografu jest pobierany prąd zasilający silniki trakcyjne tramwaju.

Cała sieć trakcyjna tramwajowa zasilana jest z 41 podstacji. Rozmieszczenie podstacji, ich moc zainstalowana wynikają z przeprowadzonych obliczeń obciążeń zasilanych linii komunikacyjnych.

W skład każdej podstacji wchodzi:

- rozdzielnica średniego napięcia,
- zespół prostownikowy:
 - a) transformator prostownikowy,
 - b) prostownik;
- rozdzielnica prądu stałego,
- szyna zbiorcza kabli powrotnych,
- układy automatyki pomiarowej powrotnych i zabezpieczeniowej.

Sieć trakcyjna tramwajowa ma łączną długość kilkuset kilometrów toru pojedynczego. Względy elektryczne wymuszają odpowiedni podział jej na rejony zasilania obsługiwane przez poszczególne podstacje. Rejony dzielone są następnie na odcinki zasilania (w ramach jednej podstacji), zwane sekcjami. Jedna podstacja zasila ok. 7 km pojedynczego toru sieci trakcyjnej, zaś typowa sekcja ma długość ok. 700 m i jest zasilana jednostronnie. W przeważającej większości sekcja obejmuje odcinek ruchu w jedną stronę. Warto zaznaczyć, że odcinek sekcyjny na wypadek awarii może być zasilony z sekcji równoległej lub w niektórych przypadkach z sąsiedniej. Tak samo rejon zasilania może być zasilony z podstacji sąsiedniej, oczywiście przy ograniczonej przepustowości.

Typowa podstacja trakcyjna w Warszawie jest budynkiem wolnostojącym, parterowym przeważnie na wydzielonej i ogrodzonej działce umożliwiającej ułożenie wszystkich kabli trakcyjnych oraz doprowadzenie co najmniej dwóch przyłączy średniego napięcia, tj. podstawowego i rezerwowego. Obecnie wszystkie podstacje dysponują mocą aż 128 MW. Dla porównania przypomnieć warto, iż całkowita moc elektrowni tramwajowej 1 września 1939 roku wynosiła 10 500 kW.

Wszystkie podstacje pracują w trybie bezobsługowym, zaś kontrola ich pracy jest realizowana 24 godziny na dobę przez Centralną Dyspozytornię Energetyczną, skąd możliwe jest również zdalne sterowanie podstacjami.

Dla mieszkańców Warszawy nieprzytoczone, istotne fakty techniczne, pozwalające należycie zaspokajać potrzeby komunikacyjne stolicy, są najważniejsze. Najważniejszy jest niewątpliwie tabor, z którego na co dzień korzystają. Poniżej zestawiono wykaz wozów wykorzystywanych obecnie przez warszawskich tramwajarzy.

Tabela 1. Wykaz typów taboru eksploatowanego przez Tramwaje Warszawskie Sp. z o.o.

TYP WAGONU	ZAKŁAD EKSPLOATACJI TRAMWAJÓW				RAZEM
	R-1	R-2	R-3	R-4	
13N	-	-	53	100	153
105N	35	-	-	-	35
105Na	1	71	102	107	281
105Nb	-	-	4	1	5
105Ne	-	4	18	-	22
105Nf	-	16	26	2	44
105Ng	-	2	-	-	2
105Nm	-	-	12	2	14
105N-MWAs	2	-	-	-	2
105N2k	70	-	-	-	70
105N2k/2000	42	-	-	20	62
105Nz	2	-	-	-	2
112N	-	1	-	-	1
116N	1	-	-	-	1
116Na	-	2	-	-	2
116Na/1	-	26	-	-	26
120N	-	-	5	-	15
120Na	11	27	13	19	70
123N	30	-	-	-	30
RAZEM	194	149	243	251	837

Zagadnienia eksploatacyjne

Tramwaj jest jedynym pojazdem szynowym, który porusza się w ruchu drogowym. Oznacza to, że jego układy napędowe muszą być konstruowane według szczególnych wymagań.

Warunki pracy silnika trakcyjnego są bardzo trudne. Składają się na nie złożone cykle obciążeń (częste rozruchy i hamowania, przeciążenia) oraz ekstremalne niejednokrotnie warunki środowiskowe (zapylenie, udary mechaniczne, wilgoć, wysokie latem i bardzo niskie zimą wartości temperatury otoczenia). Suma narażeń prowadzić może do awaryjnego zjazdu tramwaju z trasy i poddania go nieplanowanemu remontowi.

Niestety wśród pierwotnych przyczyn awarii układów napędowych podaje się także nie zawsze właściwą technikę prowadzenia pojazdu przez motorniczego, wadliwą obsługę maszyn podczas cyklicznych ich przeglądów przez zatrudnionych oraz usterki technologii remontów.

Najczęściej występujące uszkodzenia związane są z niedomaganiem bądź zniszczeniem zespołów elektrycznych maszyn. Szczególnie wrażliwe jest uzwojenie wirnika. Odnotowywane są częste przypadki zwarcia do masy, szczególnie w obszarze połączeń z komutatorem. Spalenie cewek stojana następować może w wyniku mechanicznego uszkodzenia izolacji cewek wzbudzenia, na skutek przedostania się do ustroju maszyny odłamków tłuczni podtorza porywanych strumieniem powietrza chłodzącego, a także montażem podczas remontów wyeksploatowanych cewek.



Il. 5. Spalone uzwojenia silnika trakcyjnego

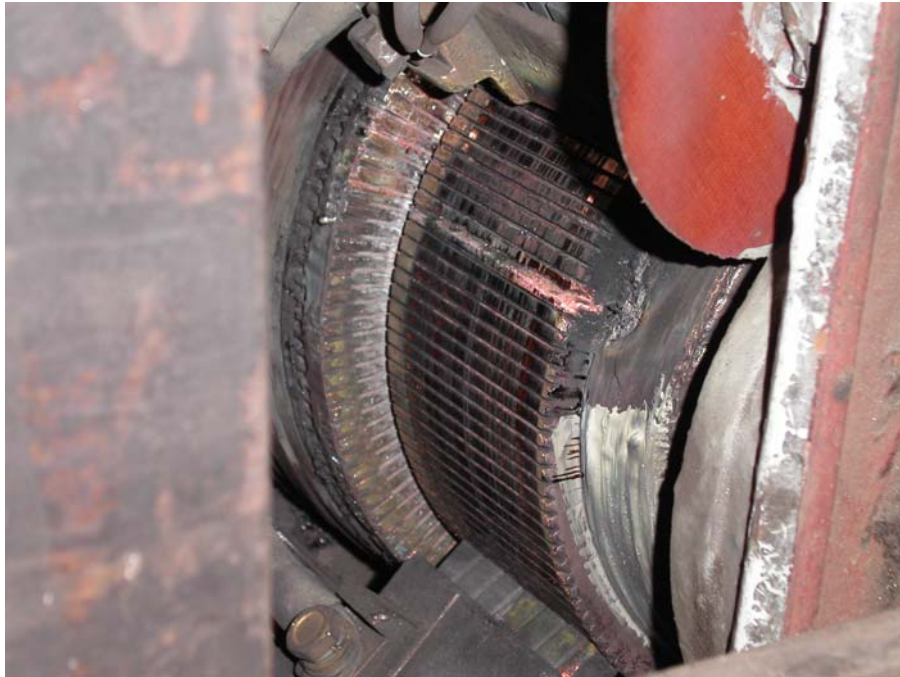
Bardzo duże zapylenie jest spowodowane niewłaściwym materiałem szczotek, zeszlifowanymi opiłkami hamulców i szyn. Sedymentacja i nasycenie wilgocią prowadzi do częstego, powierzchniowego przebicia izolatorów szczotkotrzymaczy.

Węzeł komutacyjny jest także szczególnie narażony na uszkodzenia mechaniczne. Drgania w połączeniu z wysoką temperaturą, iskrzeniem, a nawet łukiem elektrycznym prowadzą do wysuwania działek komutatora. Procesowi degradacji podlegają w takich warunkach trzymadła szczotkowe oraz sprężyny dociskowe szczotek. Nagminne jest także pękanie kabli zasilających na wejściu do skrzynki kablowej oraz uszkodzenia łożysk.

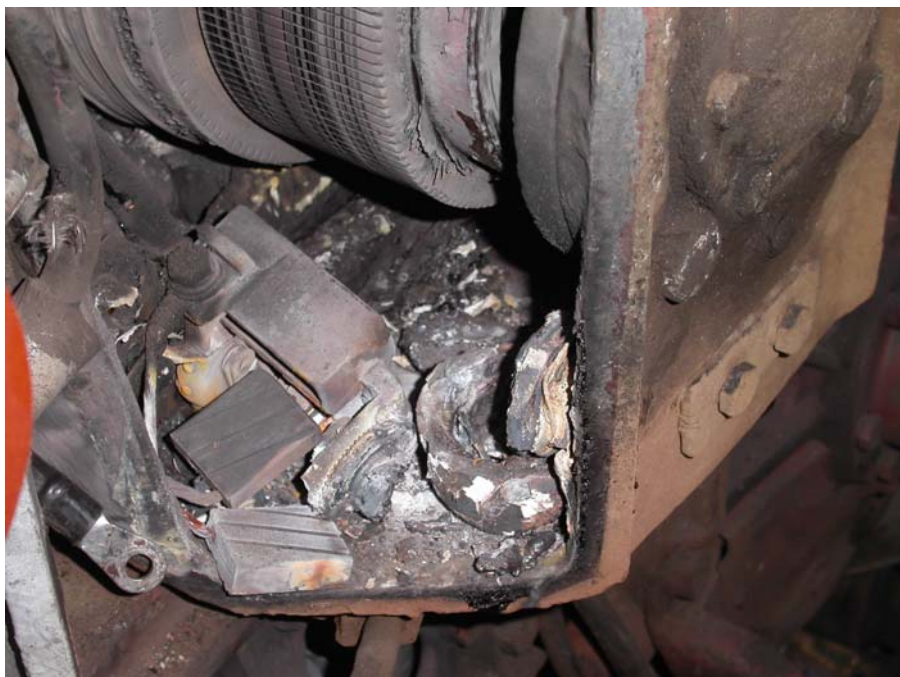
Niewątpliwie prawidłową eksploatację silników napędowych utrudnia różnorodność ich typów i mocy. Klasycznym silnikiem napędowym stosowanym w trakcji elektrycznej jest maszyna prądu stałego (DC). Nowoczesne wozy tramwajowe napędzane są natomiast silnikami indukcyjnymi klatkowymi trójfazowymi prądu przemiennego (AC).

Oto kilka przykładów tej dużej różnorodności silników napędowych:

- tramwaj 13N obsługuje 4 silniki DC o mocy 40 kW,
- tramwaje 105Ng, 105N1 i 2k są obsługiwane przez 4 silniki DC o mocy 40 kW lub 45 kW, tramwaje 105 Nz zaś już przez silniki AC,
- tramwaj 112N obsługuje 6 silników DC o mocy 40 kW,
- tramwaj 116N obsługuje 4 silniki DC o mocy 50 kW, 116Na – silniki AC 75 kW,
- tramwaj 120N obsługuje 4 silniki AC 105 kW.



Il. 6. Zniszczony komutator i uszkodzone bandaże



Il. 7. Zniszczone trzymadło szczotkowe i uszkodzone kable zasilające

Autorzy publikacji od kilkudziesięciu już lat analizują informacje na temat przyczyn uszkodzeń poszczególnych elementów napędowych stołecznych tramwajów. Wnioski z nich wpływające prezentowane są na konferencjach naukowo-technicznych, także przekazywane bezpośrednio producentom i służbom warsztatowym. Obserwowany i potwierdzony jest stały spadek awaryjnych zjazdów tramwajów. Ich wskaźniki (liczone liczbą zjazdów na 10 tysięcy przejechanych kilometrów) są coraz niższe. Szczególnie pozytywny wpływ na wzrost dyspozycyjności taboru mają kolejne modernizacje układów mechanicznych i elektrycznych w nowych typach wozów wprowadzanych na ulice miasta. Jako przykład niech posłuży zamiana klasycznego rodzaju sterowania silnikami trakcyjnymi – rezystorowego, na rozruch tyrystorowy. W wozach sterowanych impulsowo funkcję rezystorów rozruchowych przejął przekształtnik impulsowy, zapewniający płynną zmianę napięcia podawanego do silników.

Zastosowanie przekształtników tyrystorowych poprawiło jakość rozruchu, ograniczyło straty energii i umożliwiło jej odzysk podczas hamowania. Jednocześnie odnotowano głęboką redukcję liczby uszkodzeń silników trakcyjnych. Pozwoliło to obniżyć koszty obsługi oraz wydłużyć dwukrotnie przebiegi pomiędzy cyklicznymi przeglądami do 5,0 tys. km.

Podobną tendencję odnotowuje się przy porównaniu napędów klasycznych DC z nowoczesnymi AC. Silniki prądu przemiennego są wyraźnie trwalsze, odporniejsze na negatywne wpływy środowiskowe, zawierają mniejszą liczbę zużywających się elementów. Nie bez znaczenia pozostaje fakt ich wyższej sprawności, a więc obniżenia kosztów energii elektrycznej. Jest to zwłaszcza widoczne, gdy zaawansowane układy elektroniczne, w które zaopatrywane są tramwaje, umożliwiają zwrot energii do sieci trakcyjnej podczas zatrzymywania pojazdu.



Il. 8. Pęknięta i przepalona sprężyna trzymadła szczotkowego

Rozwój warszawskich tramwajów

Mimo trudnej sytuacji ekonomicznej, z jaką borykają się władze miasta, rozwój warszawskiej komunikacji, przede wszystkim tramwajowej, nie wydaje się zagrożony. W najbliższej przyszłości spodziewać się należy zarówno budowy i modernizacji linii, jak i zakupów nowych wozów. Działania te służyć mają pełniejszemu zaspokojeniu potrzeb komunikacyjnych mieszkańców stolicy.

Podstawowe wymagania dla wagonów przeznaczonych do obsługi nowoczesnej sieci komunikacyjnej można scharakteryzować następująco:

1. Zwiększenie atrakcyjności komunikacji tramwajowej dla pasażerów poprzez poprawę:
 - wystroju przedziału dla pasażerów,
 - komfortu i poczucia bezpieczeństwa przejazdu (wagony ciche, klimatyzowane, monitorowane, wielkopojemne),
 - wygody wsiadania i wysiadania (podłoga obniżona do 350 mm nad główkę szyny),
 - informacji wewnętrznej i zewnętrznej, wyposażenia w biletomaty,
 - modernizowanie przystanków (wydłużenie, łączenie przystanków dla tramwajów i autobusów).
2. Zwiększenie trwałości i niezawodności pracy wagonu poprzez zastosowanie zaawansowanych technicznie rozwiązań oraz wysokiej jakości materiałów.

3. Obniżenie kosztów eksploatacji przez:

- wzrost prędkości komunikacyjnej,
- zastosowanie energooszczędnych układów rozruchu i hamowania z rekuperacją,
- wprowadzenie zespołów bezobsługowych lub o mniejszej pracochłonności utrzymania,
- rozbudowę środków łączności i nadzoru ruchu.

Już obecnie na 837 eksploatowanych wagonów przez spółkę Tramwaje Warszawskie – 115 z nich (14%) to pojazdy niskopodłogowe. Kolejne dostawy szybko powiększą liczbę tych wygodnych jednostek. W tramwajach rezerwowane są specjalne miejsca na wózki dziecięce i rowery. Ich wnętrza wyłożono estetycznymi płytami laminatowymi, a siedzenia miękkimi tkaninami. Współczesne, klimatyzowane i szybkie tramwaje w niewielkim już stopniu przypominają te z lat 60. i 70. ubiegłego stulecia.

W najbliższych latach planowane są następujące zintegrowane zadania w zakresie tras tramwajowych:

- modernizacja trasy tramwajowej W-Z (inwestycja w toku),
- modernizacja trasy tramwajowej Dworzec Wileński – Stadion Narodowy – rondo Waszyngtona,
- modernizacja trasy tramwajowej w al. Jana Pawła II,
- modernizacja trasy tramwajowej od placu Zawiszy do ronda Starzyńskiego,
- rozbudowa trasy tramwajowej z Bemowa do ulicy Kasprzaka,
- budowa torów tramwajowych na ul. Krasińskiego,
- obsługa północno-wschodnich obszarów Warszawy komunikacją tramwajową w związku z rozbudową sieci metra, w skład której wchodzi:
 - budowa trasy tramwajowej na Tarchomin przez most Północny,
 - modernizacja trasy tramwajowej na Bródno.

Niewątpliwie kluczową decyzją, która będzie miała zasadnicze znaczenie dla jakości funkcjonowania przedsiębiorstwa TW, jest podjęcie prac wstępnych nad budową kolejnej remizy tramwajowej R5. Zlokalizowana ona będzie na Żeraniu Wschodnim i znakomicie ułatwi zarządzanie ruchem tramwajowym po oddaniu do użytku nowego mostu Północnego.

Kończąc analizę podstawowych zagadnień związanych z eksploatacją trakcji tramwajowej, jej rolę w życiu miasta i trendami rozwoju, należy wspomnieć o właściwym utrzymaniu infrastruktury torowej. Wymagana niezawodność eksploatacyjna zmusza do prowadzenia planowych i systematycznych zabiegów konserwacyjno-naprawczych mających na celu zapewnienie odpowiedniej trwałości torowisk. Trwałość ta jest różna dla poszczególnych odcinków tras i zależy m.in. od rodzaju konstrukcji torowiska, układu geometrycznego (odcinki proste, łuki, rozjazdy), natężenia ruchu tramwajów i sposobu obciążenia (ruch samochodów i tramwajów lub tylko tramwajów). Średni okres eksploatacji torowiska tramwajowego w Warszawie wynosi nieco ponad 20 lat. Po tym czasie torowisko należy wyremontować. Tramwaje Warszawskie Sp. z o.o. wykonują rocznie remonty na długości około 15 km.

Dla zwiększenia trwałości torowisk tramwajowych oraz dla obniżenia kosztów ich bieżącego utrzymania od ok. 10 lat wykonuje się coraz częściej torowiska o konstrukcji bezpodsypkowej. Ma to miejsce zwłaszcza w torowiskach wspólnych z jezdnią i w węzłach rozjazdowych. Konstrukcje bezpodsypkowe umożliwiają stosowanie ciągłego, sprężystego mocowania szyn oraz ich zakrywania specjalnymi elementami tłumiącymi, które przy eksploatacji taboru zapewniają skuteczne obniżenie hałasu i wibracji wywołanych ruchem tramwajów, oddziałujących niekorzystnie na ludzi oraz budynki w otoczeniu tras tramwajowych. Szersze stosowanie na sieci Tramwajów Warszawskich konstrukcji bezpodsypkowych wraz z pokrywaniem ich trawą nie tylko obniża poziom hałasu, lecz także poprawia estetykę miasta, dzięki wprowadzaniu zieleni na ciągach komunikacyjnych.



II. 9. Nowoczesne technologie wykonywania robot torowych

Autorzy artykułu wyrażają nadzieję, że właściwe rozumienie problemów transportowych aglomeracji warszawskiej, zwłaszcza docenienie ogromnych zadań wypełnianych przez tramwaje naszego miasta, umożliwi kontynuowanie działań modernizacyjnych i postawienie komunikacji tramwajowej na najwyższym, satysfakcjonującym mieszkańców poziomie.

Literatura:

- [1] Kazimierczyk I., Tenerowcz W., Urbański W. 2005. *Aspekty eksploatacyjne współczesnych rozwiązań konstrukcyjnych napędów trakcji tramwajowej*. Przegląd Elektrotechniczny 10/2005: 94–98
- [2] Kazimierczyk I., Tenerowcz W., Urbański W. 2005. *Problematyka eksploatacji układów napędowych na tle rozwoju konstrukcji silników trakcji tramwajowej*. XLI International Symposium On Electrical Machines SME'05, Jarnołtówek: 531–536
- [3] Tenerowcz W., Urbański W. 2003. *Tramwaje warszawskie – wczoraj, dziś, jutro*. Seminarium „100 Lat Elektroenergetyki Warszawskiej”, SEP/PW, Warszawa: 79–89
- [4] Tenerowcz W., Urbański W. 2004. *Problematyka eksploatacji i analiza uszkodzeń silników trakcyjnych typu LTd-220 oraz LTb-240*. XL International Symposium On Electrical Machines: „Losses and Efficiency in Electrical Machines”, Hajnówka: 226–233

Katarzyna MAZUR-BELZYT

ENERGIA ODNAWIALNA W KONTEKŚCIE ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

Wstęp

Produkcja energii w Polsce wciąż jeszcze oparta jest na konwencjonalnych źródłach, związanych głównie z węglem kamiennym i brunatnym. Mimo powszechnej świadomości wyczerpywania się tych źródeł, ich negatywnego wpływu na środowisko, a także pomimo rosnącego zainteresowania odnawialnymi źródłami energii (OZE) w naszym kraju energia odnawialna dopiero zaczyna być stosowana na szerszą skalę. Pojęcie odnawialnych źródeł energii zyskuje też coraz więcej uwagi w polityce energetycznej kraju, ustawach, strategiach ochrony środowiska, planach i studiach.

Niewątpliwym impulsem do zmian w sektorze energetycznym stało się polskie członkostwo w Unii Europejskiej. Zgodnie z nowymi, zmienionymi celami UE do 2020 roku Polska powinna osiągnąć 15% udział energii elektrycznej z OZE w ogólnym zużyciu energii elektrycznej brutto. Takie zobowiązania oznaczają konieczność znacznego wzrostu udziału produkcji energii z odnawialnych źródeł, który powinien nastąpić we wszystkich jednostkach sieci osadniczej, proporcjonalnie do ich możliwości i występującego tam potencjału.

W ostatnich latach w Polsce można zaobserwować stały, ale stosunkowo niewielki wzrost wykorzystania OZE (w 2008 roku było to 7,6% całkowitej pozyskanej energii, a w 2009 r. 9,0%). Najwięcej energii odnawialnej pochodzi z biomasy stałej (85,8%). Kolejne pozycje bilansu zajmują: biopaliwa ciekłe (7,1%), woda (3,4%), biogazy (1,6%), wiatr (1,5%), pompy ciepła (0,3%), energia geotermalna (0,2%), promieniowanie słoneczne (0,033%) oraz odpady komunalne (0,012%) [GUS, 2010]. W celu lepszego wykorzystania istniejącego potencjału technicznego OZE konieczne jest stworzenie warunków sprzyjających ich rozwojowi, zwiększenie nakładów finansowych na badania i rozwój technologii oraz rozpropagowanie systemu dofinansowania przedsięwzięć z zakresu energii odnawialnej. Niejednokrotnie barierą trudną do przezwyciężenia są wysokie nakłady inwestycyjne, co może nieść za sobą wyższe w porównaniu z konwencjonalnymi źródłami ceny energii, wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych.

OZE w skali przestrzennej

Uwzględniając koszty produkcji energii, można wyróżnić trzy kategorie technologii OZE [Strategia, 2000]:

- technologie, których koszty produkcji energii są niższe lub porównywalne z kosztami lub cenami konwencjonalnych nośników energii; należą do nich: kolektory słoneczne powietrzne, małe kotły na drewno i słomę obsługiwane ręcznie, automatyczne ciepłownie na słomę, małe elektrownie wodne zbudowane na istniejących spiętrzeniach i instalacje wykorzystujące gaz wysypiskowy;
- technologie, które produkują energię po kosztach wyższych od średnich krajowych cen, ale mogą być konkurencyjne w przypadku wykorzystania kredytów preferencyjnych i dotacji; do tej kategorii zaliczyć można: duże elektrownie wiatrowe sieciowe, ciepłownie automatyczne na biomasę, technologie fotowoltaiczne;

- pozostałe technologie, których koszty produkcji energii są zdecydowanie wyższe niż w przypadku tradycyjnych źródeł, nawet w przypadku uzyskania dotacji w wysokości 50% całkowitych nakładów inwestycyjnych; do tej kategorii należą: kolektory słoneczne, wodne, systemy fotowoltaiczne, małe elektrownie sieciowe, biogazownie rolnicze, ciepłownie geotermalne.

Mimo wspomnianych różnic ekonomicznych pomiędzy poszczególnymi kategoriami technologii OZE, konieczny jest dalszy wzrost wykorzystania potencjału wszystkich źródeł energii, tym bardziej że funkcjonuje szereg instytucji finansowych pomagających pokonać problemy ekonomiczne, związane z wysokimi nakładami inwestycyjnymi. Istnieje wiele możliwości uzyskania wsparcia finansowego w formie kredytów lub dotacji na rozwój energetyki odnawialnej, o które mogą się starać zarówno samorządy, przedsiębiorcy oraz osoby prywatne.

Racjonalne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, w tym energii: rzek, wiatru, promieniowania słonecznego, geotermalnej lub biomasy, stało się jednym z istotnych komponentów zrównoważonego rozwoju. Do wymiernych efektów takiego planowania przestrzennego zaliczyć należy m.in. poprawę efektywności wykorzystania i oszczędzania zasobów surowców energetycznych, poprawę stanu środowiska poprzez redukcję zanieczyszczeń do atmosfery i wód oraz redukcję ilości wytwarzanych odpadów, ale także porządkowanie obszarów zurbanizowanych, a nawet ograniczanie niekontrolowanej suburbanizacji. Pomiedzy wzrostem zapotrzebowania na odnawialne źródła energii a zagospodarowaniem przestrzennym zachodzą relacje, które są współzależne i w istotny sposób wpływają zarówno na przekształcenia środowiska przyrodniczego i krajobrazu, ale także powodują zmiany w strukturze przestrzennej terenów zurbanizowanych [Mazur-Belzyt, Opania, 2009].

Każda decyzja o wykorzystaniu źródeł odnawialnej energii ma swoje reperkusje przestrzenne. Wykorzystanie OZE na terenach zurbanizowanych zależy zarówno od potencjału danego rodzaju energii, jak i rozmieszczenia oraz stopnia ochrony zasobów środowiska przyrodniczego. Jednak im większe znaczenie przykłada się do ochrony i harmonijnego kształtowania czy zagospodarowywania środowiska, tym większe restrykcje nakłada się na możliwości pozyskiwania poszczególnych źródeł energii odnawialnej. Dlatego coraz większego znaczenia nabiera wypracowanie metod pozwalających na uniknięcie konfliktów pomiędzy OZE a otaczającą je przestrzenią.

Sposób pozyskiwania energii z OZE może wywrzeć wpływ na kształt i funkcjonowanie systemu osadniczego, na strukturę miast w skali lokalnej oraz sposób zabudowy w skali urbanistycznej. Ze względu na wagę w niektórych technologiach czynnika przestrzennego istotne może być jego uwzględnianie w planowaniu przestrzennym na wszystkich poziomach (tab. 1.) [Mazur-Belzyt, Opania, 2009].

Tab. 1. Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w różnych skalach przestrzennych

	odbiorcy indywidualni	osiedle, dzielnica	miasto	metropolia lub region
energia ze spadku wód				
– duża elektrownia	–	–	+	++
– mała elektrownia	++	++	+	–
energia słońca	++	+	–	–
energia wiatru	+	+	+	++
energia biomasy	+	+	+	++
energia ziemi				
– naturalna wysokotemp.	–	+	++	+
– pokopalniana	–	++	+	–
– pompa ciepła (niskotemp.)	++	+	–	–
Inne źródła energii magazyny ciepła	+	+	+	++

W raporcie pt. „Nasza wspólna przyszłość” w 1987 r. komisja ONZ zdefiniowała zrównoważony rozwój jako proces, mający na celu zaspokojenie aspiracji rozwojowych obecnego pokolenia z zachowaniem możliwości zaspokojenia tych samych aspiracji przez przyszłe pokolenia [WCED, 1987]. Jest to wciąż bardzo popularna definicja, a jednocześnie najtrudniejsza w operacjonalizacji ze względu na duży stopień uogólnienia.

Jednakże pomimo trudności stale podejmowane są próby wprowadzania w życie idei zrównoważonego rozwoju w różnych skalach przestrzennych, ze szczególnym naciskiem na skalę miasta. W rzeczywistości to właśnie w miastach kumulują się nie tylko korzyści, ale również wszelkiego rodzaju konflikty (społeczne, przestrzenne, środowiskowe itp.), a także inne negatywne aspekty związane z ciągłym rozwojem tkanki miejskiej. Zrównoważony rozwój jednostki osadniczej jest procesem, wymagającym planowania, odpowiedniego przeniesienia zasad zrównoważonego rozwoju na uwarunkowania występujące na danym obszarze, wyznaczenia celów rozwoju, ich strategii i narzędzi. Zrównoważony rozwój został wpisany do polskiego prawa jako zasada, której należy przestrzegać przy planowaniu zarówno rozwoju przestrzennego, przyrodniczego, jak i społeczno-gospodarczego polskich miast. Budowanie gospodarki, która zagraża środowisku przyrodniczemu powoduje rozliczne problemy ekologiczne i chociaż określa się je mianem globalnych, to zwykle mają one swoje lokalne lub regionalne źródła. Problemy te powstają w wyniku kumulacji złych decyzji przestrzennych, a także poprzez stosowanie nieodpowiednich rozwiązań technologicznych, a ich skutki najbardziej odczuwalne są właśnie w skali lokalnej i regionalnej. W przeciwieństwie do tego, racjonalne zagospodarowanie przestrzenne ma decydujący wpływ na kształt i funkcjonowanie całego systemu osadniczego i jest konieczne do na drodze prowadzącej do zrównoważonego rozwoju. Zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w krajowym bilansie paliwowo-energetycznym nie może spowodować dodatkowych negatywnych zmian w środowisku przyrodniczym, a hurraoptymizm zwolenników zielonej energii powinien ustąpić miejsca dyskusji na temat zarówno potencjalnych korzyści, jak i wad OZE, które również należy uwzględniać, planując ich przestrzenne rozmieszczenie.

Wady i zalety odnawialnych źródeł energii

Wykorzystanie energii geotermalnej, choć pozornie bezpieczne i mające same zalety, oddziałuje na funkcję i strukturę danej jednostki osadniczej. W zależności od rodzaju energii geotermalnej i technologii jej pozyskiwania wpływ ten jest różny. W przypadku pomp ciepła (czyli urządzeń niskotemperaturowych) wspomagających ogrzewanie budynków głównie w zabudowie o niskiej intensywności (zabudowa jednorodzinna, zagrodowa) przy masowym zastosowaniu można istotnie wpłynąć na bilans energetyczny nawet całej gminy lub miasteczka. Niestety skutkuje to ograniczeniami w zagospodarowaniu działek budowlanych w przypadku instalacji poziomej oraz zmniejszeniem ilości drzew w bezpośrednim sąsiedztwie pomp ciepła (il. 1).

Z kolei urządzenia wysokotemperaturowe można ekonomicznie eksploatować w promieniu około 6 km wokół czerpni wody geotermalnej. Otwory czerpalne lokalizowane są zwykle na obszarze słabo zurbanizowanym. Ze względów ekonomicznych najlepiej w tym celu wykorzystywać istniejące otwory badawcze. Z uwagi na duże koszty inwestycyjne pozyskiwanie tego rodzaju energii odnawialnej ma największe uzasadnienie w przypadku dużych odbiorców, czyli np. miast powyżej 10 tys. mieszkańców (ciepłownie miejskie). To z kolei implikuje konieczność lokalizacji co najmniej dwóch otworów w rejonie o dobrych własnościach hydrogeologicznych w bliskiej odległości od takich miast [Macuda i inni, 2001]. Zaletą wykorzystania tego rodzaju OZE w małych ośrodkach, jak grupy wsi, małe miasta itp. jest koncentracja i porządkowanie zabudowy wokół czerpni i wzdłuż ciepłociągów. Natomiast lokalizacja czerpni na obrzeżach dużego miasta może powodować rozwój terenów podmiejskich i rozlewanie się zabudowy. Czerpnie mogą też krystalizować różne funkcje: przemysłowe, rekreacyjne, handlowe i in., z czasem obrastające gęstniejącą tkanką mieszkaniową i siecią komunikacyjną [Mazur-Belzyt, Opania, 2009].



Il. 1. Pompa ciepła z poziomą instalacją ograniczającą ilość roślin na działce (opracowanie własne)

Innym sposobem pozyskiwania energii geotermalnej są sztuczne akumulatory ciepła w zalanych kopalniach. Często są one położone w sąsiedztwie osiedli mieszkaniowych, ponieważ tam, gdzie powstawała kopalnia zwykle budowano także osiedla patronackie. Przekształcanie nieczynnych wyrobisk w zakłady geotermalne może przyspieszyć i ułatwić rewitalizację terenów pogórnich, równocześnie porządkując i intensyfikując zabudowę w promieniu swojego oddziaływania.

Analogicznie, mówiąc o wadach i zaletach pozyskiwania energii siły wiatru, można wyróżnić trzy sytuacje. Pierwszą z nich stanowią miniturbiny zainstalowane na budynkach (il. 2), latarniach (il. 3, 4) itp. Nieustanne prace nad udoskonaleniem paneli fotowoltaicznych doprowadzą do ich masowego wykorzystania. W przypadku ich powszechnego zastosowania w miastach, gdzie mogą być ciekawymi elementami małej architektury, konieczne jest określenie standardów dopuszczalnych rozmiarów oraz przepisów stanowiących o miejscu i zakresie ich stosowania ze względu na możliwą uciążliwość akustyczną, wpływ na kompozycję urbanistyczną czy nawet niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym. Drugi przypadek stanowią pojedyncze turbiny wiatrowe o niewielkiej mocy (niewielkich wymiarów), niepodłączone do sieci elektroenergetycznej, obsługujące pojedyncze siedliska lub oddalone obiekty (np. schroniska turystyczne). Największą ich wadę stanowi fakt, że nawet ustawione pojedynczo mogą stanowić silną dominantę w krajobrazie (il. 5). Plusem jest natomiast brak większego wpływu na system przyrodniczy i osadniczy.



Il. 2. Domowe miniturbiny



Il. 3. Latarnie z turbinami – wykorzystujące naturalny wiatr oraz ruch powietrza wywołany przez przejeżdżające samochody
źródło: [www. elektroda. pl](http://www.elektroda.pl)



Il. 4. *Light Blossom* – inteligentny system LED będący połączeniem latarni z miniturbiną i panelem słonecznym, dopasowujący źródło energii do warunków pogodowych i przechodzący do trybu gotowości, gdy nikogo nie ma w pobliżu
źródło: [www. lighting. philips. com](http://www.lighting.philips.com)



Il. 5. Dominanty krajobrazowe pojedynczych turbin we Wróbliku Szlacheckim

źródło: www.panoramio.com (fot. P. Cisek)

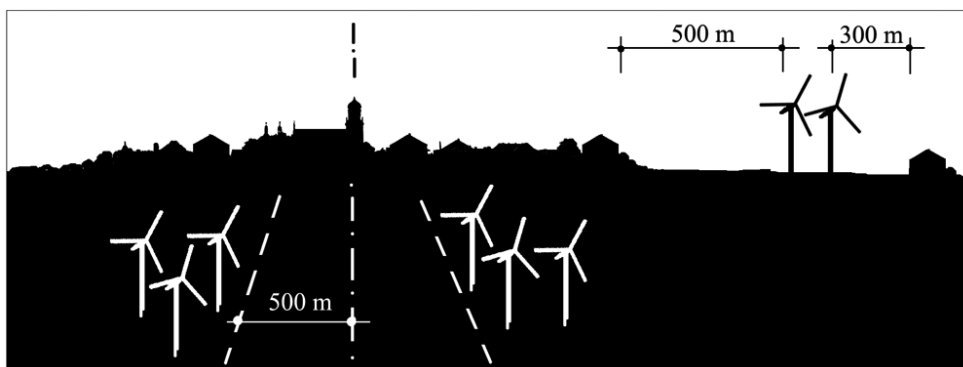
Natomiast potężne farmy wiatrowe produkujące energię o mocy nawet do 1000 megawatów, zajmujące powierzchnię do kilkudziesięciu km², muszą być podłączone do systemu elektroenergetycznego. Lokalizacja tego typu elektrowni wymaga: odpowiedniej powierzchni niezabudowanej i możliwie niezalesionej (tzw. współczynnik szorstkości wpływa na potencjał energii wiatrowej), a także usytuowania w pobliżu węzłów sieci elektroenergetycznej tak, aby można elektrownie włączyć do systemu najkrótszą możliwą podziemną linią kablową. Elektrownie wiatrowe wymagają więc rezerw terenów w pobliżu węzłów energetycznych, ze względu na minimalizację strat przesyłu. Lokalizacja taka jest zatem silnie uwarunkowana zarówno infrastrukturą, jak i zainwestowaniem terenu. Niestety poważną wadą farm wiatrowych jest to, iż powodują znaczną dewastację naturalnego krajobrazu. Farm wiatrowych nie lokuje się na terenach obszarów chronionych oraz terenach wypoczynkowo-rekreacyjnych (więcej na ten temat w dalszej części artykułu) [Mazur-Belzyt, Opania, 2009]. Ponadto z obawy o dobro mieszkańców nie powinno się lokalizować turbin wiatrowych w bliskim sąsiedztwie osiedli ludzkich. W różnych krajach obowiązują odmienne zasady. Zwykle za strefę ochronną przyjmuje się 500 metrów od najbliższej zabudowy i 300 m od pojedynczych domostw. Niedotrzymanie tej reguły skutkuje dla ludzi znacznym wzrostem uciążliwości hałasu, jaki wytwarza pracująca turbina (il. 6). Ponadto turbiny wiatrowe powinny znajdować się w odległości co najmniej 500 m od linii kompozycyjnych, widokowych czy punktów widokowych (il. 7). Ze względu na wydajność elektrowni dystans minimum 3000 m powinien dzielić jej nawietrzną stronę od lasów i wysokiej zabudowy (il. 8).

Kolejnym rodzajem odnawialnej energii jest energia solarna. Niezaprzeczalny jej potencjał dobrze oddają słowa prof. Pabis: „gdyby zgromadzić całą energię paliw naszego globu, tj. energię z węgla, drewna, gazu, ropy naftowej, i spalić ze sprawnością 100%, to wartość uzyskanej energii równałaby się energii słonecznej dostarczonej do Ziemi zaledwie przez cztery dni” [Pabis, 1987]. Niestety pozyskanie energii ze słońca ciągle jeszcze jest dość kosztowne, chociaż ma swoje znaczne zalety. Pojedyncze kolektory słoneczne lub panele fotowoltaiczne nie zaburzają naszego odbioru krajobrazu miejskiego, jednak ich wymagania techniczne mogą wymuszać pewne zmiany w strukturze zabudowy w skali urbanistycznej. Wprowadzenie paneli i kolektorów mogą być wkomponowane w powierzchnie dachów i ścian, jednakże ze względu na zalecany maksymalny czas ekspozycji elewacji fotowoltaicznych może być konieczne zachowanie odpowiedniej odległości od innych prze-

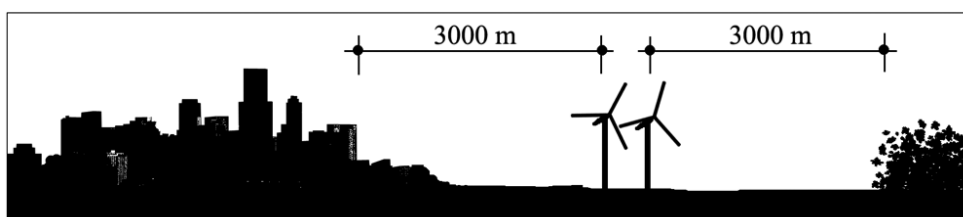
słaniających elementów zagospodarowania (budynków, wysokiej zieleni itp.), co może z czasem prowadzić do rozluźnienia zabudowy. Ponadto stosowanie solarnych źródeł energii wymaga odpowiednio wysokiej przezroczystości powietrza, co znacznie obniża ich wydajność w obszarach silnie zurbanizowanych i zanieczyszczonych. Użycie płaskich kolektorów słonecznych wspomagających ogrzewanie budynków lub podgrzanie ciepłej wody użytkowej może mieć duże znaczenie w budownictwie o niskiej intensywności (jednorodzinny, zagrodowy) i wpływać na lokalny bilans przy ich masowym zastosowaniu (il. 9).



Il. 6. Przykład turbin wiatrowych
zlokalizowanych zbyt blisko zabudowań mieszkalnych w miejscowości Margonin
źródło: www.polskaniezwykla.pl



Il. 7. Zalecane strefy ochronne dla zastosowania turbin wiatrowych (opracowanie własne)



Il. 8. Zalecane strefy ochronne dla zastosowania turbin wiatrowych (opracowanie własne)



Il. 9. Dachy solarne w zabudowie mieszkaniowej jednorodzinnej
źródło: [www. solarpanelspower. net](http://www.solarpanelspower.net)



Il. 10. Park Solarny Lieberose, Niemcy
źródło: [www. elektroda. pl](http://www.elektroda.pl)

W zasadzie można powiedzieć, że pozyskiwanie energii słonecznej na małą skalę nie niesie za sobą negatywnych skutków dla środowiska poza jednym – związanym z utylizacją paneli, zawierających metale ciężkie [Mazur-Belzyt, Opania, 2009]. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku ogromnych parków solarnych, zajmujących po kilkaset hektarów (jedne z największych są w Hiszpanii i Niemczech). Bo chociaż często powstają na terenach skażonych, nieurodzajnych, powojkowych itp., to niestety tworzą ekologiczną pustynię (il. 10).

Lokalizacja hydroelektrowni uzależniona jest zarówno od warunków hydrologicznych, jak i rozmiarów planowanej inwestycji. Istniejące i planowane duże elektrownie wodne usytuowane są zwykle poza obszarami zurbanizowanymi, przez co ich wpływ na system osadniczy jest w zasadzie znikomy. Małe elektrownie wodne nie wymagają stosowania innych zasad kształtowania obszarów zurbanizowanych niż dotychczasowe, a ich lokalizacja w pobliżu odbiorców energii pozwala na minimalizowanie strat przesyłu. Kolejnym atutem elektrowni wodnych jest to, że w trakcie pracy nie wytwarzają ścieków, spalin, ani innych zanieczyszczeń. Dodatkową ich zaletą jest retencja wody, dająca możliwość regulowania lokalnych stosunków wodnych oraz ochrony przeciwpowodziowej. Sztuczne zbiorniki wodne mogą także stanowić interesujący element krajobrazu.

Obok wspomnianych zalet elektrownie wodne posiadają także wady, takie jak utrudnianie wędrówek ryb na tarło i rozwoju narybku, likwidowanie miejsc lęgowych ptaków poprzez podnoszenie poziomu wód w rzece i naturalną erozję brzegów oraz zamieranie życia w zbiornikach na skutek ich zamulania i odtleniania [Bochentyn, Riegel, 2006].

W zależności od rodzaju biomasy i technologii pozyskiwania energii można wyróżnić trzy rodzaje instalacji: biogazowe, na biomasę stałą i biometanowe. Instalacje biogazowe, wykorzystujące gaz wysypiskowy, gaz z oczyszczalni ścieków oraz gaz z odchodów zwierzęcych, ze względu na lokalizację surowca, skalę urządzeń oraz ilość otrzymywanej energii mają znaczenie lokalne, a ich punktowe rozmieszczenie nie wpływa na kształt systemu osadniczego, przyrodniczego, na strukturę miasta czy jego tkankę urbanistyczną. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku instalacji zużywających do bezpośredniego spalania biomasę stałą (drewno lub słomę). Bez względu na to, czy funkcjonują w energetyce zawodowej (spalanie drewna), czy w lokalnych kotłowniach, nie mają wpływu na zagospodarowanie przestrzenne miast. Odmienna sytuacja występuje w przypadku instalacji biometanowych wymagających rozległych użytków rolnych do produkcji roślin poddawanych następnie procesowi fermentacji. W tym wypadku pozyskiwanie surowca ma charakter przestrzenny. Optymalny transport substratów do fermentacji powinien mieścić się w promieniu ok. 5 km (maksymalna odległość transportu nie powinna przekraczać 15 do 20 km). Farmy z instalacjami biogazowymi są średnio 3 do 5 razy większe od typowych farm rolniczych, a ilość wyprodukowanej energii elektrycznej i gazu przekracza często zapotrzebowanie lokalne. Wówczas bioelektrownia lub biogazownia powinna mieć podłączenie do sieci przesyłowych lub dystrybucyjnych w celu zbycia potencjalnych nadwyżek mocy [Koch, 2007].

Tak więc niezakłócona i ekonomiczna praca instalacji wymaga odpowiedniego niezabudowanego arealu, który powinien być uwzględniany w planach zagospodarowania przestrzennego. Wprowadzanie upraw energetycznych (np. rzepaku lub wierzby) pozwala na jeszcze jeden sposób wykorzystania mało urodzajnych gleb, nieużytków, jak też gruntów skażonych. Jednakże zaleca się uprawy biomasy w gospodarstwach nie mniejszych niż 10 ha, ponieważ dopiero taka powierzchnia zwiększa efektywność wykorzystania maszyn i narzędzi. Szacunkowo 17–18% ogólnej powierzchni Polski znajduje się pod wpływem różnego rodzaju skażeń, których źródłem jest: przemysł, komunikacja, energetyka oraz rolnictwo. Efektem tego oddziaływania jest zakwaszenie, zasolenie i alkaliczność gleb oraz skażenie wód. Uniemożliwia to wyprodukowanie dobrej jakościowo, zdrowej żywności, natomiast nadal jest dobrą podstawą do uzyskania energii odnawialnej [Mazur-Belzyt, Opania, 2009].

Planowanie terenów pod uprawy energetyczne wymaga wnikliwych analiz przyrodniczych i krajobrazowych, które pozwolą uniknąć niekorzystnych skutków w postaci: monokultur roślinnych, monotonii krajobrazu, zmniejszenia bioróżnorodności, a także ingerencji na obszarach objętych prawną ochroną przyrody. To jednak nie wszystkie aspekty, które należy wziąć pod uwagę przy planowaniu terenów pod uprawy energetyczne. Badania wykazują, że z jednego hektara uzyskujemy około 5,000 m³ biometanu, czyli ilość porównywalną z rocznym zapotrzebowaniem: gazu ziemnego dla 15 osób lub energii elektrycznej dla 7 osób, albo ciepła dla 6 osób. Nie możemy jednak zapominać o tym, że

z jednego hektara otrzymujemy także roczną żywność dla 3 osób. Tak więc w przypadku niektórych miast, nieposiadających rozległych rezerw terenów żywicielskich, przeznaczenie części terenów rolniczych pod uprawę biomasy, mogłoby oznaczać mniejszą ilość żywności dla ich mieszkańców. Potwierdza to konieczność wnikliwych analiz poprzedzających decyzję o pozyskiwaniu energii ze źródeł odnawialnych, szczególnie tych, przy których czynnik przestrzenny ma duże znaczenie.

Kolejnym, lecz nie mniej istotnym aspektem wykorzystania odnawialnych źródeł energii w kontekście zrównoważonego rozwoju jest ochrona środowiska naturalnego. System obszarów chronionych każdego państwa tworzą istotne dla zagospodarowania przestrzennego wielkopowierzchniowe formy ochrony przyrody, w tym: parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe oraz obszary chronionego krajobrazu. [*Ochrona środowiska*, 2006]. Ponadto przez Polskę, podobnie jak przez wiele innych krajów, przechodzą liczne sieci międzynarodowych programów służących harmonizowaniu celów ochronnych i gospodarczych oraz zachowaniu dziedzictwa kulturowego związanego z konkretnymi formacjami przyrodniczymi. Rozpatrując możliwości wykorzystania terenów przyrodniczej ochrony obszarowej do produkcji energii z odnawialnych źródeł, należy zwrócić uwagę na to, że [Gasidło et al., 2009]:

- tereny objęte ochroną obszarową (parki narodowe z otulinami, rezerваты przyrody), powinny być wykluczone z możliwości pozyskiwania energii z wody, wiatru, słońca, źródeł geotermalnych oraz biomasy;
- na terenach parków krajobrazowych (wraz z ewentualną otuliną) oraz obszarów chronionego krajobrazu, gdzie grunty rolne i leśne oraz inne nieruchomości znajdujące się w ich granicach pozostawia się w gospodarczym wykorzystaniu, możliwe jest pozyskiwanie produktów leśnych i rolnych dla celów energetycznych, a także energii słonecznej, geotermalnej i wiatrowej w skali lokalnej, niezagrażającej ochronie fauny i flory, jakości krajobrazu oraz potrzebom rekreacyjno-wypoczynkowym człowieka. Możliwości pozyskiwania powyższych rodzajów energii powinny być wpisane, zgodnie z ustawą o ochronie przyrody, w plany ochrony;
- obszary Natura 2000 (jeśli nie pokrywają się z innymi formami ochrony przyrody) powinny być wykluczone z możliwości pozyskiwania OZE na skalę regionalną. Na tych terenach, zarówno istniejących, jak i projektowanych, ogranicza się możliwość inwestowania. Dopuszcza się jedynie możliwość inwestowania w przypadku braku rozwiązań alternatywnych, gdy przemawia za tym interes publiczny, pod warunkiem zapewnienia kompensacji ekologicznej;
- zarówno w granicach obszarów Natura 2000, gdzie dozwolona jest działalność gospodarcza, rolna, leśna, łowiecka czy rybacka, jeśli nie narusza zakazów obowiązujących na tych obszarach, jak i na terenach objętych krajową siecią ekologiczną ECONET-PL (w zależności od indywidualnych uwarunkowań poszczególnych węzłów bądź korytarzy ekologicznych), możliwe jest pozyskiwanie na tych terenach biomasy. Uwzględnić natomiast należy konieczność zachowania w niektórych przypadkach dotychczasowej struktury i tradycyjnych metod gospodarowania oraz krajobrazów o wartościach przyrodniczych (mozaika naturalnych i antropogenicznych ekosystemów) i kulturowych. Wyklucza to wykorzystanie znacznej powierzchni terenów rolnych na cele energetyczne, ponieważ sprzyja to ujednoczeniu krajobrazu, a także pozyskiwanie odpadów drzewnych na szeroką skalę.

Podsumowanie

Rozmieszczenie potencjału OZE jest bardzo nierównomierne – poszczególne regiony świata wykazują relatywnie lepsze od innych warunki do rozwoju konkretnych rodzajów energii odnawialnej. Wśród priorytetowych zadań szeroko rozumianej polityki przestrzennej powinno zostać uwzględnione nie tylko zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego kraju i wywiązanie się z umów międzynarodowych dotyczących OZE, lecz równie ważne wybranie najbardziej korzystnego dla danego obszaru zurbanizowanego rodzaju energii odnawialnej i ograniczenie niekorzystnego jej oddziaływania na krajobraz, a także cenne przyrodniczo obszary i gatunki.

Odnawialne źródła energii posiadają wielu entuzjastów, którzy chcieliby do maksimum wykorzystać ich istniejący potencjał. Jest w tym oczywiście wiele racji, jednakże zanim dołączymy do tej grupy, spróbujmy sobie zadać pytanie, co możemy stracić, zyskując „zieloną” energię.

Literatura:

- [1] Bochentyn A., Riegel B. 2006, www.agroenergetyka.pl
- [2] Gasidło K., Popczyk J., Kossak-Jagodzińska A., Kucharczyk P., Mazur-Belzyt K., Opania Sz., Pancewicz A., Schmiegel Z. 2007. *Obszary metropolitalne i wielkie miasta a problem rozwoju i wykorzystania odnawialnych źródeł energii*. Rekomendacje dla Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju. Warszawa
- [3] Gasidło K., Kossak-Jagodzińska A., Mazur-Belzyt K., Opania Sz., Pancewicz A. 2009. *Wpływ odnawialnych źródeł energii na kształtowanie systemu przyrodniczego obszarów metropolitalnych* [w:] System przyrodniczy w zarządzaniu rozwojem obszarów metropolitalnych, Markowski T. i Drzazga D. (red.), Studia KPZK PAN, TOM CXXIII, Warszawa
- [4] GUS. 2006. *Ochrona Środowiska. Informacje i opracowania statystyczne*. Warszawa
- [5] GUS. 2010. *Odnawialne Źródła Energii*. Warszawa
- [6] Koch R. 2007. *Energieautarkter Bezirk Guessing*, Guessing
- [7] Macuda J., Nagy St., Siemek J., Zawisza L. 2001. *Wykorzystanie odwiertów przeznaczonych do likwidacji do celów geotermalnych* [w:] Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku. Warszawa
- [8] Mazur-Belzyt K., Opania Sz. 2009. *Wykorzystanie OZE na terenach zurbanizowanych*. Nowa Energia nr 4 (10)/2009
- [9] Pabis J. 1987. *Kolektory słoneczne uzupełniające źródło energii w rolnictwie*. IBMER. Warszawa
- [10] *Strategia Rozwoju Energetyki Odnawialnej*. 2000. Ministerstwo Środowiska. Warszawa
- [11] WCED. 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press. Oxford

Janusz PALA

Miasta – ewolucja i środowisko

Powstanie i ewolucja miast

Udomowienie roślin i zwierząt uwolniło pierwotnego człowieka od poszukiwania żywności na rozległych obszarach, a udomowienie ognia zapoczątkowało jego rozwój cywilizacyjny. Po około dwunastu tysiącach lat procesy te przyczyniły się do powstania współczesnych przeludnionych miast. Z punktu widzenia naturalnych mechanizmów funkcjonowania przyrody, nieograniczone rozrastanie się miast jest uznawane za zjawisko patologiczne. Francuski badacz Barnier wyróżnia pięć stadiów rozwoju miast prowadzących do „nowotworu wielkiej aglomeracji”. W fazie pierwszej ma miejsce wymiana ludzi i produktów między miastem i wsią. Miasto jest w tej fazie centrum administracyjnym, handlowym, rzemieślniczym i przemysłowym, natomiast wieś zajmuje się produkcją żywności, rzemiosłem i jest rynkiem lokalnym. W fazie drugiej następuje uprzemysłowienie miasta i wsi, ma miejsce ucieczka ze wsi do miast, uprzemysłowieniu ulegają peryferia miast. Na wsi zanikają tradycyjne formy produkcji rolniczej, która ulega przestawieniu na metody przemysłowe. Od tego momentu rozpoczyna się proces subwencjonowania materialnego i energetycznego różnych ogniw związanych z funkcjonowaniem miast i wsi. Systematyczne zwiększanie udziału czynników antropowych umożliwia w krajach bogatych zachowanie okresowej równowagi funkcjonowania miasta i wsi, natomiast w krajach biednych prowadzi do pogłębiającej się sytuacji kryzysowej. Kryzys ten przejawia się w opuszczaniu przez ludność centrum, w upadku otaczających go stref przemysłowych, w kryzysie uprzemysłowionej produkcji rolnej, w niedoborze żywności. W fazie czwartej, w wyniku coraz większych nakładów, w wielkich miastach bogatych państw podtrzymywany jest stan sztucznej równowagi, natomiast w miastach państw biednych pogłębia się stan nierównowagi. Charakteryzuje się on nadmiernym, anarchicznym ich rozwojem, w wyniku którego są one otaczane coraz większymi zaniedbanymi dzielnicami. Procesom tym towarzyszy pustoszenie wsi i ostateczna dezorganizacja sektora tradycyjnego. Opisany proces wieńczy faza piąta, w której w państwach bogatych opóźnia się rozwój miast, a w krajach biednych następuje niszczenie niemożliwych do zarządzania „nowotworowych wielkich miast”. W miastach i we wsiach pogłębiają się niezdrowe warunki życia, maleje zaludnienie wsi, następuje degradacja ziem uprawnych, nasilają się inne objawy samozniszczenia (Barnier M. 1995. Atlas wielkich zagrożeń. Wyd. Naukowo-Techn., Warszawa).

Zdaniem urbanistów, dalszy niekontrolowany rozrost miast przyczyni się do całkowitego zatoru komunikacyjnego, zakłóceń w dostawach żywności, pogorszenia jakości powietrza, niedostatku wody pitnej. Systematycznie będzie też wzrastać dług węglowy, tj. ilość zasobów przyrody zużywanych do wytwarzania produktów niezbędnych do podtrzymania funkcjonowania społeczności miejskich. Już obecnie megamiasta przyczyniają się do pięciokrotnie większego śladu węglowego niż miasta mniejsze, gdyż zamieszkujący je ludzie wytwarzają więcej odpadów, marnotrawią więcej energii oraz więcej konsumują dóbr.

W 2050 roku aby zaspokoić potrzeby mieszkańców megamiast ludzkość będzie musiała dysponować zasobami trzech globów ziemskich, nawet nie z powodu większej liczby ludności, lecz głównie wskutek konieczności dowozu żywności z coraz bardziej odległych miejsc. Obecnie odległość ta wynosi przeciętnie kilkadziesiąt kilometrów, natomiast w przyszłości wzrośnie ona do około pięciuset kilometrów.

Rozwiązać ten problem będzie można częściowo w wyniku uprawy roślin na dachach wieżowców. Już obecnie źródłem warzyw są dachowe ogrody Nowego Jorku i japońskiego miasta Fukuoka. Obliczono, że w Singapurze 360 budynków z dachami przekształconymi w ekofarmy będzie w stanie wyżywić całe megamiasto przyszłości. Dzięki uprawom aeroponicznym emisja dwutlenku węgla i zużycie wody zmniejszyłyby się o 23%. Technologia ta pozwoli w jednym czterdziestodziewięciu piętrowym budynku wyprodukować tyle żywności, ile produkuje farma zwyczajna o powierzchni 700 hektarów (Jamkowski M. 2008. Czyste metropolie. W: Newsweek, 16.11.2008, s. 61–64).

W listopadzie 2011 roku liczba ludności na świecie przekroczyła siedem miliardów. Rozwój nauki i postęp gospodarczy sprawiły, że nie spełniły się przewidywania Thomasa Malthusa odnośnie do stabilizacji liczby ludności w wyniku głodu, epidemii i konfliktów zbrojnych. Dzięki rozwojowi rolnictwa, dostarczającego coraz większych ilości żywności, postępowi medycyny i ograniczeniu konfliktów zbrojnych od zakończenia drugiej wojny światowej, liczba ludności wzrasta na świecie niemal w postępie geometrycznym.

W 1800 roku żyło w miastach tylko 3% ludności świata, obecnie mieszka w nich już ponad 50%, zaś w państwach Ameryki Łacińskiej nawet 70%. Wskutek zmiany globalnego klimatu migruje do nich ponadto coraz większa liczba uchodźców „ekologicznych”. Ocenia się, iż w 2010 roku było ich około 50 milionów.

Proces przemieszczania się ludności ze wsi do miast, zaś w ostatnich latach również z miast na ich peryferia obserwuje się również w Polsce. W latach 1952–2009 napłynęło ze wsi do miast 13 645 300 osób. Poczynając od 2001 roku kierunek migracji zaczął się stopniowo zmieniać, o czym świadczy fakt, że w latach 2001–2008 wywędrowało z miast do wsi 250,7 tysięcy osób.

Opisane wyżej procesy przyczyniają się do powstawania coraz większej liczby megamiast. Według definicji encyklopedycznej, megamiastem jest jednostka osadnicza mająca ponad dziesięć milionów mieszkańców oraz gęstość zaludnienia przekraczającą 2000 osób na kilometr kwadratowy. Megamiasto może tworzyć jeden, dwa lub większa liczba obszarów metropolitalnych połączonych z sobą. Megamiasta są czasem nazywane megapolisami lub megalopolisami (z gr. *megalo* – wielkie, *polis* – miasto). Nazwą megalopolis określa się potocznie obszar dwu lub większej liczby powiązanych funkcjonalnie i komunikacyjnie aglomeracji. W Stanach Zjednoczonych przykładem megalopolis jest obszar 146 tys. km² Wschodniego Wybrzeża, na którym mieszka 45 mln ludności, Obejmuje on miasta: Boston, Hartford, Nowy Jork, Filadelfię, Baltimore i Waszyngton D.C.

Większość megamiast znajduje się w Azji. Są to:

- Mumbaj w Indiach liczące 33 mln ludności;
- Szanghaj w Chinach z 27 mln mieszkańców;
- Karaczi w Pakistanie z 26,5 mln;
- Dhaka w Bangladeszu z 26 mln;
- Dżakarta w Indonezji z 24,5 mln.

W zespole miejskim Tokio-Jokohama, który jest najgęściej zaludnionym obszarem świata, mieszka 36,7 mln osób.

W Europie megamiastem jest Moskwa, mająca 14,8 mln mieszkańców; Londyn z 12,5 mln oraz Paryż z 10,2 mln ludności.

W dwudziestym wieku liczba mieszkańców miast zwiększyła się ponaddziesięciokrotnie, z 250 milionów do 2,8 miliardów. Przewiduje się, że w 2050 r. wyniesie ona około dziewięć miliardów.

Według prognoz liczba ludności na świecie przestanie rosnąć w drugiej połowie bieżącego stulecia, co powinno przyczynić się m.in. do zmniejszenia jej napływu do miast. Ziemia ma jednak wystarczająco dużą powierzchnię, by pomieścić wielokrotnie większą niż obecna liczbę ludności. Stwierdzono na przykład, iż gdyby gęstość zaludnienia na świecie zwiększyć do poziomu Nowego Jorku, cała ludność świata zmieściłaby się na powierzchni

amerykańskiego stanu Teksas. Jeśli spełniłaby się prognoza i w 2045 roku populacja światowa wzrosła do dziewięciu miliardów zasiedlających sześć kontynentów, gęstość zaludnienia świata zwiększyłaby się tylko o połowę w stosunku do obecnej we Francji. W 2008 r. połowa ludności świata żyła w miastach zajmujących tylko trzy procenty terytorium Ziemi.

Funkcje miast

W dyskusjach nad funkcjami miast podkreśla się, że „skupiają one, przyśpieszają i dywersyfikują aktywność społeczną i ekonomiczną. Mieszkańcy miast są kreatywniejsi i dostrzegają więcej możliwości gospodarczego rozwoju. W miastach można zrobić więcej mniejszym kosztem. Miasta „napędzają” innowacyjność, wymuszają dywersyfikację oraz intensyfikują dynamikę społeczną i ekonomiczną ludności, gdyż przebywanie z innymi ludźmi umożliwia zapoznawanie się na bieżąco z różnymi koncepcjami, a to wyjątkowo sprzyja kreatywności i rozwiązywaniu nawet najbardziej skomplikowanych problemów”. W perspektywie historycznej miasta były ośrodkami, które przyczyniły się do rozwoju cywilizacji i nadal rozwój ten stymulują. Miasta stymulują także intelektualnie i są ośrodkami nauki i kultury. Umożliwiają wymianę myśli i doświadczeń, są ośrodkami edukacyjnymi, organizują wymianę naukową w skali krajowej i międzynarodowej, kształtują inteligencję jako warstwę przewodzącą społeczeństwu. Kulturowe funkcje miast są tak liczne i wielostronne, iż trudno je wszystkie wymienić (Bettencourt Luis M.A. i Geoffrey West: Więcej za mniej. W: *Świat Nauki*, październik 2011, nr 10, 242, s. 38–39).

Koncentracja dużych grup ludności na małym obszarze stymuluje rozwój gospodarczy. Dostępność taniej siły roboczej w miastach jest bodźcem do rozwoju przedsiębiorstw. Oto przykłady: około dziesięć procent ludności mieszkającej w Bangkoku dostarcza 80% dochodu narodowego Tajlandii. Na jednej tysięcznej terytorium Meksyku jest skupionych 30% przemysłu, 50% usług i 70% depozytów bankowych. W przeliczeniu na jednego mieszkańca większe miasta wytwarzają przeciętnie więcej dóbr i są źródłem większej liczby wynalazków niż miasta mniejsze. W miarę wzrostu populacji płace oraz liczba zgłaszanych patentów rosną jeszcze szybciej. Urbanizacja przyczynia się więc do rozwoju gospodarczego i wzrostu bogactwa kraju oraz dobrobytu ludności. Średni dochód w społeczeństwie zurbanizowanym pięciokrotnie przewyższa zarobki w krajach rolniczych. „Dynamiczny przepływ informacji w środowisku miejskim napędza rozwój gospodarczy, zwłaszcza innowacyjność, i ułatwia opiekę medyczną. Zmienia nawet sposób gospodarowania własnym czasem. Największy dar człowieka, jakim jest zdolność do dzielenia się wiedzą, współpraca oraz umiejętność rozwiązywania złożonych problemów dzięki inteligencji zbiorowej, może być wykorzystany tylko w mieście” (Glaeser E.: Motory postępu. W: *Świat Nauki*, 2011, październik, nr 10 (242), s. 36–41).

Specyficzną cechą wielkich aglomeracji Azji jest rozbudowana *szara strefa*. Slamsy, fa-wele i jhopadpatis to wylęgarnia... innowacyjności. W tego rodzaju miejscach żyje na świecie 800–900 milionów osób. Zwalczane przez rządy i pozbawione elementarnej infrastruktury, miejsca te stały się inkubatorem innowacyjności i przedsiębiorczości. Nie-wykluczone, iż te „nielegalne” społeczności w przyszłości zadecydują o kształcie świata. Działalność gospodarcza jest w nich prowadzona bez zezwolenia, nie jest rejestrowana i nie figuruje w oficjalnych statystykach zatrudnienia. Strefa ta stopniowo staje się normą na wszystkich kontynentach. Ponad połowa osób aktywnych zawodowo, tj. około 1,8 mld pracuje na czarno. Według ocen OECD, do 2020 roku dwie trzecie światowej siły roboczej będzie zatrudnione w szarej strefie. W ciągu najbliższych piętnastu lat niemal połowa światowego wzrostu gospodarczego będzie zasługą około czterystu wielkich miast wschodzących gospodarek. Charakterystyczne dla krajów rozwijających się są prowizoryczne targowiska uliczne i nielegalnie budowane osiedla zredefiniują strukturę miast. Wizja ta spędza sen z powiek urzędnikom państwowym. W większości państw rozwijających się rozwój gospodarczy napędza działalność w szarej strefie, która jest źródłem 1,8 mld miejsc pracy (Neuwirth R. Globalny bazar. W: *Świat Nauki* 2011, październik, nr 10 (242), s. 42–49).

Wielu decydującym szara strefa kojarzy się z działalnością o charakterze przestępczym. W wyniku tego „...mają oni tendencję do tworzenia ostrych podziałów na to, co legalne i nielegalne, produktywne i nieproduktywne, dobre i złe”. Prowadzi to do uproszczonych rozwiązań. Większość osób zatrudnionych w szarej strefie to uliczni sprzedawcy, rzemieślnicy oraz robotnicy budowlani. Alfonso Morales, profesor urbanistyki w University of Wisconsin-Madison, proponuje, by gminy na całym świecie wydawały zezwolenia na handel uliczny. Po uiszczeniu opłaty nabywcy tych zezwoleń nie płaciliby już żadnych podatków. Sprzedawców żywności obowiązywałyby również odpowiednie przepisy sanitarne. Profesor Morales podkreśla: „Musimy przejść od myślenia wyłącznie w kategoriach egzekwowania prawa do opierającego się na dewizie: Upieczmy większy tort, aby więcej osób mogło go skosztować” (Neuwirth, op. cit., s. 49).

Powyższy pogląd podziela Martha Chen, wykładowca w John F. Kennedy School of Government w Harvard University, która podkreśla: „Musimy opracować modele, które umożliwią ulicznemu handlarzowi funkcjonowanie obok sklepów detalicznych i wielkich centrów handlowych. Nieformalna gospodarka nie jest problemem, tylko częścią układanki. Uliczni sprzedawcy, zbieracze odpadów, handlarki na rynku, naprawdę wspierają gospodarkę i rozwój miast. Musimy zastanowić się, w jaki sposób zarządzać miastem, by znaleźć dla nich miejsce, a także jak sprawić, by ta działalność była bardziej produktywna, racjonalna i wydajna” (Neuwirth R. Globalny bazar. W: *Świat Nauki* 2011, październik, nr 10 (242, s. 42–49).

Miasta zrównoważonego rozwoju

W definicji H. Rogala: „Zrównoważony rozwój oznacza dążenie do zapewnienia wszystkim żyjącym obecnie ludziom i przyszłym pokoleniom dostatecznie wysokich standardów ekologicznych, ekonomicznych i społeczno-kulturowych w granicach tolerancji przyrody, w wyniku wprowadzenia w życie zasady sprawiedliwości wewnątrzpokoleniowej i międzypokoleniowej (Rogal H., 2010. *Ekonomia zrównoważonego rozwoju. Teoria i praktyka*. Wyd. Zys i S-ka, Poznań, s. 25). Postulat ten jest zgodny z podstawową zasadą demokracji, według której ludzie mają jednakowe prawa do wszystkiego, w tym również do dobrobytu. Chociaż pojęcie dobrobytu jest trudne do zdefiniowania, powszechnie uważa się, że w dobrobycie żyją społeczeństwa państw wysoko uprzemysłowionych. Zapewnienie wszystkim społeczeństwom na Ziemi porównywalnej stopy życiowej wymagałoby jednak zasobów 5,5 globów ziemskich. Realizacja postulatu zrównoważonego rozwoju byłaby więc możliwa w przypadku obniżenia dobrobytu całej ludności Ziemi albo radykalnego zmniejszenia jej liczby. W wyniku tego postulat zrównoważonego rozwoju zdaje się mieć charakter czysto teoretyczny, chyba że egoizm przestanie być czynnikiem decydującym o zachowaniach ludzi.

Kontynuowanie współczesnych trendów ekonomicznych prowadzi do samozagłady ludzkości. Proces samozagłady rozpoczyna się od wylesienia. Obszary leśne są bowiem najskuteczniejszym czynnikiem stabilizacji klimatu i ochrony najcenniejszych zasobów przyrody, jakimi są woda i gleba. Drzewa gromadzą w swych tkankach olbrzymie ilości wody, którą wyparowują w porze gorącej, korzystnie wpływając na klimat. Lasy spełniają w stosunku do wody funkcję ssącą, ściągając nad kontynenty olbrzymie zasoby pary wodnej znad mórz i oceanów. W wyniku tej funkcji są czynnikiem stymulującym opady atmosferyczne. Gleba, pozbawiona roślinności i wysuszona, łatwo podlega erozji wiatrowej i wodnej. Obecnie miliony hektarów żyznych gleb są każdego roku wymywane przez ulewne deszcze do mórz i oceanów oraz wywiewane przez wiatry, z którymi są przenoszone nawet na inne kontynenty. O skali tych procesów świadczą m.in. obserwacje pilotów latających na trasie Pekin–San Francisco, którzy muszą omijać olbrzymie obszary chińskich gleb unoszących się na trasach przelotu samolotów. W związku z tym słuszne są poglądy wiążące zagładę lasów ze zniszczeniem gleb, a zniszczenie gleb z zagładą ludzkości. Pogląd ten potwierdza los wielu cywilizacji starożytnych. Odtworzenie bowiem jednocentymetrowej warstwy żyznej gleby trwa w warunkach naturalnych około tysiąca lat, na-

tomiast w warunkach rolnictwa ekologicznego – około trzystu lat. Błędne jest przekonanie, że gleby można zastąpić rolnictwem intensywnym, charakteryzującym się stosowaniem wysokich dawek nawozów mineralnych i środków ochrony roślin. Nawozy te pogłębiają bowiem i intensyfikują procesy degradacji gleb w wyniku ich zasolenia. Proces ten jest stymulowany przez nawadnianie upraw. Z powyższych przyczyn rolnictwo intensywne jest jego krótkowzrocznym wariantem, który w dłuższej perspektywie czasowej spowoduje pogłębienie trudności z zaopatrzeniem ludzkości i wielkich miast w żywność.

Uwzględniając sytuację, w jakiej znajduje się ludzkość, Ernst Ulrich von Weizsäcker stwierdza w przedmowie do książki H. Rogala pt. „Ekonomia zrównoważonego rozwoju”: *„Stoimy na rozwidleniu dróg wiodących do «epoki zrównoważonego rozwoju» lub do «epoki globalnych wojen» o klimat i zasoby. Zmiana sytuacji, w jakiej znalazła się ludzkość, będzie możliwa wówczas, gdy zasadą zrównoważonego rozwoju będziemy się kierowali we wszystkich dziedzinach życia.* (op.cit.).

W odróżnieniu od typowych miast, w mieście zrównoważonego rozwoju uwzględnia się wpływ, jaki wywiera ono na środowisko. Obowiązuje w nim zasada minimalnego zużycia energii, wody i żywności, odprowadzania do środowiska najmniejszej ilości odpadów, w tym również energii cieplnej, minimalnego zanieczyszczania powietrza dwutlenkiem węgla, metanem i innymi gazami. Aby osiągnąć ten cel, efektywnie wykorzystuje się zasoby gruntów ornych, kompostuje odpady organiczne i utylizuje odpady nieorganiczne, ewentualnie przetwarzając je na energię. Organizacja tego rodzaju miast wymaga w pierwszej kolejności likwidacji istniejących źródeł zanieczyszczeń.

Specyfika środowiska przyrodniczego wielkich miast

Środowisko tworzą powiązane z sobą zespoły czynników, którymi są: powietrze (atmosfera), wody (hydrosfera), powierzchnia Ziemi (litosfera) oraz żywe organizmy (biosfera). Zanieczyszczenia występujące w środowisku dzieli się na fizyczne, chemiczne i biologiczne. W wyniku nasycenia środowiska czynnikami związanymi z rozwojem społeczeństw, wrażliwymi zagrożeniami dla zdrowia ze strony wszystkich trzech rodzajów zanieczyszczeń. Niżej zostanie opisana szkodliwość dla zdrowia wybranych rodzajów zanieczyszczeń.

Pola elektromagnetyczne

Jednym z najbardziej rozpowszechnionych czynników fizycznych zagrażających zdrowiu mieszkańców dużych miast są pola elektromagnetyczne („promieniowanie” mikrofalowe). Są one emitowane przez sieci wysokiego napięcia metra, tramwajów i trolejbusów, przez radio i wieże radiowe, przez telewizory. Emisja tych pól jest przeważnie kojarzona wyłącznie z telefonią komórkową, należy jednak pamiętać o tym, iż są one emitowane przez wszystkie urządzenia zasilane prądem elektrycznym. Łącznie wszystkie te pola mają większe natężenie niż naturalne pole elektromagnetyczne Ziemi.

Wpływ pola elektromagnetycznego na organizm człowieka zależy od jego siły i częstotliwości. Pola o dużych częstotliwościach mają nawet działanie jonizujące. Silne pola o częstotliwościach do 10 MHz indukują w organizmie prądy elektryczne spływające po powierzchni ciała do ziemi, a niewielka ich część przepływa przez wnętrze organizmu i zostaje uziemiona. Pola o częstotliwościach ponad 10 MHz są absorbowane przez organizm po przekształceniu się w nim w energię ciepłą. Wielkość tej absorpcji wyraża się za pomocą wskaźnika oznaczanego angielskim skrótem SAR (*Specific Absorption Rate*) wyrażanego w watach na jednostkę masy ciała w kilogramach, który charakteryzuje m.in. telefony komórkowe.

Stwierdzono, iż urządzenie o SAR wynoszącym 4 W/kg, oddziałując na organizm przez 30 minut, podniesie jego temperaturę o około 1°C. Przekroczenie tej wartości grozi powstaniem nieodwracalnych uszkodzeń komórek i tkanek wskutek zmiany budowy ich DNA. Niejonizujące pola elektromagnetyczne, jeśli tylko są dostatecznie silne, są szkodliwe dla

organizmu. Długotrwałe oddziaływanie polami elektromagnetycznymi wpływa niekorzystnie na ośrodkowy układ nerwowy: pogarsza pamięć, wywołuje zakłócenia uwagi, może doprowadzić nawet do obumierania komórek mózgu. Kumulujące się, niewykrywalne uszkodzenia, mogą się ujawniać po dłuższym czasie w postaci zmian nowotworowych. Bardzo wrażliwe na pola elektromagnetyczne są układy hormonalne i układ rozrodczy. Około 10–15% populacji ludzkiej charakteryzuje się nadwrażliwością na pola elektromagnetyczne, przy czym liczba ta bardzo dynamicznie rośnie. W związku z tym zaleca się, by z powodu bardzo bliskiego kontaktu telefonów komórkowych z głową, ich wskaźnik SAR nie przekraczał 2 W/kg.

W państwach zachodnioeuropejskich lekarze zwracają uwagę na występowanie u osób korzystających z sieci bezprzewodowych Wi-Fi złego samopoczucia. Jednocześnie Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) poinformowała, że zakrojone na szeroką skalę badania wykazały, iż pola elektromagnetyczne wytwarzane przez telefony komórkowe wpływają niekorzystnie na zdrowie człowieka. W wyniku badań telefony te zakwalifikowano do zagrożeń typu 2B, tj. do czynników o działaniu potencjalnie rakotwórczym. W związku z tym WHO zaleciła maksymalne ograniczenie korzystania z sieci telefonii komórkowej, szczególnie przez kobiety w ciąży oraz osoby z osłabionym układem odpornościowym. Na przykład w Anglii zlikwidowano bezprzewodowy Internet na terenie szkół, zaś w Austrii – w historycznym centrum Salzburga (Kudriawcewa J., 2011. *Kablu wróć*. W: Forum, nr 48, 2011, s. 38–39).

Obserwacje prowadzone na 420 tys. Duńczyków, korzystających z telefonów komórkowych przez około dwadzieścia lat wykazały, że u ludzi nie wywołują one istotnych zmian zdrowia. Niezależnie od tego, korzystając z telefonu komórkowego powinno się dążyć do zmniejszenia ekspozycji na pola elektromagnetyczne. Można to osiągnąć trzymając aparat w możliwie największej odległości od głowy, gdyż z kwadratem odległości pole słabnie dwukrotnie. Wskazane jest też korzystanie ze słuchawek lub zestawu głośnomówiącego. Podczas dłuższej rozmowy powinno się systematycznie przekładać aparat z jednej strony głowy na drugą, zapobiegając w ten sposób podniesieniu się temperatury tej okolicy głowy. Po wybraniu numeru należy poczekać na połączenie i dopiero po jego uzyskaniu przyłożyć aparat do ucha.

Ponieważ trudno przewidzieć skutki długotrwałego przebywania w otaczającym nas chaosie elektromagnetycznym, zaleca się daleko idącą ostrożność w korzystaniu z urządzeń, które emitują pola elektromagnetyczne. W związku z tym: sprzęt AGD i RTV powinien być oddalony od miejsc, w których przebywamy przez dłuższy czas; przez telefon komórkowy nie należy rozmawiać dłużej niż minutę – idealnym rozwiązaniem jest korzystanie ze słuchawek; ładowarki do urządzeń, nadajniki Wi-Fi itp. powinny znajdować się w miejscu, w którym rzadko przebywamy, np. w przedpokoju; im większą moc ma sprzęt, którego używamy, np. czajnik czy odkurzacz, tym bardziej agresywne jest wytwarzane przez niego pole elektromagnetyczne. Korzystając z urządzeń elektrycznych należy pamiętać o tym, iż wytwarzane przez nie pola elektromagnetyczne są bardzo szkodliwe (Kudriawcewa J., op. cit.).

Skażenia chemiczne

Zanieczyszczeniami powietrza nazywamy wszystkie substancje, które w wyniku naturalnych zdarzeń przyrodniczych lub działalności człowieka zmieniają jego typowy skład chemiczny. W wielkich aglomeracjach miejskich powietrze może być zanieczyszczone nawet tysiącem różnych składników, mających postać gazową, ciekłą lub stałą. W powietrzu miejskim występują przeważnie następujące substancje szkodliwe dla zdrowia: dwutlenek siarki (SO₂), tlenki azotu (N_xO_x), tlenek węgla (CO), dwutlenek węgla (CO₂), ozon (O₃), pyły węgla oraz pyły ołowiu i innych metali.

Dwutlenek siarki i tlenek węgla są emitowane głównie przez silniki pojazdów samochodowych, tlenki azotu powstają w procesach spalania w paleniskach oraz w silnikach

spalinowych, dwutlenek azotu (NO_2) powstaje w powietrzu w wyniku utleniania tlenku azotu (NO_x), węglowodory są emitowane głównie przez silniki spalinowe samochodów oraz przez przemysł przetwarzający ropę naftową. Sadza i drobne pyły są produktami niepełnego spalania.

Dwutlenek siarki (SO_2)

Jest bezbarwnym, łatwo wstępującym w reakcje gazem, powstającym podczas spalania paliw zawierających siarkę (np. węgla i ropy naftowej), podczas wytapiania metali oraz innych procesów przemysłowych. Największym źródłem tlenków siarki są elektrownie, kotłownie, rafinerie ropy naftowej, stalownie, huty żelaza i stali. Najwyższe koncentracje dwutlenku siarki występują w pobliżu dużych spalarni. Przyczynia się on do zniszczenia budowli, lasów, żyznych gleb i ludzkiego zdrowia.

Dwutlenek siarki działa drażniąco na oczy, błony śluzowe i skórę. W stężeniach 0,3–1,0 ppm jest przez większość ludzi wykrywany węchem. Stwierdzono istnienie zależności między stężeniem dwutlenku siarki w powietrzu a zachorowalnością i śmiertelnością ludzi, głównie z powodu nieżyty oskrzeli, dychawicy oskrzelowej i rozedmy płuc. Zatrucia przewlekłe objawiają się w postaci nieżyty nosa, tchawicy, zaburzenia smaku i wysiłkowej duszności oraz znużenia.

Oddychanie powietrzem zawierającym SO_2 wywołuje stan zapalny błony śluzowej (od przekrwienia do martwicy), porażenie jej rzęsek, zmianę aktywności niektórych enzymów lizosomalnych, nadmierne wydzielanie się śluzu w drogach oddechowych, skurcz żył oskrzelowych i zaburzenia krążenia oskrzelowego, ogólnoustrojowe zaburzenia w krążeniu krwi, spadek ciśnienia, osłabienie kurczliwości serca. Zatrucie dwutlenkiem siarki objawia się również w postaci defektów metabolizmu i zmian morfologicznych w wątrobie, mięśniu sercowym, nerkach oraz mózgu (Lisiewicz J. 1988. Zdrowie człowieka a przemysł. Wyd. Ossolineum, Wrocław).

Krótkotrwała ekspozycja na SO_2 , trwająca od pięciu minut do 24 godzin, pogarsza funkcje układu oddechowego, objawiając się w postaci symptomów bronchitu i astmy. Skutki te są szczególnie niebezpieczne dla astmatyków w warunkach wymuszających intensywne oddychanie, np. podczas ćwiczeń fizycznych. Zwiększenie stężenia SO_2 w powietrzu atmosferycznym powoduje zawsze wzrost wizyt w szpitalach, szczególnie dzieci, osób w podeszłym wieku i astmatyków. W atmosferze dwutlenek węgla reaguje z innymi związkami, powodując powstanie drobnych cząsteczek. Cząsteczki te przenikają głęboko do wrażliwych obszarów płuc, przyczyniając się do pogorszenia istniejącego stanu chorobowego lub do powstania chorób układu oddechowego, np. rozedmy i bronchitu. Efektem końcowym tego procesu jest przedwczesna śmierć. Kwaśny deszcz powstaje w wyniku reagowania dwutlenku siarki z tlenkami siarki (SO_x) i z parą wodną.

Tlenek węgla (CO)

Popularnie nazywany czadem jest bezbarwnym i pozbawionym zapachu toksycznym gazem, powstającym w wyniku niepełnego spalania paliw węglowodorowych. Jest emitowany bezpośrednio z rur wydechowych samochodów, szczególnie w chwili startu, gdy ograniczony jest dopływ powietrza, silnik nie jest dobrze wyregulowany, jak również na znacznych wysokościach, na których powietrze jest „rozrzedzone”, tj. zawiera mniej tlenu niż na nizinach. Do układu krwionośnego tlenek węgla przedostaje się za pośrednictwem płuc, przyczyniając się do powstania karboksyhemoglobiny, która jest związkiem hamującym zdolność krwi do transportu tlenu do organów ciała i tkanek. Szczególnie narażone na toksyczne działanie tlenku węgla są osoby chore na serce, które podczas uprawiania ćwiczeń fizycznych mogą odczuwać ból w piersiach. Szczególnie wrażliwe na tlenek węgla są niemowlęta, osoby w podeszłym wieku oraz mające

problemy z układem oddechowym. U osób zdrowych tlenek węgla pogarsza kondycję fizyczną, wzrok, funkcje manualne, zdolność uczenia się oraz rozwiązywania problemów złożonych.

Tlenki azotu

Groźne dla zdrowia są również skażenia powietrza tlenkami azotu, które organizm ludzki wykrywa już w stężeniu 230 mg/m^3 . Stężenie dwutlenku azotu (NO_2) w wysokości $5,6\text{--}7,5 \text{ mg/m}^3$ zaburza oddychanie, zaś dłuższa ekspozycja na ten gaz bywa przyczyną methemoglobinemii. Zatrucia przewlekłe trójtlenkiem azotu (NO_3) ujawniają się w postaci zapalenia oskrzelików. Inne objawy polegają na podrażnieniu spojówek, stanach zapalnych i owrzodzeniu jamy ustnej, uszkodzeniu szkliwa i zębiny, spadku ciśnienia krwi, zwolnieniu tętna. Zatrucia ostre ujawniają się w postaci zmian w układzie krążenia i oddechowym oraz krwi, które mogą doprowadzić do śmierci na skutek porażenia czynności oddechowej i krążenia. W tego rodzaju zmianach można wyróżnić dwa etapy: w pierwszym następuje podrażnienie błon śluzowych i silny kaszel, natomiast w drugim pojawia się ostra duszność, bóle mięśni podczas oddychania, sinica i zaburzenia krążenia. Może również wystąpić obrzęk płuc. Opisane objawy pojawiają się w czasie od kilku do 48 godzin od ekspozycji na tlenki azotu.

Zanieczyszczenie powietrza pyłami

Powietrze wielkich miast jest zanieczyszczane pyłami, które niejednokrotnie charakteryzują się bardzo dużą toksycznością. „Pyłami nazywamy aerozole, których fazę rozproszoną stanowią ziarna ciała stałego o średnicy $0,1\text{--}100 \mu\text{m}$, a ośrodkiem dyspersyjnym jest powietrze”. Według innej definicji pyłem nazywamy zawieszone w powietrzu cząstki stałe o wielkości $0,0001$ do $0,1 \text{ mm}$. Zależnie od wielkości wyróżniamy pyły grube, drobne i koloidalne. Pył gruby składa się z cząsteczek o wymiarach $0,01$ do $0,1 \text{ mm}$; pył drobny ma wymiary $0,0005$ do $0,01 \text{ mm}$; pył koloidalny (aerozolowy) ma cząsteczki o wymiarach $0,0001$ do $0,0005 \text{ mm}$ (Zaniewicz H. 1997. Zanieczyszczenia powietrza [w:] Marcinkowski J.T. red., 1997. Podstawy higieny. Wyd. Volumed, Wrocław).

Na organizm człowieka pyły oddziałują za pośrednictwem skóry, przez układ oddechowy oraz pokarmowy. Najbardziej niebezpieczne są pyły przedostające się do ustroju za pośrednictwem układu oddechowego. Ich szkodliwość zależy od rodzaju pierwiastka chemicznego, wymiaru i kształtu drobin, stężenia w powietrzu, czasu oddziaływania oraz wrażliwości osoby ekspozowanej. Pyły działają drażniąco na błony śluzowe spojówek oczu i górne drogi oddechowe. Przy oddziaływaniu długotrwałym mogą uszkodzić błonę śluzową układu oddechowego, co ułatwia jej infekcję. Pyły drobne przedostają się do oskrzeli i oskrzelików, a mające średnicę mniejszą niż $5 \mu\text{m}$ docierają nawet do pęcherzyków płucnych. Wywołują zmiany, które przyczyniają się do ucisku naczyń krwionośnych, utrudniając krążenie krwi w płucach i pogłębiające niewydolność płuc i serca. Zanieczyszczenie środowiska pyłami metali wywiera więc niekorzystny wpływ na organizm człowieka, który jest tym większy, im więcej jest pyłów w powietrzu i im bardziej są one toksyczne.

Przewlekłe wzięwanie pyłów przyczynia się do rozwoju trzech zespołów chorobowych: pylic, tj. zmian w płucach o charakterze włóknistym; nieżytów dróg oddechowych, zapalenia płuc i syndromów alergicznych powodowanych m.in. przez pyły cementu, boru, żelaza i gipsu oraz schorzeń nowotworowych.

W polskich miastach powietrze jest zanieczyszczone pyłami metali, jak ołów, cynk, kadm, miedź, żelazo, stront, magnez, kobalt, rtęć i inne (Lisiewicz J. 1988. Zdrowie człowieka a przemysł. Wyd. Ossolineum, Wrocław). Zagrożenie organizmu pyłami jest wprost proporcjonalne do ich ilości i wielkości. Pyły o średnicy mniejszej od $10 \mu\text{m}$ są najniebezpieczniejsze, ponieważ mogą przenikać głęboko do płuc, a nawet do układu krwionośnego. Ekspozycja na tego rodzaju pyły może powodować nasilające się trudności z oddychaniem

wskutek podrażnienia dróg oddechowych oraz kaszel, a nawet uszkadzać płuca i serce. Wchłaniane przez organizm cząsteczki drobne, które występują w pobliżu dróg i zakładów przemysłowych, mają średnicę 2,5–10 μm . Cząsteczki dymu i mgły (pył aerozolowy) mają średnicę 2,5 μm oraz mniejszą.

Pyły mogą również ograniczać funkcje płuc, pogłębiać astmę, sprzyjać rozwojowi chronicznego bronchitu, powodować arytmie serca, wywoływać ataki serca nieprowadzące do śmierci, powodować przedwczesną śmierć osób chorych na serce i płuca. Osoby chore na serce i płuca, dzieci i osoby w podeszłym wieku są najbardziej narażone na szkodliwe działanie pyłów. Niekorzystny wpływ zapylenia środowiska możemy odczuwać, nawet jeśli jesteśmy zdrowi.

Z wiatrem pyły są przenoszone na duże odległości i osiadają na powierzchni gruntu oraz wody. W wyniku tego powodują ich zakwaszenie, zmianę bilansu składników odżywczych w glebie, uszkadzają lasy i uprawy roślinne, zmniejszają bioróżnorodność ekosystemów, uszkadzają kamienne obiekty architektury.

Pyły ołowiu (Pb)

Ołów trwale zanieczyszcza środowisko wielkich miast, a nawet odległe od nich obszary. Uwalnia się on ze ścieków, rud oraz z innych źródeł. W wyniku zanieczyszczenia powietrza odkłada się w glebie i osadach. Przedostaje się do organizmu z powietrzem, wodą pitną, skażoną żywnością oraz z pyłami gleby. Po wnikięciu do ustroju zostaje po nim rozproszony przez krew oraz odkłada się w kościach. Zależnie od ilości wpływa niekorzystnie na układ nerwowy, na funkcje nerek, układy: odpornościowy, rozrodczy, sercowo-naczyniowy oraz na procesy rozwojowe. Do najczęściej obserwowanych skutków zatrucia ołowiem populacji światowej należą zaburzenia układu nerwowego u dzieci; zaś u osób dorosłych wady układu sercowo-naczyniowego (wysokie ciśnienie krwi i choroby serca). U niemowląt i małych dzieci nawet najmniejsze stężenia ołowiu mogą zaburzyć cechy behawioralne, obniżając pojętność oraz współczynnik inteligencji. Ołów jest bardziej niebezpieczny dla dzieci niż dla dorosłych, ponieważ częściej wkładają one do ust palce i inne obiekty, na powierzchni których mogą występować pyły ołowiu; ich ciała pobierają więcej ołowiu wskutek intensywniejszego wzrostu; mózg i system nerwowy dzieci są bardziej wrażliwe na toksyczne działanie tego pierwiastka. W przypadku późnego wykrycia wysokiego stężenia ołowiu w organiźmie dziecka może on być przyczyną uszkodzenia mózgu i układu nerwowego, problemów behawioralnych o charakterze nadaktywności oraz trudności w nauce, spowolnionego wzrostu, pogorszenia słuchu, bólu głowy. U dorosłych ołów może powodować zaburzenia w funkcjonowaniu układu rozrodczego zarówno u mężczyzn, jak i kobiet; wysokie ciśnienie krwi; zaburzenie układu nerwowego; zaburzenie pamięci i trudności z koncentracją; bóle mięśni i stawów.

Zanieczyszczenie powietrza związkami ołowiu przyczynia się u kobiet w ciąży do powstania u dzieci zmian o charakterze teratologicznym, jak rozszczep podniebienia i rozszczep wargi, do spadku urodzeniowej masy ciała, do samoistnych poronień, aberracji oraz innych zmian w budowie chromosomów.

Do organizmu ołów może się przedostać z pokarmem, wodą i wdychanym powietrzem. Czteroetyłek ołowiu łatwo przenika przez skórę. Około 5–10% ołowiu, który przedostał się do organizmu, pozostaje we krwi. Pozostała reszta rozmieszcza się w tkankach zależnie od ich ukrwienia i powinowactwa do tego pierwiastka. W pierwszej kolejności odkłada się ołów w wątrobie, płucach, sercu i nerkach, następnie w skórze i mięśniach. Najwolniej odkłada się w kościach, w których pozostaje najdłużej. Ołów łatwo przenika przez łożysko, co sprzyja jego odkładaniu się w organizmie płodu. Ma również zdolność do przenikania do mleka matki. W przypadku środowiskowego narażenia na ołów, dzieci stanowią grupę największego ryzyka. Wynika ono z większego niż u osób dorosłych pobierania ołowiu z pokarmem.

Literatura:

- [1] Barnier M. 1995. *Atlas wielkich zagrożeń*. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa
- [2] Bettencourt Luis M.A., Geoffrey West, *Więcej za mniej* [w:] *Świat Nauki*, 2011, październik, nr 10 (242), s. 38–39
- [3] Glaeser E. Motory postępu [w:] *Świat Nauki*, 2011, październik, nr 10 (242), s. 36–41
- [4] Jamkowski M. 2008. *Czyste metropolie* [w:] *Newsweek*, 16.11.2008, s. 61–64
- [5] Kudriawcewa J. 2011. *Kablu wróć* [w:] *Forum*, nr 48, 2011, s. 38–39
- [6] Lisiewicz J. 1988. *Zdrowie człowieka a przemysł*. Wyd. Ossolineum, Wrocław
- [7] Neuwirth R. *Globalny bazar* [w:] *Świat Nauki* 2011, październik, nr 10 (242), s. 42–49
- [8] Rogal H. 2010. *Ekonomia zrównoważonego rozwoju. Teoria i praktyka*. Wyd. Zysk i S-ka, Poznań, s. 25
- [9] Zaniewicz H. 1997. *Zanieczyszczenia powietrza* [w:] Marcinkowski J.T. red., 1997. *Podstawy higieny*. Wyd. Volumed, Wrocław

**Technical aspects
of sustainable urban development.
Transport and energetics issues**

English version

PREFACE

The *signum temporis* of the last hundred years in settlement geography is an extraordinary urban growth. Primarily the post-medieval towns, where every place was easily accessible by foot, were being changing into modern cities. The number of inhabitants was intensively growing up, while the area has changed in a very moderate extent. For example, the population of Warsaw has changed during 1813–1913, very roughly, circa 10 times, while its area – even less than two times. I was due to remarkable growth in population density. Although further development of cities required to enlarged its area, in nowadays we observe how the cities are sprawling into the neighbouring country, forming agglomerations, conurbations and – eventually – megalopolis.

Though in Central and East Europe formation of megalopolis is the matter of not so near future (may be, despite the Moscow agglomeration), the urban sprawl, leading even to effacement of border between the urban and the rural area, can be easily observed in such cities, as St. Petersburg, Warsaw, Kiev or Rostov-on-Don with over the million residents. Therefore, hundred thousands people, working in the centre of metropolis and living in a suburban or even rural areas, tens of kilometres away, need to overcome this distance at least twice a day. This causes enormous problems of transportation – we took up these issues in the monograph.

It's not only a problem of waste of time for the nowadays suburban residents, no matter if they're just wealthy, or definitely rich. Problem is rising rapidly in emergency cases, to the scale of a question: health or disease, life or death, sometimes not only for the individual human being, but for the number of people. The matter could occur just about money, which seems to be far less dramatic, but – while the amount to gain or loose may go to millions or billions euro, depending on the time needed to rich the city – it remains the matter of extremely great importance. The resolution of this problem was the focus of attention of professors Batishev and Dudnik from Rostov-on-Don.

The autocade is dragging for tens kilometres every morning and every afternoon also causes a number of severe environmental problems. Some of them, as greenhouse effect, are of global scale; the others are local, as smog and traffic noise. The last one is that, what Dr. Lebidowska took into account, looking for simply and inexpensive means preventing the noise propagation.

Using fossil fuels, as gas, oil and coal, to produce thermal, electrical and mechanical energy is considered a reason of climate warming. The renewable sources of energy seem to be a resolution, but unfortunately, they are most easily available, when and where they are less required. The solar radiation operates in maximum scale on days, of summer and in intertropical zone. The energy of wind and river flow is only the derivative of solar radiation and increases in parallel. On the other side in the temperate zone, where is the most of land of Europe, summer days are the period of the lowest energy demand, except of Mediterranean, where use of air condition equipment causes the high demand of electricity in summer.

So the evaluation of method of thermal and/or electrical energy storage is the key of keeping the energy and climate balance. The more – such method could enable to completion of energy-net, combining hundreds of small energy resources, such as individual photovoltaic cells, small hydro-power and wind plants, rural and sewage biogas plants into a highly effective energy system. Also, nuclear power industry – due to its lack of flexibility – is seeking energy storage system.

Although the global storage and exchange energy system is the challenge for the future, common use of electrical energy in road vehicles is a question of tomorrow. While vehicles with hybrid systems are not causing the significant increase in demand for electricity, vehicles with electric motors certainly will. It makes sense to provide DC electricity demands that appear very rarely so far, or not at all. Construction of a DC power net is the challenge that faced the professor Trzaska.

Now – at last, but not least – we have to deal with the problem of road traffic safety. One of a great factor, adversely affecting the road traffic safety, is purchase cars on the secondary market, which are often only renovated after the crash, without the severe recondition. This problem seems to be of less importance in countries of traditionally high quality of living, but in less wealthy countries, or in case of very diverse incomes, it becomes substantial. That's a deal for professor Ratajczyk.

The development of public transportation is often considered a remedy for the most of transportations problems. It's possible to highlight a few central or east European cities, where it works – in fact rarely in cities of more, than a million inhabitants – Praha seems to be an over-million city, where almost everything that had to do in this case, was done. But these efforts concerned to a trans-transportation problem inside the metropolis, not between the border of metropolis and its neighbourhood areas – suburban or rural. Dr. Urbański with collaborators took the study of urban transport system – within the metropolis.

Napoleon had said that he needs three things to win any war – “money, money and money.” Churchill paraphrased these words into “petrol, petrol and petrol.” Now we could say, that there are three the most important things to solve any problem of civilization – “energy, energy and energy.” Nowadays we need more and more of electrical energy of AC and DC as well. We need electricity for high technology industry, for households, and for communication too. As regards transportation in cities the electricity is used:

- to change it into the mechanical energy, causing movement of vehicles, such as trains, subways, trams, electric cars, conveyors. lifts etc.,
- for lightening the communication infrastructure elements, first of all streets,
- to manage the city traffic: to supply the control crossroads lights, items measuring cars velocity and intensity of traffic and more and more fully automatic control systems of public transportation.

If urban development is to be sustainable, the sources of energy need to be sustainable as well. So Dr. Mazur-Belzyt has made a study of renewable energy sources in the context of sustainable development of cities. There is a possibility to use many of renewable energy sources inside the city, while the use of some of them has to be restricted in urban area. As a reward, we can use a specifically urban energy sources, the turbine-lights, which could use the air movement produced by the moving cars, as well as the natural movement of air, to produce electricity.

Six major problems are identified as that, of the key importance:

- emergency means of transportation,
- traffic noise,
- lack of DC supply nets,
- road traffic safety,
- public transportations in metropolis limits,
- sources of renewable energy in urban area.

And the authors have done their bests, to find the solution or a way, where the solution could be found. Then they had met together for a well discussion of the problems and solutions as well. After that six elaborations had been prepared in solitude by their authors.

The elaboration of professor Pala seems to be the general view of the subject. He showcased the role of cities in ancient ages and its transformation to the modern epoch in conjunction with specification of the most important factors, that affect the environment and quality of life of human beings.

The role of the undersigned was limited to gather the views together, to focus it, both during the discussion, and both during preparing texts for publications.

JAN CETNER

Yuri BATISHCHEV
Vitali DUDNIK

The using of light and ultra light helicopters for resolving of transport problems in cities

High rates of automobiles founds problem of city infrastructure. In 1990 year one thousand people of Russia had 60 cars. During the short period cars rates was exploded increasing in Russian cities. But increasing of streets squares was not executed. As a result city infrastructure becomes not to service these huge streams. Citizens of Russian cities became hostage of transport problems.

In 30 years of XX century Russian scientist and big specialist in urbanistic and transport system of cities Georgiy Shelehovski foresee: „We haven't built hypotheses about rates of cars quantity in our cities. We have to define limit – at least one car per one family.”

Now level of motorization is not high in Russia – 350 cars per one thousand people, but Russian cities choke with the traffic jams. Countries of West Europe, North America and Japan have level about 600-700 cars, New York has level more 1000. Nevertheless, problem of traffic jams is not critical for this city. Average speed of cars in Russian cities is very little according with foreign cities (table 1).

Table 1. Average speed of cars in the cities

№	City	Average speed, km/h
1	New York	38
2	Seoul	38
3	Madrid	35
4	10 biggest cities of Great Britain	29,6
5	Moscow	24,6
6	Mexico	22,1
7	Caracas	18

Analysis of modern situation and classification of cities allows defining ways and methods of exit from existing situation. For system resolving of modern megapolis transport problem must be separated few directions. First of all – builds of many floors cross points. Second – prefer development of municipal transport and increasing of payment for parking. Third – changing of laws. Forth way is not traditional – using of light, very light and ultra light helicopters for resolving of transport problems in cities.

Helicopter park is not very distributed now in cities but quantity of conveyance increase very fast. We have to look forward that helicopters will be a serious transport of cities. Main advantage of helicopters is high maneuverability, simplest of landing places and speed. Lacks of city helicopter transport is low transport possibility, high noise and depending from weather conditions.

Rotorcrafts in the city are not replacement for emergency and firefighting, monitoring of city infrastructure. Them allow urgently evacuate of people.

Helicopter city transportation just appears in Russia as a new type city transport. Despite of that Russian business stakes on it.

Now only light and heavier helicopters can be used in the city. Two seats very light and ultra light helicopters would be effective in the city and we study the way to using of those classes of helicopters (fig 1).



Fig 1. Russian two seats ultra light helicopter „Rotorfly”

Now complex project „General and regional aviation” is organized by Central Aero Hydro Dynamic Institute in Russia. Don State Technical University takes part in this program together with Ukrainian colleagues (fig. 2). The aim of the project is provision of physical and economical accessibility of regional passenger and cargo aviation transportation. This program include the investigation of city helicopters and helicopter landing places.

Helicopter landing places subdivide into 3 classes:

- 1) light – for vehicle take off weight to 40 kN,
- 2) medium – from 40 kN to 120 kN,
- 3) heavy – above 120 kN.

Construction, cover and sizes of the places are depend from weight category. Helicopter places in the cities are useful mounted on the roofs of high buildings or special overlapping between the buildings.

After 11-th of September 2001 the quantity of helicopter places is increased. Work with city helicopters activated in different countries and in Poland too. For example the helicopter place was situated on the roof of 11-floor Grand hotel. The Polish Institute of Aviation investigated the influence Warsaw buildings to helicopter flights in the city (fig. 3).



Fig. 2. Prepare experiments with city ultra light helicopter

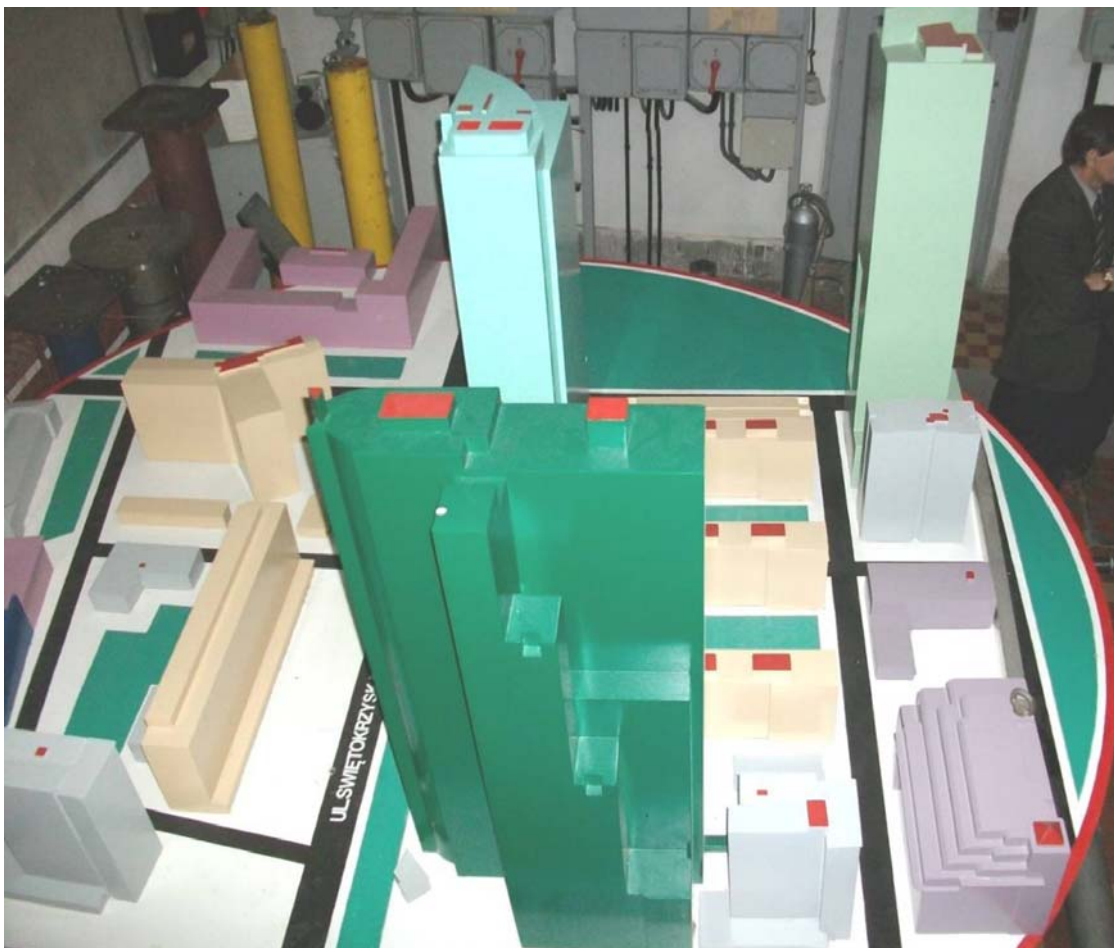


Fig. 3. Model of central part of Warsaw for investigation of helicopters flight conditions

Raising of helicopter places to big altitude decreases level of noise in the city and does better flight safety, especially to take off and landing. Special elevators connect places with earth. Construction of building must be calculated to additional loads from helicopters if the helicopter places situated on the roofs. Construction receives overload 1,5–2 times during the take off and landing. Few Russian firms produce mounting helicopter places for high building. For example original structure of places was designed by specialists of „Lenaeroproekt“ for American company „Halliburton“. This place has done from material lighter than concrete. The structure of cover was made from metallic honeycomb.

The shape of helicopter places will be able various – square, around but working size of places must be bigger size of helicopter in 1,5 times. It would be better if helicopter place would be transform to entertaining or sportive fields (fig. 4). Equipment of helicopter places depends from the owner but obligatory must be lights, electric power, radio devices and firefighting equipment.



Fig. 4. *Transforming of helicopter places to little stadium*

Unfortunately a few countries among them Russia has a problems with laws for city helicopter transport. Owner of all sky is military ministry in the Russia. It needs to receive a few permissions for flights above the city It's a main reason of problems for helicopter city transport in Russia.

Helicopter transport has many problems now but it will be serious transport in the nearest future. Nowadays in settlements, neighboring to popular airfield Góraszka, located close to Warsaw, the appearance of helicopters or small planes over the roofs have become a part of everyday life.

Barbara LEBIEDOWSKA

SELECTED ASPECTS OF THE MANAGEMENT OF ACOUSTIC CLIMATE IN THE CITIES

Introduction

Activities, which goal is to keep the acoustic climate on level accepted by inhabitants of the cities, can have different forms, such as: appropriate design of built-up areas, suitable distancing of major roads from housing areas or appropriate shaping of the building mass as well right layout of rooms inside the building site. All these means have the goal to reduce negative influence of noise on city inhabitants.

Solutions for improvement of acoustic climate are not limited only to architectural-urban planning solutions, but can as well take place in the area of city car flow management. It takes on different organizational forms, such as: limitation of entry into downtowns, introduction of high fees for parking in central parts of towns, building of free parking lots near mass transport hubs on town outskirts, supporting of mass transportation or promotion of technological solutions for quiet transportation.

Introduction of the directive 2002/49/EC in Poland seems right. The effects of undertaken activities – although not fully satisfying – are already noticeable. In many cases they aim at creation of silent zones in borders of built-up areas. In urban areas as whole they are however still a future case.

Legislation as tool for management of city acoustic climate

Management of acoustic climate in urban areas bases in national scope first of all on the Environment Protection Law and execution documents – orders of the Environment Minister and in European scope on directives, inclusive the basic, since 9 years arousing strong emotions and controversies amongst environmental acoustic experts, directive 2002/49/EC relating to the assessment and management of environmental noise.

This directive recommends using of common methods of noise assessment in the environment as well definition of border values in category of harmonized indicators for determination of noise level. In understanding of the directive, border level means the indicators L_{den} or L_{night} and – where it is appropriate – as well using of L_{day} and $L_{evening}$, determined by the Member State, after exceeding of which appropriate authorities must consider or introduce reducing means; acceptable is differentiation of border values for different kinds of noise (for road, railway and air movement, industrial activity etc.), different surroundings and sensitivity of inhabitants to the noise. Precise values of individual border values are to define by Member States, taking into consideration among others the need to use the rule of prevention for preservation of silence zones in agglomerations.

As common indications of noise the directive recommends the indicator L_{den} for the assessment of annoyance and indicator L_{night} for assessment of sleep-disturbance. The directive authorizes the Member States to use additional indicators in the process of monitoring and control of specific noise occurrence situations.

For some regions of interest the directive introduces the duty to draw up of strategic noise maps. They will be the sources of data, needed for creation of noise level percep-

tion images in specific areas. The strategic noise map is a map, prepared for comprehensive assessment of noise exposure from different sources in specific area or for preparation of general predictions for specific region.

On basis of data from noise maps to prepare are action plans for prevention of noise creation in the environment and reduction of its level where necessary, especially where the noise influence can create harmful effects on human health and preservation of the quality of acoustic climate, where it is still right. Action plans mean so plans prepared for needs of management of noise emission and results, inclusive – if necessary – for needs of its reduction in level.

Education

Improvement of social consciousness

Information and public consultation about prepared action plans is enormously important in process of social consciousness improvement. Normally however only small group of citizens active participates in planning process – the majority draws information from media or shows no interest in the problem. Necessary are also other instruments for improvement of social consciousness and through improvement of knowledge about its influence on physical and mental health, widening the circle of people aware of risks resulting from excessive noise.

More ambitious goal is the change of attitudes towards public transportation, bikers and pedestrians as alternative to private, individual car vehicle. There are several tools to communicate with different target groups. Used can be all of them: brochures, posters, internet pages, forms, info points in hot spots, contests for children etc.

Used could be as well so called “sound barometers” in the streets – similar to “air quality barometer” in French town Clermont-Ferrand, informing citizens about current quality of inhaled air (photo 1).



Photo 1. “Air quality barometer” in French town Clermont Ferrand

Source: photo Melanie Kloth, Polis

For presentation of noise level in way understandable for laymen, a scale for assessment of acoustic climate, basing on common standards, could be used (Kloth M. et al., 2008).

More than 85 dB(A)	Harmful sound levels in case of long exposure
>75 – 85 dB(A)	Communication is very difficult
>65 – 75 dB(A)	Mediocre soundscape
>55 – 65 dB(A)	Acceptable soundscape
>45 – 55 dB(A)	Good soundscape
Less than 45 dB(A)	Excellent soundscape

Fig. 1. *Acoustic climate quality scale*
Source: Kloth M. et al., 2008, p. 59

Promotion of less noisy transportation

Person cars are responsible for substantial part of noise in urban areas. Relocation of inhabitants in town areas means as a rule distances less than 3 km, therefore rational is to encourage people to use alternative transportation methods like biking, ice skiing or roller skating, walking or use of mass transportation.



Photo 2. *Bike and tram – individual and mass transportation recommended in cities*
Source: Kloth M. et al., 2008, p. 67

Shaping of vehicle driver attitudes

Noise, created by car vehicle depends not only on its type and technical shape, but as well on skills and behavior of the driver. Fierce accelerations of the car can create increase in noise level by 5 dB for person and delivery car and even by 7 dB for motorbike (Kloth M. et al., 2008). Appropriate training of drivers can help to change their behavior, for the more immune important is to remind, that passive driving means fuel saving.

The motor noise of one car vehicle at 4000 rpm is equal of noise created by 32 cars at 2000 rpm (see fig. 2). So it is one of main problems to solve in city traffic.

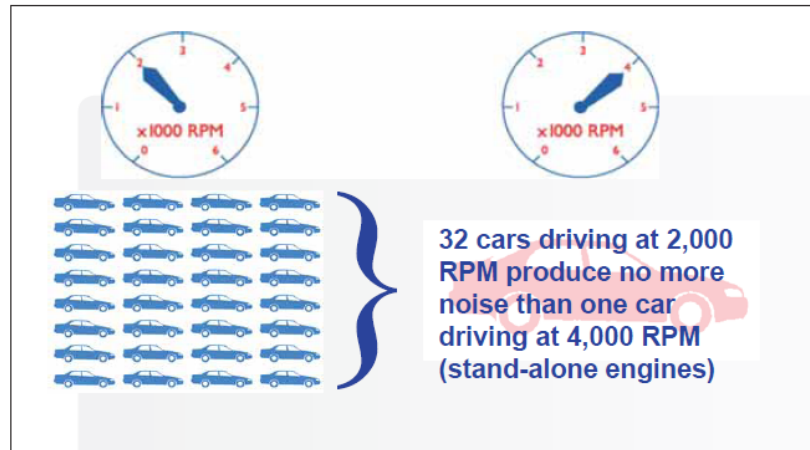


Fig. 2. Benefits from eco-behavior of the driver

Source: Kloth M. et al., 2008, p. 68

Technical solutions Use of screening phenomenon

Screening phenomenon is result of many technical solutions. It can be an earth berm, earth berm reinforced by screen on top as well additionally reinforced by vegetation, a building along the road – fulfilling the role of an acoustic screen, a road in cutting and the most effective, but as well the most expensive solution: tunnel (fig. 3).

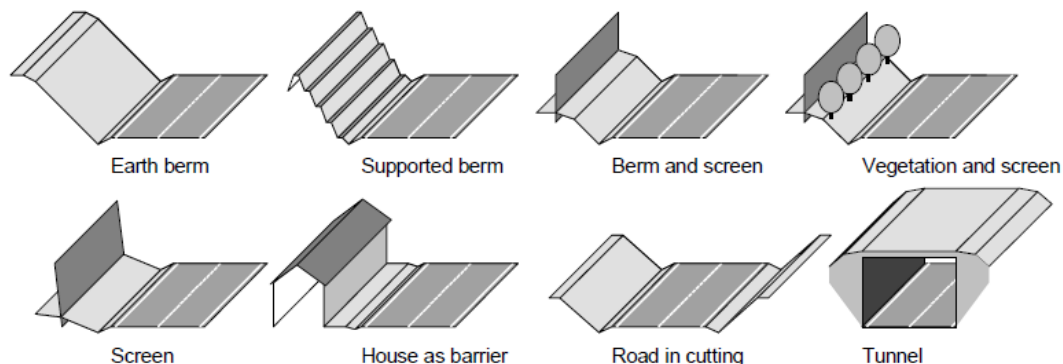


Fig. 3. Examples of acoustic screens

Source: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002 p. 26

Area planning as tool for noise reduction in new created or reconstructed urban areas

There are many methods of noise reduction, which can be used during reconstruction of existing housing structures as well creating of new housing areas. Possibilities of use of these methods depend from size of the area, land development politics and other restrictions, such as planned population density or necessity to secure access for delivery transportation to existing trade-service areas etc.

Buildings as acoustic screens

Fig. 4 shows an example for protection of an existing housing area localized near railway, by construction along the rails of service buildings playing the role of acoustic screen. Their effectiveness depends from geometric sizes and method of "opening" of the housing area towards the railway route.

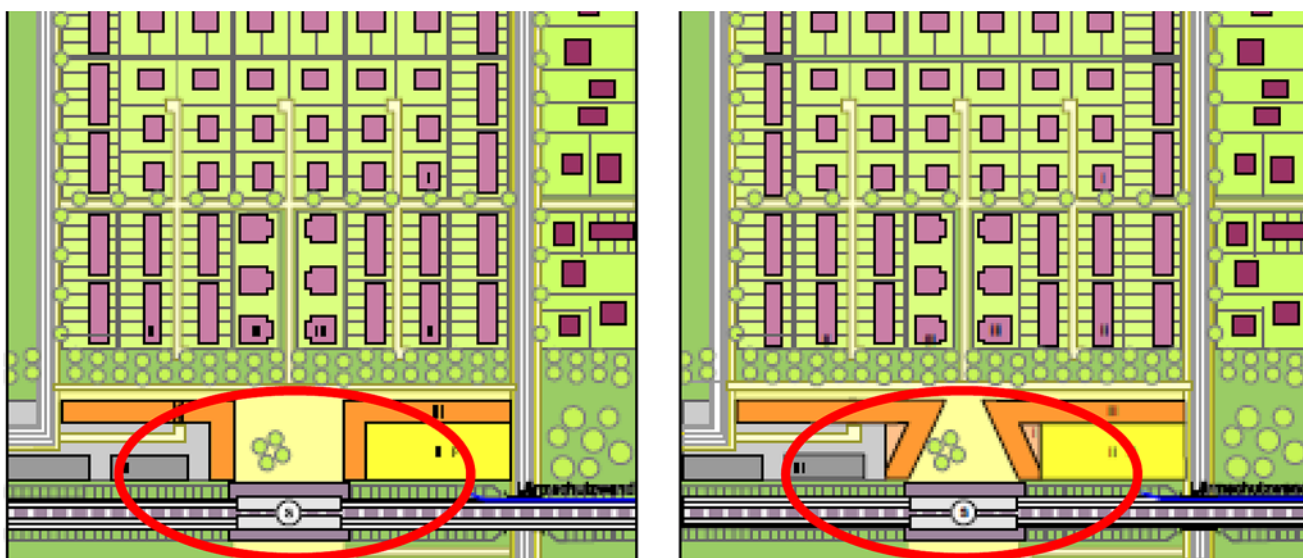


Fig. 4. Buildings along railway route as acoustic screens

Source: LÄRMKONTOR GMBH, 2004, p. 35

In extended built-up areas, new buildings can create dense acoustic screen with existing buildings (fig. 5).



Fig. 5. Protection of housing area from noise by extension

Source: LÄRMKONTOR GMBH, 2004, p. 29



Fig. 6. Destroyed buildings as acoustic screens on edge of housing area

Source: LÄRMKONTOR GMBH, 2004, p. 72

In modern cities, in which the housing substance has worn out during the years, frequent are tearing-downs and expansion of town area. As well in such case necessary is to analyze precisely, how can be the results. Possible is, that destruction of buildings on edge will cause an opening for penetration of acoustic wave and rise in noise level in the central part (fig. 6).

Building layout as element of acoustic field creation

Another proposal for preservation of right acoustic climate of a housing area is to use an appropriate method of mutual arrangement of buildings and their positions in relationship to the noise source (e.g. road). Conducted simulation studies (Lebiedowska, 2010) for

60 different variations of building layouts and different street geometry (fig. 7) show possibilities of noise reduction by even over 6 dB (tables 1 ÷ 4).

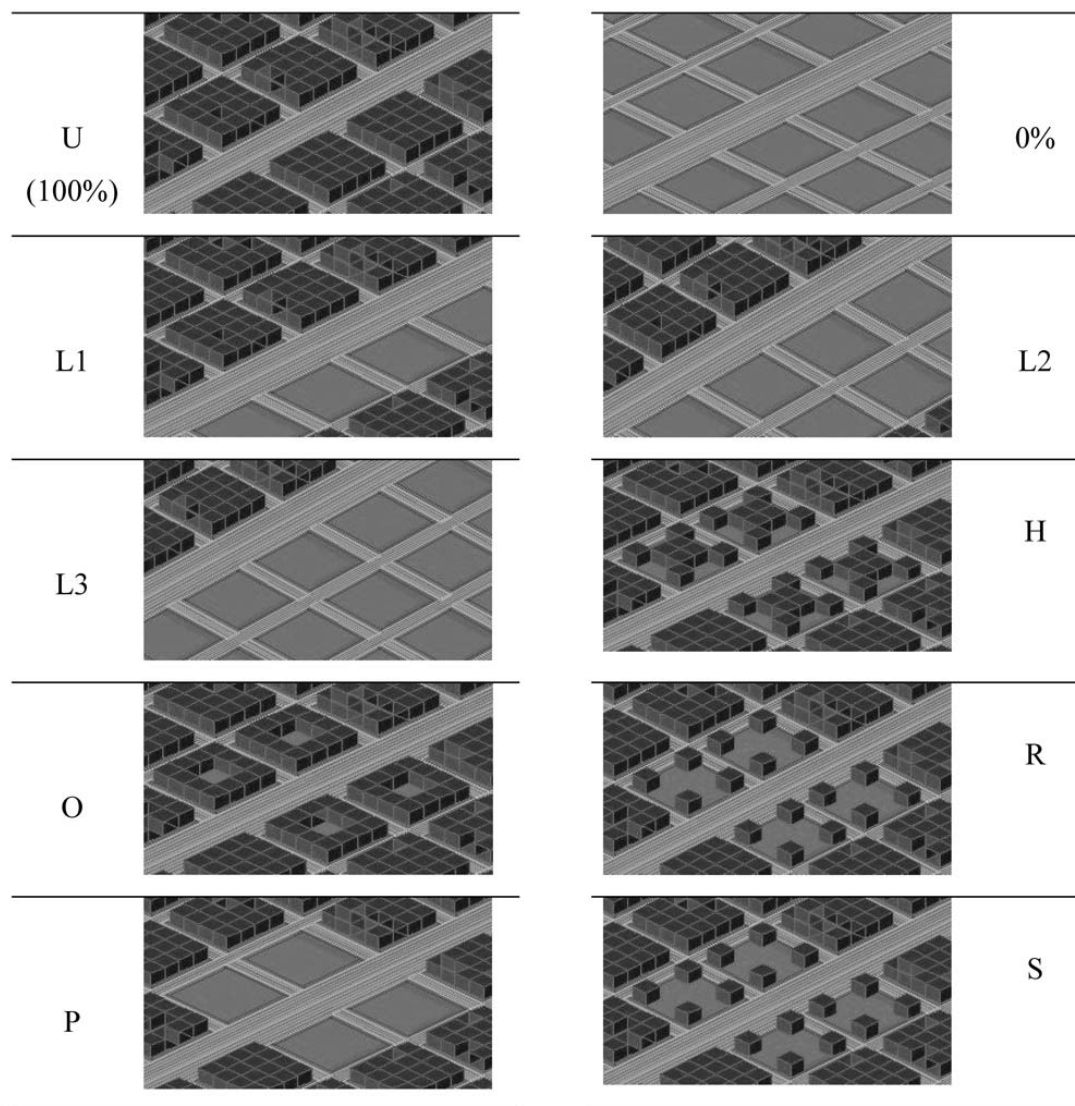


Fig. 7. Different built-up areas (Lebiedowska, 2010)

Table 1. Influence of building layouts and street width on noise level
Reference value: layout "0%", road width: 42 m (Lebiedowska, 2010)

Building layout type	„42”	„22”	„12”
"0%" open area	0 dB	+1 dB	+2 dB
"U" street of "canyon" type	+2 dB	+3 dB	+4 dB

Table 2. Influence of type "L" building layout and street width on noise level
Reference value: layout "0%", road width: 42 m (Lebiedowska, 2010)

Building layout type	„42”	„22”	„12”
"0%" open area	0 dB	+1 dB	+2 dB
L1	+1 dB	+2 dB	+3 dB
L2	+1 dB	+2 dB	+3 dB
L3	+1 dB	+2 dB	+3 dB

Table 3. Influence of "L" type building layout and street width on noise level
Reference value: "canyon" type street, road width 42 m (Lebiedowska, 2010)

<i>Building layout type</i>	<i>„42”</i>	<i>„22”</i>	<i>„12”</i>
<i>„U” road of “canyon” type</i>	0 dB	+1 dB	+2 dB
<i>L1</i>	-1 dB	0	+1 dB
<i>L2</i>	-1 dB	0	+1 dB
<i>L3</i>	-1 dB	0	+1 dB

Table 4. Influence of type built-up area and street width on noise level on building façades
Reference value: "canyon" type street, road width 12 m (Lebiedowska, 2010)

<i>Building layout type</i>	<i>„42”</i>	<i>„22”</i>	<i>„12”</i>
100%	0	-0,5	-1,1
R	-2,2	-2,6	-3,1
H	-2,6	-3,0	-3,6
S	-3,0	-3,3	-3,8
O	-5,5	-6,1	-6,7

Row houses instead of scattered building layout, placed in first row of the built-up area, are good protection of the remaining part of the family houses estate (fig. 8), garages and utility buildings can create an inner space with substantially lowered noise level, e.g. for recreational purposes (fig. 9).



Fig. 8. Row houses as screens, protecting area of family house in scattered building layout
Source: LÄRMKONTOR GMBH, 2004, p. 30



Fig. 9. Garages and sheds creating yards – silence zone
Source: LÄRMKONTOR GMBH, 2004, p. 49

Localization of buildings in relation to acoustic screen

Efficiency of acoustic screens for built-up areas protection depends from their height and distance of screen from noise source and protected site. Low buildings are easier to protect than high ones. To protect in efficient way a high building, especially its upper floors, an appropriate distance between the building and screen must be kept (fig. 10). In housing areas with mixed building layout low buildings should be placed nearer to the screen and high buildings in bigger distance.

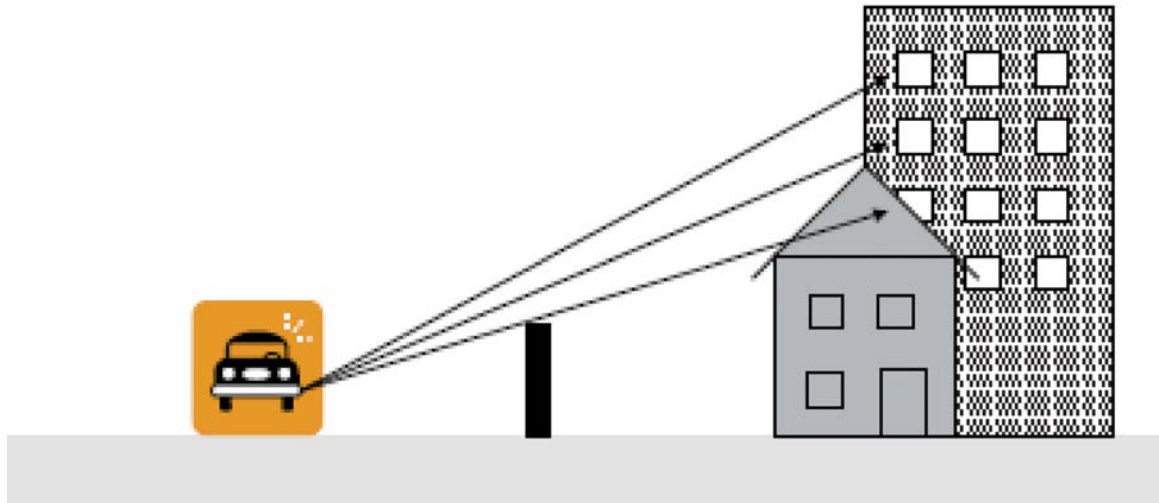


Fig. 10. Protection by screen of a low and high building

Source: Kloth M. et al., 2008, p. 63

Planning of new transportation way, road or railway

In process of planning of new transportation way, road or railway, it is better to mark its route along an existing one. It will cause some increase of noise level in neighbored area (under 3 dB), but will not create a new noisy zone.

Building design

Building shape and its positioning in relation to noise source

Shape and orientation of the building in relation to the noise source should be planned taking into consideration the influence of these factors on noise inside the building and neighboring sites. To avoid are situations where these two factors will cause additional reflections of the acoustic wave from the façade, increasing the level of noise near e.g. windows (fig. 11). Appropriate orientation of buildings towards noise source is shown in fig. 12.

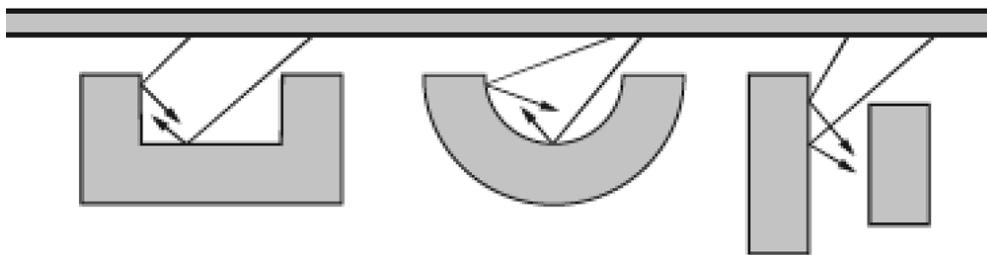


Fig. 11. Not appropriate positioning of buildings in relation to noise source

Source: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002, p. 27

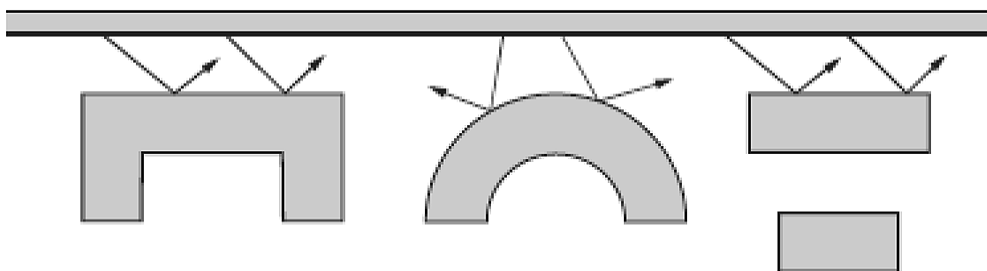


Fig. 12. Right positioning of buildings in relation to noise source

Source: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002, p. 27

In case of high building standing in little distance from noise source, an additional building can be sufficient protection of upper floors (fig. 13) and additional architectural elements, enriching the shape of the building can protect some windows from noise penetration into the building (fig. 14).

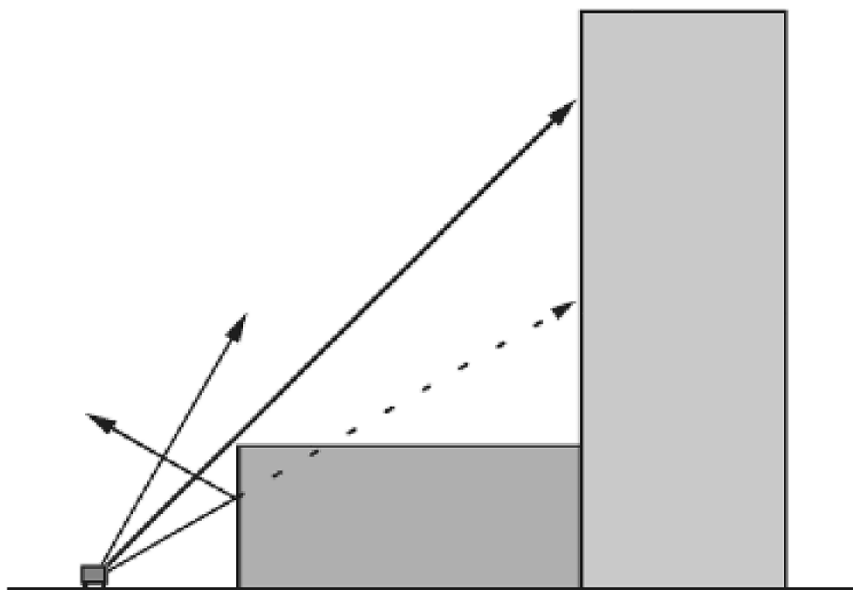


Fig. 13. *Additional building as protection of high building*

Source: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002, p. 32

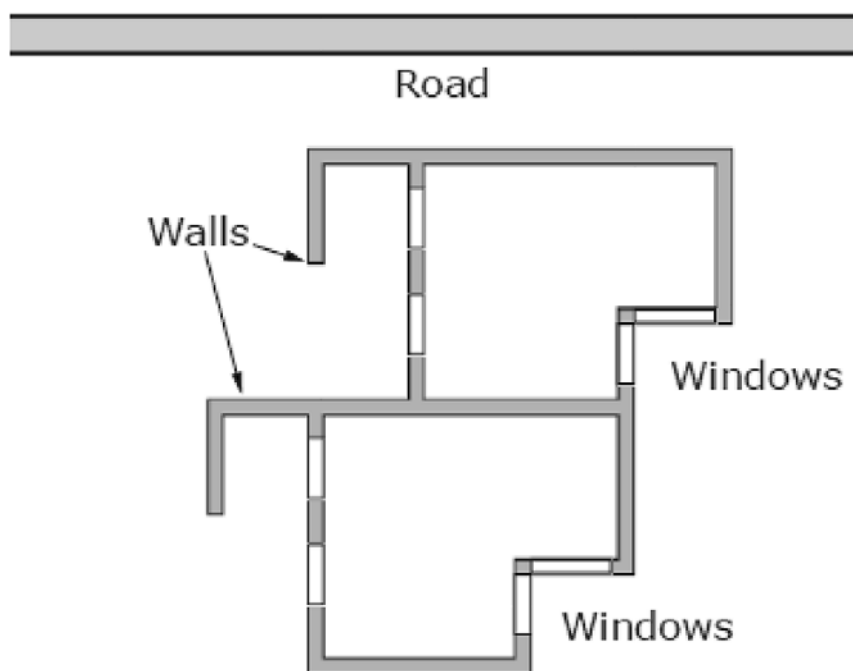


Fig. 14. *Architectural elements of the building as protection from noise*

Source: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002, p. 32

Planning of building interior

In flats and offices a rule of planning of rooms needing more silence from the façade opposite to the noise source should be used. Near façade exposed towards the road or railway planned should be such rooms like kitchens, WC, larders or storerooms. Appropriate layout of the building interior shows fig. 15.

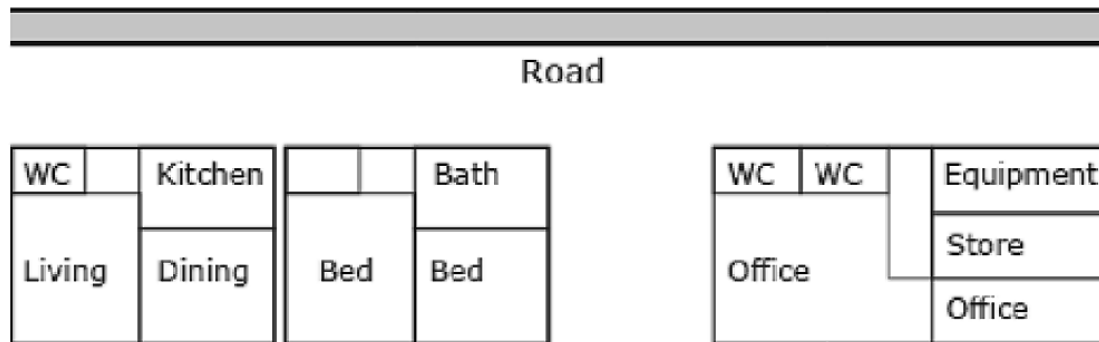


Fig. 15. Example of appropriate planning of rooms in housing and office building
Source: Praca zbiorowa, Working Group 5, 2002, p. 31

Low-noise road surfaces

Porous road surface can reduce total noise emitted by tyre/road interaction between 2 and 4 dB, for high speeds even up to 5 dB. However such surface needs rather laborious maintenance, because with clogging of pores – what is unavoidable during use – the above mentioned value decreases.

Vehicle movement management Composition of the vehicle flow

The composition of the vehicle flow has substantial significance for the acoustic climate. There are clear differences in level of produced noise depending from vehicle category. A truck with over 3 axes emits at 60 km/h noise (L_{max}) 83 dB/A, vehicle with 3 axes 80 dB/A, bus 79 dB/A, delivery vehicle 75 dB/A, motorbike 74 dB/A, and person car 73 dB/A. It means that a 3-axis truck emits the same noise as 10 person cars and 1 bus the same as 4 person cars.

Because of little percentage participation in the whole flow, the effect of presence of heavy vehicles in the car flow in urban zones is in reality not very significant. Mostly responsible for noise creation in urban zones – and so a big problem – is however number of light vehicles, relocating with excessive speed. It applies as well to their relocation on freeways and main roads.

It is as well to remember, that traffic ban for selected vehicle groups in specific times causes their excessive traffic in remaining hours. Such initiatives must be made individual for each town area, under consideration of local specificity.

Traffic volume and vehicle speed

Reduction in number of vehicles driving by contributes to noise reduction. Logarithmic nature of the decibel scale means however, that 50% reduction in vehicle number reduces noise level by 3 dB – independent from their absolute number.

Table 5. Relation between percentage reduction of car number and noise reduction

Car number reduction	Noise reduction (L_{Aeq} dB)
10%	0,5
20%	1,0
30%	1,6
40%	2,2
50%	3,0
75%	6,0

Source: Kloth M. et al., 2008, p. 94

It should be as well remembered, that limitation of vehicle number on one road causes rise of traffic on another. Above it, the reduction of traffic intensity – because the remaining cars can move more freely – leads frequently to speed increase and acceleration contributes to increase in noise emission. To gain planned effect, simultaneously means for reduction or keeping the speed on low level should be made. Reduction of vehicle number can be also used on secondary roads, what is possible if main roads take over bigger number of them (Kloth M. et al., 2008).

Important element, having as well influence on noise level, is ride speed increase, which at change from 50 to 60 km/h can cause its increase by 2 dB.

Green wave

Green wave, i.e. coordination of traffic lights making possible relocation of vehicles without necessity of stopping, can reduce the noise level near crossings by ca. 4 dB in comparison with "red wave". Free flow of vehicles most frequently causes however speed increase, what results in noise increase by ca. 3 dB (Berengier, Picaut, 2008).

Night deliveries

Program of shop deliveries by night can result in significant reduction of street clogging during the day, i.e. easier vehicle flow, i.e. noise reduction. Such delivery organization brings however the inconvenience of single acoustic incidents during night rest. In this situation for preparation of an optimum program necessary is mutual agreement between inhabitants, shop owners and city authorities.

Roundabouts

Replacement of crossings through roundabouts is now a rule in many European cities and outside of urban zones. Roundabout forces the driver to reduce the speed and to use smoother driving style. In result noise reduction even by 4 dB is possible.

Chicanes

Chicanes force the lowering of speed, but can increase the noise level by ca. 3 dB, caused by violent acceleration after passing by (Berengier, Picaut, 2008).

Slowing measures

Common and effective methods for speed reduction are slowing installations in form of wide cushions or narrower bumps. Their height as well as reasonable arrangement is of big significance in meaning of noise emission. Too big distance between individual obstacles can provoke the driver to accelerate.

Summary

There are many means to influence noise level in urbanized areas. They are more or less expensive. They can have a character of legal, educational, technical or organizational solutions. Some of them are relative easy to use. It applies mostly to solutions from the group around management of vehicle flow, connected with limitations of vehicle traffic. On other hand such activities can arouse serious opposition of selected road users groups, which can consider them as limitation of their acquired freedoms.

Analyzing profits from used solutions in comprehensive way can be said, that their summarized effect could in theory make reduction of noise level even by 30 dB, what

shows the table below. The introduction of these solutions is however not possible in global and simultaneous way. The possibilities of activities for improvement of acoustic climate in cities are however big and depend mostly on will and goodwill as well professionalism of city area management.

Solution	Noise level reduction
Urban-architectural solutions.....	up to 7 dB
Low-noise road surfaces.....	up to 5 dB
Reduction in car number by 50%.....	3 dB
Reduction in car number by 75%.....	6 dB
Green wave.....	1 dB (-4+3)
Roundabouts.....	up to 4 dB
Road chicanes.....	up to 3 dB
Education of the society.....	difficult to assess in whole in dB e.g. avoiding of acceleration 5÷7 dB
total.... up to ~ 30 d	

Streszczenie

Komisja Europejska, troszcząc się o warunki zamieszkiwania w miastach, wprowadziła w 2002 r. dyrektywę (2002/49/WE) dotyczącą zarządzania poziomem hałasu w aglomeracjach europejskich. Dyrektywa ta zmusiła państwa członkowskie do podejmowania działań poprawiających istniejące i przewidywane zagrożenia powodowane nadmiernym poziomem hałasu. Klasyfikację, metody tych działań oraz możliwości uzyskiwania zamierzonych efektów przeanalizowano w oparciu o własne badania autorskie, a także badania prowadzone w wiodących ośrodkach europejskich.

Reference:

- [1] Berengier M., Picaut J. 2008. *Methods for noise control by traffic management: Impact of speed reducing equipments*. SILENCE project, deliverable H.R2. www.silence-ip.org pp. 25
- [2] Kloth M., Vancluysen K., Clement F., Ellebjerg L. and other SILENCE partners. 2008. *Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans, Recommendations from the SILENCE project*, 6 FP, Brussels. pp. 128
- [3] LÄRMKONTOR GmbH, BPW Hamburg, Konsalt GmbH. 2004. *PULS-Praxisorientierter Umgang mit Lärm in der räumlichen Planung und im Städtebau. Handbuch zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Umweltbundesamtes „Minderung des Lärms und seiner Auswirkungen in der raumbezogenen Planung und im Städtebau“*. Hamburg. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3028.pdf> pp. 79
- [4] Lebedowska B. 2010. *Outdoor Noise Modelling*, Monograph. Oficyna Wydawnicza WSEiZ, Warszawa. pp. 101
- [5] Working Group 5, 2002. *Inventory of noise mitigation methods*. The European Commission, Directorate-General: Environment, Brussels. pp. 46

Zdzisław TRZASKA

PERSPECTIVE FOR GROWTH OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN METROPOLITAN TRAFFIC OF ELECTRIC VEHICLES – THE NEED FOR DEVELOPMENTS OF CHARGING STATIONS

Introduction

Economic, technology and environmental incentives are changing the face of metropolitan traffic in many countries worldwide. In light of increased use of cars and other public transportation, and ever more congested traffics, additional steps must be taken to reduce emissions even further. In economically developed countries of the world recognized that the current financial crisis is the best time to start a revolution in motoring. Internal combustion engines are the major contributors to the air pollution in urban areas. The amount of fuel burned by the car engine mainly determines the emissions of CO₂. In December 2010 the euro-parliament adopted legislation to limit CO₂ emissions from new cars. According to this law from 2012 two thirds of cars sold in stores in the EU is to emit no more than 130 g CO₂/km and in 2015 this standard will cover all new cars offered for sale in the EU. A reduction in emissions of 10 g CO₂/km ensures that tires with low rolling resistance and wider than before the use of biofuels will force innovative solutions for urban transport. And by 2020 the average CO₂ emissions of cars sold for in the EU is expected to fall to 95 g CO₂/km. Reducing vehicular emissions and enhancing fuel economy will be effective in improving the air quality. The future solution for the fossil fuels scarcity, as well as to the environmental problems associated with their wide usage, will most likely involve an extensive use of electric vehicles (EVs).

Since electric traction motors provide quick acceleration and the internal combustion engine (ICE) performs exceedingly well at constant speeds, the HEV technology allows the vehicle to draw upon the benefits from both propulsion sources. Currently, there are three relevant types of electric vehicles prepared to be launched in the markets: fully EVs, fuel cell EVs, and hybrid EVs [8], [15]. Battery and fuel cell EVs are driven only by electric power while current available HEVs have also an internal combustion engine. Since these vehicles will require the use of batteries with high energy storage capacity and with large electric load charging requirements, a large deployment of this concept will provoke considerable impacts in electric power system design and operation, but will also enable and benefit the usage of non-pollutant energy resources [2], [6]. It is expected that due this activity a new „green” industry can be created, and this will stimulate the country’s economy as well as advance the future success guaranteed by favorable decisions of politicians.

In metropolitan/urban areas to improve over the overall fuel efficiency, reduce emission, and increase throughput without increasing cost life of the system – thus allowing additional routes to areas where such services are most needed it is indispensable to investigate the feasibility of comfortable utilizing appropriate number of EVs and HEVs. However, this concept will provoke considerable impacts in electric power system design and operation, but will also enable and benefit the usage of non-pollutant energy resources [13], [14].

Present days high voltage transmission power network is reliable and controllable, but suffers from cascading failures. Its efficiency and use of available resources are also poor. Central appliances are at best 35% efficient because of transmission line and transformer

losses and smoke stack waste heat. Approximately 20% of the installed generation capacity exists to meet peak demand 5% of the time. These problems are to be amplified by a strong penetration of renewable energy sources due to their increasing use both in generation and their consumption. From this point of view EVs appear as one of interesting potential storage capacities for the power grid and, in particular, as mobile electric energy receivers. Thus, to make the electric mobility realistic and the integration of the EVs into the power grid efficient an infrastructure of charging points and a control system as well as communication network are needed [20].

In this paper we present results of research on the impact of physical processes and their effects caused by an energy distribution network with charging infrastructure and consumption of energy by EVs and HEVs in a metropolitan/urban traffic. The focus is put on description of new methods which takes into account the minimal energy losses in the network as well as its minimal length. Next section is devoted to presentation of the quantitative results of the EVs and HEVs used in the metropolitan areas. Section 3 presents the computer simulation results obtained for minimal resistance charging networks and their possible structures. Discussion and review of established facts with conclusions are included into Section 4.

Fundamentals Preliminaries

In light of increased use of cars and other public transportation vehicles, as well as ever more congested traffics, additional effective solutions must be involved to reduce emissions even further and ameliorate importantly the metropolitan transport. The future solution for the fossil fuels scarcity, as well as to the environmental problems associated with their wide usage, will most likely involve an extensive use of EVs and HEVs as most popular means in the metropolitan transport. The long-term objective of the planned activities of the municipal administration must be addressed to investigations of the feasibility of utilizing small and medium size EVs and HEVs in metropolitan/urban areas. This effort must guarantee forth improvements over the overall fuel efficiency, reductions of harmful emission, and increase throughput without increasing cost life of the system – thus allowing additional routes to areas where such services are most needed [9].

To accurately evaluate the impact of this new load/storage devices, several deployment scenarios need to be studied taking into account several variables like the type of vehicles (fleet or individual), the technology used (electric, hybrid, or fuel cell), the owners' behavior, the traffic patterns, the places where cars are parked and connected to the grid, the type of connection between the EV and the network, as well as the grid control architecture.

The advantages and disadvantages of EVs and HEVs are generally known and accepted. EVs help the environment by eliminating exhaust emissions and completely reducing dependency on fossil fuels. However, the disadvantages of limited range and increased vehicle weight limit their use in professional applications. Hybrid-electric vehicles solve many of the problems plaguing pure electric vehicles such as short range and excessive weight, battery cost and battery life. Commercial HEVs have been in production in Japan and are soon to be promoted in EU countries and USA markets.

EVs are driven only by electric power provided by battery and fuel cell while current available hybrid EVs have also an internal combustion engine. Because these vehicles require the use of autonomous electric energy sources, e.g. electrochemical batteries, with high energy storage capacity and with large electric load charging requirements, a large deployment of this concept provoke considerable impacts in electric power system design and operation, but will also enable and benefit the usage of non-pollutant energy resources.

An overview of electric vehicle technology

It is known that EV technology has been gaining importance at both military and commercial vehicle systems for the last decades. Despite they have higher cost, their higher energy efficiency, lower emissions, regenerative braking and silent mode drive capabilities are major advantages over conventional vehicles. In general, electric vehicles include electric cars, electric trains, electric lorries, electric airplanes, electric boats, electric motorcycles and scooters and electric spacecraft. An EV can operate with multiple distinct energy sources that can be separately or simultaneously used to propel the vehicle. Generally, electric motors are used being supplied with electrical energy coming from a number of different sources, including batteries, fuel cells, photovoltaic cells, or flywheels. Different energy converters are also used [19].

The most important public benefit of EVs is in the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions. Urban transport is responsible for 66% of particulate emissions and 42% of NO_x emissions in metropolitan areas. Research shows that each EV that displaces a conventional car produces savings of approximately 1.5 tons of CO₂ per year, compared to a conventional vehicle. This represents a 62% reduction compared to a petrol-powered car, and a 53% reduction compared to a diesel-powered car. Vehicle tailpipe emissions include hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO_x), carbon monoxide (CO), particulate matter (PM), formaldehyde (HCHO), etc. EVs generate significantly fewer emissions – in most cases, close to zero – compared to regular internal combustion engine (ICE) vehicles.

Thus the advantages of EVs can be enumerated as follows:

- (i) zero emission,
- (ii) stimulating acceleration,
- (iii) overwhelming quietness,
- (iv) cruising range sufficient for daily use,
- (v) information technology (IT) support.

Full electric vehicles are completely powered by rechargeable batteries (such as lead-acid batteries, nickel cadmium batteries, nickel metal hydride batteries or lithium-ion battery) providing power sources of the cars. The power provided by the battery is transferred to the car's electric motor that drives vehicle wheels. Because EVs use only an electric battery to power the vehicles then they need to be charged by plugging into an electric socket. However, this includes also EV variants that have range extenders, i.e., engine generators serving as a secondary source of electricity [2].

Three main types of electric vehicles exist, those that are directly powered from an external power station, those that are powered by stored electricity originally from an external power source, and those that are powered by an on-board electrical generator, such as an engine (a hybrid electric vehicle), or a hydrogen fuel cell (fig. 1).

Fuel cell vehicles are often fitted with a battery or supercapacitor to deliver peak acceleration power and to reduce the size and power constraints on the fuel cell (and thus its cost); this is effectively also a series hybrid configuration. In the fuel cell the electrical energy is produced by electrochemical reactions, and it constitutes the main power source driving the car.

It is worth noticing that electric motors are mechanically very simple and often achieve 90% energy conversion efficiency over the full range of speeds and power output and can be precisely controlled. They can also be combined with regenerative braking systems that have the ability to convert movement energy back into stored electricity. This can be used to reduce the wear on brake systems (and consequent brake pad dust) and reduce the total energy requirement of a trip. Regenerative braking is especially effective for start-and-stop city use. Moreover, electric motors can be finely controlled and provide high torque from rest, unlike internal combustion engines, and do not need multiple gears

to match power curves. This removes the need for gearboxes and torque converters. Vehicles driven by electric motors typically have less noise pollution than vehicles with internal combustion engines, whether they are at rest or in motion. Electric vehicles emit no tailpipe CO₂ or pollutants such as NO_x, NMHC, CO and PM at the point of use. Electric vehicles release almost no air pollutants at the place where they are operated. In addition, it is generally easier to build pollution control systems into centralized power stations than retrofit enormous numbers of cars.

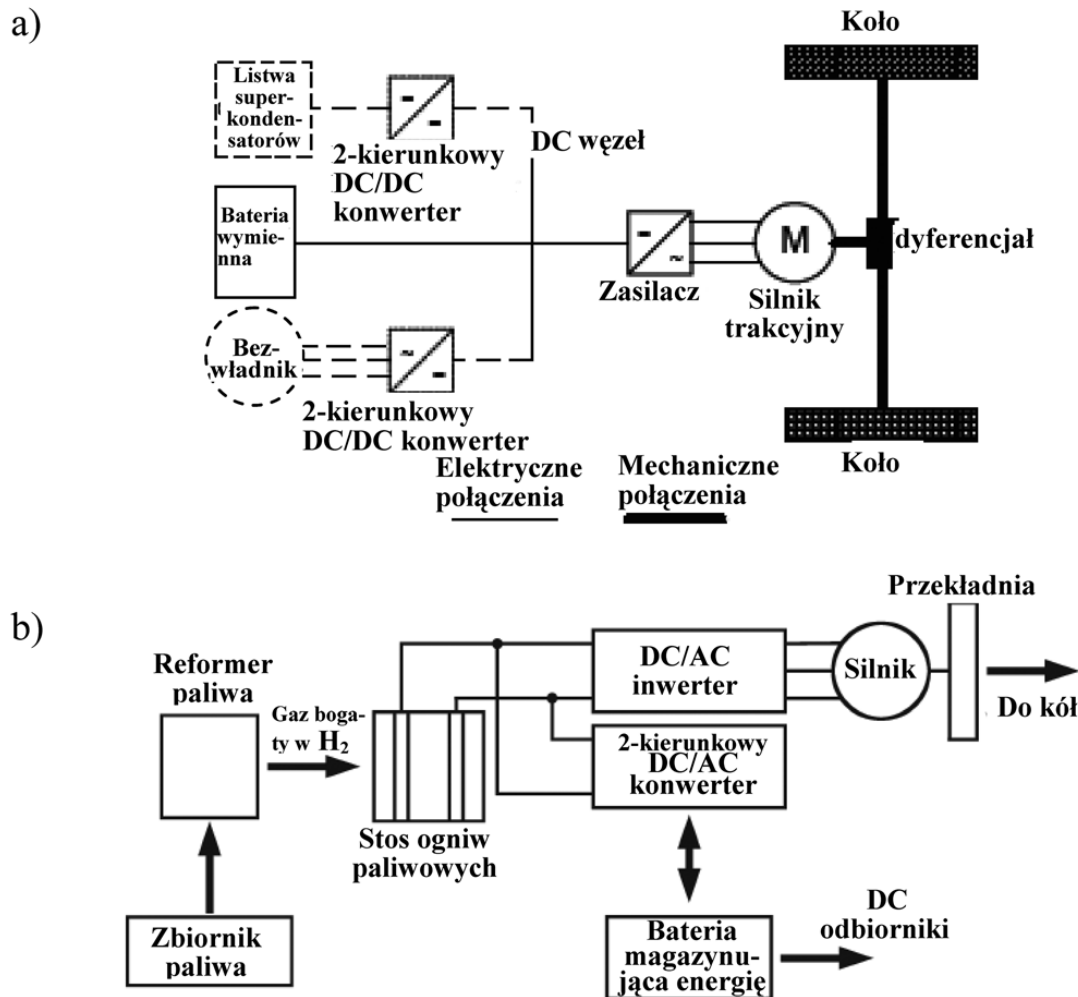


Fig. 1. Supplying systems of EVs with: a) ultracapacitor and flywheel, b) fuel cell

An overview of hybrid vehicle technology

Conventional internal combustion engine (ICE) vehicles use the combustion of a fuel (typically a fossil fuel like gasoline) for propulsion. There are a number of variants on the continuum between a pure ICE and a pure EV. It is worth underline that due to efficiency of electric engines as compared to combustion engines, even when the electricity used to charge electric vehicles comes from a CO₂ emitting source, such as a coal or gas fired powered plant, the net CO₂ production from an electric car is typically one half to one third of that from a comparable combustion vehicle. Using both at the same time the combustion engine and electric motor led to the construction of hybrid electric vehicles (HEVs). Two frequently operating systems applied in HEVs are schematically presented in fig. 2.

In general, a hybrid vehicle is a vehicle with multiple distinct energy sources that can be separately or simultaneously used to propel the vehicle. The most promising hybrid vehicle today is the hybrid electric vehicle using batteries and an internal combustion engine. This vehicle design makes the best use of existing technology by providing the benefits

of both electric and conventional vehicles, while minimizing the shortcomings of each. Hybrid electric vehicles would necessarily produce lower emissions by taking advantage of operating in higher combustion efficiency regions, and spending at least part of the transient time on electric drive. Moreover, HEVs provide a significant potential to reduce fuel consumption and, at the same time, satisfy constraints accepted for environmental protection. HEVs like the popular Toyota Prius have both a conventional ICE engine and a small electric motor in parallel. The vehicle's battery is charged through regenerative braking and can power the vehicle for roughly 60 km. For HEVs, the ICE is typically the primary source of energy while the battery is used as a secondary source [3], [4].

In hybrid working mode the electric motor is used to start and drive only with the energy coming from the car battery, the engine is completely stopped. At pure electric mode, a typical electric motor use is about to exercise the distance of 20 km, while the energy produced when braking energy recovery as electricity. EV mode driving the maximum speed depends on HEV construction but normally it can be not much more than 100 km/h. When a need to reach 100 km/h speed appears later, then a board installed system automatically changes from the electric drive mode to the hybrid drive mode, and the engine is in drive state of the vehicle. But, when the battery is not charged, can be supplemented by an external power supply, the 200 V power supply, and about 100 minutes are sufficient to complete the charge. Then a plug-in hybrid electric vehicle system charges the battery.

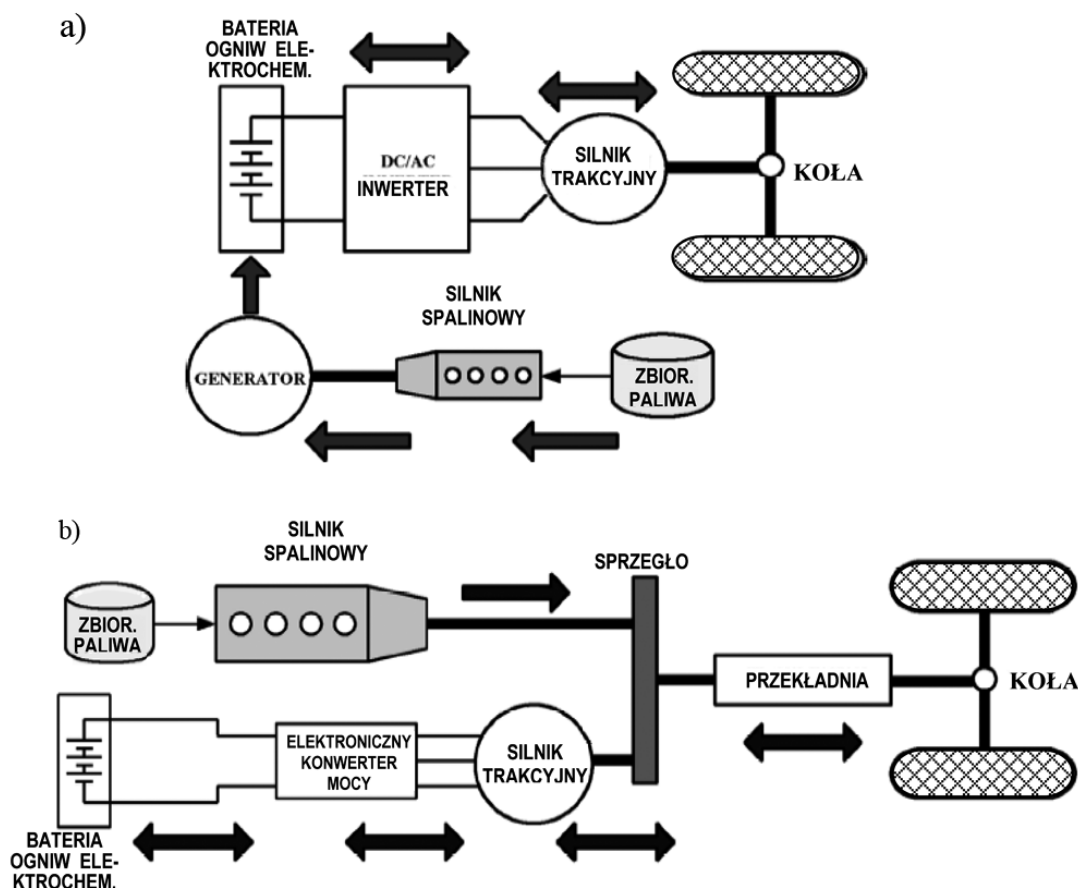


Fig. 2. Fundamental schemes of hybrid vehicles: a) series system, b) parallel system

In driving mode realized completely on electricity the "extended range" is applied and this can "increase the kilometrage of the" electric vehicles. It is noteworthy, that the plug-in hybrid difference is that this type of vehicle engines are small, and only for the generator to provide power, but not directly involved in driving vehicles. Generally speaking, HEVs can be used in different modes.

Series hybrid vehicles are similar to purely electric vehicles except the series hybrid vehicle has an on-board generator system. The internal combustion engine is used to power a generator to generate electricity, which is then used to power the electric drive motor or charge the batteries. The internal combustion engine is typically sized for the vehicle's high-speed cruise loads. The electric drive motor is then sized to handle the acceleration and hill climbing loads. The series configuration hybrid vehicle results in a relatively simple connection of the electric drive motor to the drive wheels. In most cases, a multiple speed transmission is not required due to the favorable torque and speed properties of electric motors [15].

The vehicle can also be operated for a finite amount of time as a zero emissions vehicle (ZEV) by running off the batteries only. Full vehicle power is also available while running as a ZEV if the battery pack is sized for full vehicle power. Compressed air can also power a hybrid car with a gasoline compressor to provide the power. To date it has not been mentioned or done, the integration of photovoltaics with a hybrid car as a way to extend the distance a car can travel on electric power alone or as a way to help keep batteries charged or to recharge them when a car is parked, or for that matter, standing at a traffic light. With the advent of thin-film photovoltaics the cost of integrating them could become negligible in mass production.

However, since the vehicle has on board generator, an opting is possible for a design with fewer batteries, which saves cost and weight as compared to an electric vehicle. In such a case, engine power is required during peak load conditions. The great disadvantage of the series configuration is that all of the engine's power must be transmitted through the generator and drive motor. Because of the inefficiencies of these two components, some power is lost that is not lost in vehicle designs where the mechanical power of the engine is directly coupled to the wheels. Another disadvantage of the series configuration is that both an electric motor and generator are required, which usually results in a heavier and more costly vehicle as compared to the parallel configuration. In the parallel hybrid configuration, both the internal combustion engine and the electric motor are mechanically coupled to the drive wheels [18]. Thus, both the engine and the electric motor can supply power to the drive wheels simultaneously, or the electric motor can be used as a generator to charge the batteries. Since the internal combustion engine must be capable of charging the batteries as well as propelling the vehicle at cruise speeds, the engine is larger, and the electric motor is smaller as compared to a series configuration design for a similarly sized vehicle. The internal combustion engine is sized for medium and high speed cruise loads and usually provides slightly better highway fuel economy compared to the series configuration. The parallel configuration can also be used ZEV for a limited period of time. However, since the internal combustion engine is required to be on for full vehicle power, full vehicle power is not attainable as a ZEV for a parallel hybrid. The disadvantage of the parallel configuration is that the direct coupling of the internal combustion engine, electric motor and drive wheels often requires an expensive and complex transmission. Also, since the internal combustion engine must operate over a wide range of speed and loads, it can't be run at optimum efficiency or emissions points all of the time like in the series configuration. In a parallel hybrid vehicle, generally the electric motor alone is used at low speeds and at starts and stops. When extra power is needed, a combination of both, the traction motor and the ICE, is used. This design utilizes the advantages of the electric motor and the ICE and combines them to form a more fuel-efficient vehicle.

Charging infrastructure

The electrification of vehicles has created a couple of challenges in different research areas, which require reasonable and applicable solutions. In addition to the research in vehicle construction, like traction batteries and power electronics, choice of electric vehicle charging system plays an important role and more research is needed in the fields of EV

charging to select charging points, to monitoring of the EV energy need and to control the EV charging. Furthermore, the integration of EV as mobile energy storages into the electrical grid requires a control structure and standardized regulations. The necessity of energy regulation is caused by an increase in the proportion of renewable energy generation and its consumption by EVs and HEVs [2], [12].

Sustainable energy resources, particularly wind power, are rapidly becoming generation technologies of significance around the world. Due to their high inter-temporal variation and limited predictability, integration of these new resources poses profound challenges to today's operating and planning practice. The necessity of developments of effective energy storage systems is caused by an increase in the proportion of renewable energy generation and its consumption. From the point of view for energy storage and then for its using the EVs appear as one of interesting potential storage capacities for the power grid and, in particular, as mobile electric energy receivers. Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs), having both ICE and electric engines in parallel need to be plugged in to an electric socket to charge the battery. When parked and plugged into the electric grid, EVs will absorb energy and store it, being also able to deliver electricity back to the grid [11].

To make the electric mobility realistic and the integration of the EVs into the power grid efficient an infrastructure of charging points and a control as well as communication systems are needed. To affect the charging process with renewable power generation or to allocate its power consumption to off-peak periods in the power grid controlled charging methods are indispensable. Presently, electric vehicles typically are charged from conventional power outlets or dedicated charging stations, and such a process typically takes hours, but can be done overnight and often gives a charge that is sufficient for normal everyday usage. In fact the EVs and HEVs can be connected to power grids with various power plugs. Usually a common $\sim 230V$ connector is used. As yet there is not standardization for electric vehicles. However with the widespread implementation of electric vehicle transports within large cities, electric vehicle users can plug in their cars whilst at work and leave them to charge throughout the day, extending the possible range of commutes and eliminating range anxiety [17].

Recently, most charging development focuses on speed of charge using conductive coupling rather than safety, convenience, and ease using inductive charging. One proposed solution for daily recharging is a standardized inductive charging system such as Evatran's Plugless Power [19]. Benefits are the convenience of with parking over the charge station and minimized cabling and connection infrastructure (fig. 4). With current technology, inductive efficiency losses of 8–13% are to be expected.

Since electric vehicles can be plugged into the electric grid when not in use, there is a potential for battery powered vehicles to even out the demand for electricity by feeding electricity *into* the grid from their batteries during peak use periods (such as midafternoon air conditioning use) while doing most of their charging at night, when there is unused generating capacity. This Vehicle to Grid connection has the potential to reduce the need for new power plants [2].

Furthermore, our current electricity infrastructure may need to cope with increasing shares of variable-output power sources such as windmills and photovoltaic solar panels. This variability could be addressed by adjusting the speed at which EV batteries are charged, or possibly even discharged. Some concepts see battery exchanges and battery charging stations, much like gas/petrol stations today. Clearly these will require enormous storage and charging potentials, which could be manipulated to vary the rate of charging and to output power during shortage periods, much as diesel generators are used for short periods to stabilize some national power grids. However, today's high voltage transmission network is reliable and controllable but suffers from cascading failures as well as worsening quality of energy supplied to consumers. Its efficiency and use of resources are also poor. The worldwide accepted estimations disclose that central plants are at best 35% efficient because of line and transformer losses and smoke stack waste heat. Moreover, ap-

proximately 20% of the generation capacity exists to meet peak demand 5% of the time. These issues become compounded with high penetration of renewable sources due to their intermittent behavior. As hybrid electric vehicles and battery electric vehicle ownership is expanding, there is a growing need for widely distributed publicly accessible power points, some of which support faster charging at higher voltages and currents than are available from domestic supplies. One of the main problems for determining how the charging infrastructure of the future will look like is the probability and energy capacity regarding the demand side for charging [20].

Applied methods to design cost-effective electrical charging networks

The problem backgrounds

An electric vehicle charging grid, also called EV charging network, electric recharging net, charging distributor and electric vehicle supply system (EVSS), is an infrastructure that supplies electric energy for recharging of electric vehicles, plug-in hybrid electric-gasoline vehicles or semi-static and mobile electrical units such as exhibition stands. This autonomous DC micro grid (DCMG) is composed of a central storage device that is the main control source unit for islanded operation, several micro sources (gas micro turbines, mill wind turbines and photovoltaic solar panels) as well as charging stations. It is expected that large-scale penetration of EVs will increase electricity consumption, during charging periods. Therefore, power flows, grid losses, and voltage profile patterns along the grid will change considerably. Additionally, EV capability to provide energy to the system will also impact the grid flows. The combination of all these effects might oblige to reinforce the grid at some locations. Nonetheless, depending on the EV charging strategy to be adopted, reinforcement postponements may be achieved [12].

The replacement of conventional vehicles by EVs will also require specific local charging infrastructures. Several solutions may arise to fit different EV owners' needs, namely:

- (i) charging stations dedicated to different solutions of EVs,
- (ii) fast charging stations,
- (iii) battery swapping stations,
- (iv) domestic or public individual charging points for slower charging. All cases need to be considered when addressing the problems that will result from this future shift in the mobility paradigm. Note also, that three dominant factors are impacting future DCMG: administrative policies at both municipal and regional levels, customer efficiency needs, and new intelligent computer software and hardware technologies. However, the new needs require an electric energy system of the future that will become fundamentally different in all up-to-date used charging systems [20].

An optimization approach

In what follows we aim to select both the network structure and the line conductances (line sizes) so as to optimize the trade-off between network efficiency (low power dissipation within the transmission charging network) and the cost to build the network. Electricity demand for charging electrical vehicles from a power system varies throughout the day, following patterns that depend on, among other things, regional characteristics, temperature, time of day, day of week, and season of the year. Decisions to change supplying energy to accommodate variation on hourly time scales are usually made by processes of unit commitment and economic dispatch. Advances in technology at all levels of the power system enable the integration of wind energy into the emerging DCMG efficiently and reliably (fig. 3). A DCMG will allow connectivity of the wind turbines as intermittent sources of energy, and the advanced wind turbines with power electronics controls and

other devices can support a power grid with reactive power and protect the equipment during severe disturbances accidentally appearing in the power grid.



Fig. 3. Use of clean energy in a charging system: a) wind turbines, b) roof-mounted solar panels

Most emerging technologies such as microturbines, photovoltaic systems, fuel cells and ac storage having appropriate thyristor converters can be connected to DCMG as supplying energy units. These emerging technologies have lower emissions and the potential to have lower cost negating traditional economies of scale. The applications include power support at substations, deferral of transmission and distribution upgrades, and high fuel efficiency through capturing waste heat, use of renewable energy, higher power quality and smarter distribution systems [9].

In practice, the energy efficiency of ten-minute charging is likely to be somewhat lowered in any case due to the resistive losses caused by the required high current inside the vehicle. The lost energy is converted directly to heat, which could be detrimental to the battery pack or surrounding electronics; additional power may be required for cooling equipment that removes the excess heat. Increasing the capacity of the battery pack increases the required power, current and heat loss linearly, which is why ten-minute charging may require new innovations as vehicles with increased range are developed. The high peak power requirement of ten-minute charging can also stress the local power grid and might increase the risk of power brown- or black-outs during peak demand if enough vehicles choose to charge at these times. Time of use metering can help alleviate this stress by creating economic incentives for vehicles to be recharged at off-peak times. Another solution is to use an energy storage system to bridge the gap between the charging station demand and the power grid. The energy storage system suffers some efficiency drop and thus trades lower overall system efficiency in favor of higher peak demand capacity. Another possibility is on-site, on-demand power generation.

A charging DCMG must have a minimum amount of stations required to cover a geographic area and to fulfill the requirements imposed by range anxiety irrespective of the amount of EVs operating on streets and roads. Many charging stations can be situated on-street facilities provided by electric utility companies. Some of these special charging stations can provide one or a range of heavy duty or special connectors and/or realizing charging without a physical connection using parking places equipped with inductive charging mats [15]. A shift towards renewable sources of energy will further stress the grid as these resources are intermittent and thus not reliable in the traditional sense. These changes emphasize the importance of incorporating new and extending existing infrastructure in a systematic way. We consider an electrical resistive network with conductance $g_l \geq 0$ on branch (or edge) l . Its graph G is schematically presented in fig. 4a. Let $v \in \mathbf{R}^n$ denote the vector of node potentials, and suppose a current J_i is injected into node i . Edge currents is then determined by the electric potential u and Ohm's law and are given by

$b_{i \rightarrow j} = \Theta_{ij}(u_i - u_j)$. We define the conductance matrix $\mathbf{K}(\Theta) \in \mathbf{R}^{n \times n}$ of the network by

$$\mathbf{K}(\Theta) = \mathbf{A} \cdot \text{diag}(\Theta) \cdot \mathbf{A}^T \quad (1)$$

where $\mathbf{A} \in \mathbf{R}^{n \times m}$ is the incidence matrix of G and $\text{diag}(\Theta) \in \mathbf{R}^{m \times m}$ denotes a diagonal matrix of edge conductances [10].

Let $\mathbf{b} \in \mathbf{R}^n$ represent the vector of injected currents – nodes with $b_i > 0$ are sources, those with $b_i < 0$ are sinks and $b_i = 0$ for transmission nodes. In the resistive network, these represent currents being injected into (or drawn from) each node by an external source. Given \mathbf{K} and \mathbf{b} , we obtain the (relative) electrical potential among the nodes $\mathbf{u} \in \mathbf{R}^n$ by solving the linear system of equations

$$\mathbf{K} \cdot \mathbf{u} = \mathbf{b} \quad (2)$$

Several approaches may be used to “regularize” the problem of computing \mathbf{u} such that the solution becomes unique [10], [16]. Here, we require that $\sum_i u_i = 0$, obtained by solving the $n \times n$ system of equations $\mathbf{K}^0 \mathbf{u} = \mathbf{b}$ based on the invertible matrix $\mathbf{K}^0 = \mathbf{K} + \mathbf{1} \cdot \mathbf{1}^T$, where $\mathbf{1}$ is n -vector of 1. The regularized solution to (2) is then given by $\mathbf{u} = \text{inv}(\mathbf{K}^0) \mathbf{b}$ where inv denotes the inverse.

The total power representing energy losses over the network due to resistive heating of the lines is determined by

$$P(\Theta) = \sum_{i,j} \Theta_{i,j} (u_i - u_j)^2 = \mathbf{u}^T \cdot \mathbf{K}(\Theta) \cdot \mathbf{u} = \mathbf{b}^T (\mathbf{K}^0)^{-1} \mathbf{b} \quad (3)$$

To generalize the objective of power losses in the network to account for random fluctuations of the load \mathbf{b} we define the matrix $\mathbf{B} \triangleq \langle \mathbf{b} \cdot \mathbf{b}^T \rangle$, which is a sufficient statistic of the random current model for the purpose of computing the expected power of losses. For a random current the expected power of loss is

$$\mathcal{P}(\Theta) = \langle \mathbf{b}^T (\mathbf{K}^0)^{-1} \mathbf{b} \rangle = \text{Tr}((\mathbf{K}^0)^{-1} \mathbf{B}) \quad (4)$$

It is worth noticing that $\mathcal{P}(\Theta)$ is a convex function, which is the good basis for applications of convex network optimization methods. For this purpose we specify a simple linear cost model on the line conductances. We model the cost (say, in PLN) of building the network as $\alpha^T \Theta = \sum_t \alpha_t \Theta_t$. Next we assume that the total cost of building the network must be no greater than a specified budget C . Thus the optimization problem can be presented as follows: given G , \mathbf{B} and α one may then select the line conductances Θ to make the network as efficient as possible, i.e. minimizing the expected power loss due to resistive heating of the lines. In result we obtain the problem

$$\begin{aligned} & \text{minimize} \quad \mathcal{P}(\Theta) \\ & \text{subject to} \quad \Theta \geq \mathbf{0} \\ & \quad \quad \alpha^T \Theta \leq C \end{aligned} \quad (5)$$

To enforce the non-negativity constraint $\Theta \geq \mathbf{0}$ we can use the log-barrier function and obtain

$$\min_{\Theta > \mathbf{0}} \left\{ \mathcal{P}(\Theta) + \alpha^T \Theta - \beta \sum_{t \in G} \log(\Theta_t) \right\} \quad (6)$$

where the optimization procedure parameter β must be successively decreasing during the procedure executions.

The result of solving the convex network optimization in a case of one source node and 32 harging stations with line costs $\alpha_{lh, v} = 1$ for horizontal and vertical edges and $\alpha_{ld} = 2$ for diagonal edges is presented in fig. 4b, where blue nodes represent charging station and red node is the supplying source node and black points are transmission nodes.

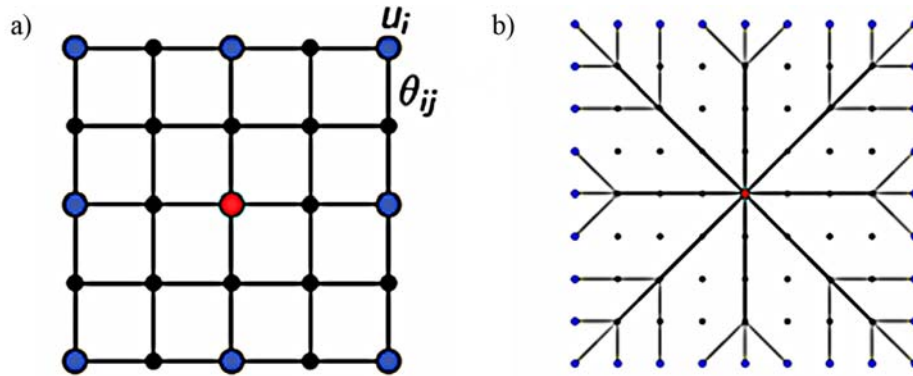


Fig. 4. DC micro charging network: a) illustration structure, b) result of optimal solution

Alternative solution: application of rectilinear Steiner minimal tree

A rectilinear Steiner minimal tree (RSMT) is a tree with minimum total edge length in Manhattan distance (the distance between two points measured along axes at right angles) to connect a given set of nodes possibly through some extra, i. e., Steiner, nodes. RSMT construction is a fundamental problem that can be applied in many cases of DCMG design. In this paper, we only consider Steiner trees along the Hanan grid leading always to an optimal RSMT construction on a grid with vertical and horizontal lines drawing through each node. The task is to find a shortest network connecting given nodes in the plane. It can be easily shown that such a network is a tree whose vertices are the input points plus some extra points called Steiner nodes [1], [5], [7].

We denote the horizontal-edge length as $c_i = x_{i+1} - x_i$ and the vertical-edge length as $d_i = y_{i+1} - y_i$ for $1 \leq i \leq n - 1$. In order to find the optimal length of lines for a given network, we can enumerate all possible line length vectors. Because the line lengths are all positive, then the resulting network obviously takes the form of a tree in which the input is a set of points in space that are the terminals, and the objective is to compute a tree of minimum length in the rectilinear metric that connects all the terminals.

The RSMT problem has been studied extensively during the last decades and many heuristic algorithms have been proposed. The incremental optimization algorithm works as follows:

1. Order the fixed points by the distance from their mean, the first being closest to it. This ordering step greatly reduces the dependency of the final tree on the initial ordering of the points, although there can still be ties.
2. Insert a Steiner point between the first three fixed points, connect it to each, and locally optimize to obtain the Steiner tree for those three points. Call it the current tree.
3. For $k = 4, \dots, n$ do:
 - a) save the current tree as old tree and set best tree to an artificial tree with length ∞ ;
 - b) for each edge (a; b) of the current tree do:
 - (i) place a Steiner point s on the edge (a; b),
 - (ii) remove the edge (a; b),
 - (iii) add the edges (a; s), (b; s),
 - (iv) run the local optimization routine,
 - (v) if the resulting tree is shorter than best tree, then set best tree to this new tree,
 - (vi) set the current tree to old tree;
 - c) set the current tree to best tree.
4. Set the final tree to the current tree.

For the case with 14 external charging stations and total number of 44 connected nodes a computer implementation of the above algorithm brings about the structure presented in fig. 5. The use of a DCMG can bridge the gap between the charging station demand and the power grid. The energy storage system suffers some efficiency drop and thus trades lower overall system efficiency in favor of higher peak demand capacity. Another possibility is on-site, on-demand power generation. One of the main problems for determining how the charging infrastructure of the future will look like is the uncertainty regarding the demand side for charging which is driven by following factors: (i) adaptation rates, (ii) degree of convenience charging, (iii) degree of range anxiety.

Municipal administrations have a potential role to play in various aspects related to EV charging infrastructure, from regulating to provision to municipal investment in charging infrastructure to providing incentives.

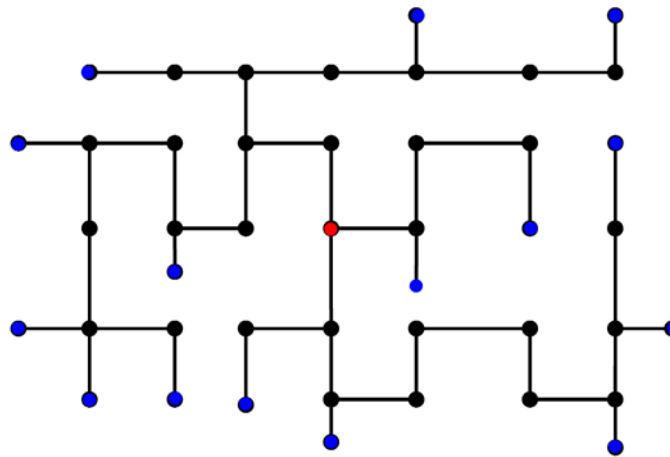


Fig. 5. Structure of the rectilinear network exhibiting Steiner minimal tree

Summary and conclusions

The advantages and disadvantages of electric vehicles are generally known and accepted. Electric vehicles help the environment by eliminating exhaust emissions and reducing dependency on fossil fuels. However, the disadvantages of limited range and increased vehicle weight limit their use in commercial applications. Hybrid-electric vehicles solve many of the problems plaguing pure electric vehicles such as short range and excessive weight, battery cost and battery life.

The results obtained from the case studies presented in this work show that the design and construction of advanced centralized EV charging infrastructure can allow the integration of a larger number of EVs in the system, without the proceeding to important use of renewable energy sources (RES). These charging schemes allow operating the networks in less stressed conditions, with improved voltage profiles and lower congestion levels. Additionally, the adoption of a local level of control, housed in the vehicle grid interface, will allow a better operation performance in islanded operation mode and a safe increase of the quantity of intermittent and variable RES (e.g., wind and photovoltaic) installed in isolated power systems, since EV batteries proved to be capable of providing fast compensation to the system.

The DCMG power industry must undergo a transformation that will drive gradual, long-term change in the processes of EVs charging in an infrastructure permitting generation, transmission and effective distribution of electric energy. This change will incorporate renewable generation, new technologies and developments, increased levels of automation and control, and upgraded sensors, analytics, data, and information to enable more reliable, efficient, and secure metropolitan transport.

Streszczenie

Analizy i prognozy rozwoju komunikacji miejskiej ujawniają możliwość coraz szybszego i znacznego zwiększenia się liczby samochodów z napędem elektrycznym. Stąd też pilna jest potrzeba aktywnego działania na rzecz stworzenia komercyjnej i technicznej infrastruktury niezbędnej do obsługi i ładowania baterii akumulatorów stanowiących źródło energii dla pojazdów elektrycznych. W pracy zostały przedstawione możliwe struktury pojazdów elektrycznych i hybrydowych. Wykazano też, że strukturę odpowiedniej autonomicznej mikrosieci prądu stałego do ładowania baterii akumulatorów można wyznaczyć przez optymalizację odpowiedniego funkcjonału jakości lub rozwiązując prostokątne zagadnienie Steinera. Sieć ładowania akumulatorów może stanowić efektywne rozwiązanie dla złagodzenia negatywnych skutków obciążenia i niedociążenia krajowego systemu elektroenergetycznego poprzez odpowiednie sterowanie procesem ładowania akumulatorów.

References:

- [1] Borndörfer R., Neumann M. i Pfetsch M.E. 2010. *The Steiner Connectivity Problem*. Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin, ZIB-Report 09-07 (April 2010), s. 29
- [2] Caramanis M., Foster J.M. 2009. *Management of Electric Vehicle Charging to Mitigate Renewable Generation Intermittency and Distribution Network Congestion*. Joint 48th IEEE Conference on Decision and Control and 28th Chinese Control Conference Shanghai, P.R. China, December 16–18, 2009, ThB 15.3, 4717–4722
- [3] Chan C.C. 2007. *The State of the Art of Electric Hybrid, and Fuel Cell Vehicles*. Proceedings of the IEEE, Vol. 95, No. 2, 271–282
- [4] Chau K.T., Chan C.C. 2007. *Emerging Energy-Efficient Technologies for Hybrid Electric Vehicles*. Proceedings of the IEEE, Vol. 95, No. 2, 345–351
- [5] Chu C., Wong. Y.Ch. 2008. *FLUTE: Fast Lookup Table Based Rectilinear Steiner Minimal Tree Algorithm for VLSI Design*. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits And Systems, Vol. 27, No. 1, 70–83
- [6] Ciccarelli T., Toossi R. 2002. *Assessment of Hybrid Configuration and Control Strategies in Planning Future Metropolitan/Urban Transit Systems*. Final Report, California State University, Long Beach, s. 63
- [7] Cieslik D. 1998. *Steiner Minimal Trees*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, s. 319
- [8] Emadi A., Rajashekara K., Williamson S.S., i Lukic S.M. 2005. *Topological Overview of Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicular Power System Architectures and Configurations*. IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 54, No. 3, 763–770.
- [9] Gharavi H., Ghafurian R. 2011. *Smart Grid: The Electric Energy System of the Future*. Proceedings of the IEEE, Vol. 99, No. 6, 917–921
- [10] Ghosh A., Boyd S. i Saberi A. 2008. *Minimizing Effective Resistance of a Graph*. SIAM Review, Vol. 50, No. 1, 37–66
- [11] Hodge B.M.S., Huang S., Siirola J.D., Pekny J.F. i Reklaitis G.V. 2011. *A multi-paradigm modeling framework for energy systems simulation and analysis*. Computers and Chemical Engineering Vol. 35, No. 6, 1725–1737
- [12] http://en.wikipedia.org/wiki/Charging_station

- [13] Johnson J.K., Chertkov M. 2010. *A Majorization-Minimization Approach to Design of Power Transmission Networks*. arXiv: 1004.2285v2 [math. OC] 13 Sep. 2010
- [14] Pecas Lopes J.A., Soares F.J. and Rocha Almeida P.M. 2011. *Integration of Electric Vehicles in the Electric Power System*. Proceedings of the IEEE, Vol. 99, No. 1, January 2010, pp. 168–183
- [15] Stockar S., Marano V., Canova M., Rizzoni G. i Guzzella L. 2011. *Energy-Optimal Control of Plug-in Hybrid Electric Vehicles for Real-World Driving Cycles*. IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 60, No. 7, 2949–2962
- [16] Trzaska Z. 2008. *Analysis and design of electric circuits*. (in Polish) Publ. Off. Of Warsaw University of technology, Warsaw, s. 326
- [17] Trzaska Z. 2010. *Emergent systems: properties and applications* (in Polish). Electrotechnical Reports (Wiadomości Elektrotechniczne), Vol. 78, No. 12, 3–12
- [18] Trzaska Z. 2009. *Analysis of wheel-rail contact operating at discontinuous forces and modeling of the energy absorbed by the rail*. XXI. Deutsch- Polish Seminar „Engineering for Change. Sustainability-Energy – Transport”, Fachhochschule Köln, 16–17 June
- [19] Wenge C., Komarnicki P. i Styczynski Z.A. 2010. *Models and Boundaries of Data Exchange between Electric-Vehicle and Charging-Point. Example of a Practical Realisation*. MEPS'10 – paper 10.1, Modern Electric Power Systems Wroclaw, Poland
- [20] Wiederer A., Philip R. 2010. *Policy options for electric vehicle charging infrastructure in C40 cities*. Harvard Kennedy School, Report for Stephen Crolius, Director–Transportation, Clinton Climate Initiative, 9

Eugeniusz RATAJCZYK

IS IT NECESSARY TO CHECK A CAR BODY AFTER ACCIDENT AND IF YES, HOW TO DO IT?

1. Introduction

The danger for safe car driving on our roads results not only from offences of our drivers and a bad state of our roads, but also from a technical condition of cars connected with low quality of post-accident repairs. It is also not without importance for safe the relatively large number of broken cars imported and not professionally repaired. In the paper there will be presented the methods of car body measurements connected usually with repair systems that should be applied in car repair services.

Both the portable and stationary mechanical systems will be presented together with electronic measuring systems that allow for full diagnosis of dimensions of car bodies. The mentioned above systems make it possible to evaluate dimensional deviations from nominal values and in turn to lead the car body, during repair, to proper manufacturing dimensions i.e. to so called base points whose parameters are usually given on CD plates for each car.

The principle of measurements, examples of measuring systems by different firms and connected with them repairing devices will be presented.

2. The principle of car body geometrical measurements

The principle of measurements is based on determination of defined points of chassis and car body and comparison of their coordinates with nominal values given by the producer on cards containing base points. The base points (reference points) are given on CD plates, delivered to users carrying out measurements, and are actualized for new appearing models of car bodies. Fig. 1 shows the example of a card set with base points.

The cards contain point numbers with marking their place on a car body. Moreover they contain the information on contact tips enabling their unequivocal placing at a car body point – usually they are in the conic or spherical shape or attachment in a shape of rings or forks. Appropriate software illustrates also the point of mounting of a contact tip. After the measurement, the coordinates of every point are given for comparison with nominal values in order to estimate a dimensional deviation [9, 10, 11].

Both, the electronic as well as most of the mechanical measuring systems of several firms differ in construction and operation, but in all the cases the principle is to compare the results with base points given in measuring cards in the shape of printed papers or electronic records. In fig. 2 the example of a measuring card with base points is shown on the computer screen (software by Car-O-Tronic) [3].



Fig. 1. Examples of measuring cards with Basic points on paper and on DC disks

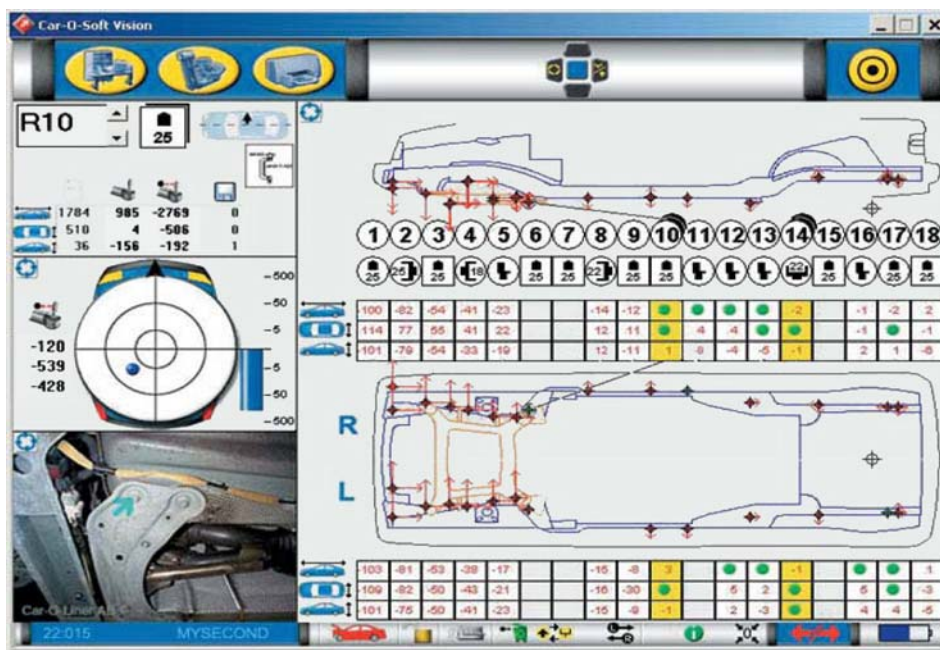


Fig. 2. Screen with the view of measuring card with Basic points

3. The types of measuring systems and principles of their operation

In the measuring practice, portable measuring systems in the form of telescopic gauges equipped with electronic devices dominate, but coordinate measuring arms are also used [8, 11, 12]. As an example, portable measuring system called **EzCalibre** produced by Finnish firm Autorobot [1] enables verification of chassis and car bodies under arbitrary condition and practically in any place and thus it is appropriate for quick car diagnostic. The device is equipped with electronic sensors placed on extensible outriggers. Measuring signals are sent to the central unit by radio waves (WLAN system). It also possesses a set of measuring data including approximately 60 points for each vehicle type, about 30 inside and 30 outside points of car body. The length of the device is 1,6 m, the extension arm 1,4 m, full measuring span 3 m, total weight 2,3 kg in this 1,2 kg for outrigger. Power from storage battery (accumulator) ensure the action for 5 hrs.

Similar portables systems (**Digi-Tram** and **Intelli-Tape**) are offered by an American firm Chief [6]. Next example of portable devices is **eMC LT** by Swedish firm Car-O-Liner.

It has a measuring range of 250÷2050mm and a measuring uncertainty of $\pm 0,1\%$. The length measurements may be done along a cross measuring or width measuring distance. The examples of such measurements are illustrated in fig. 3. The results are projected in digital technique in the form of value and sign + or - depending on the difference with respect to the nominal dimension value.



Fig. 3. Examples of measurements with the use of eMC LT system

To the same group of portable mechanical systems one can add measuring telescopes **AEK 329** and **AEK 419** produced by American firm Blackhawk [2] and **Mz Cross** by French firm Celette [4].

Portable Intelli-Tape device, included among intelligent measuring tapes, is worth mentioning. It is produced in two versions basic and extended. The basic version (Catalog number 787074) is equipped with liquid crystal projector and a processor sending the results of measurements to the central unit of the system (Chief). The Intelli-Tape device has an aluminium bar and wind-up measuring tape of 2 m length. The extended version (Intelli-tape with Tram, catalog number 787071) is equipped additionally with telescopic bar and three support points ensuring higher stability and measuring accuracy.

The Intelli-Tape systems allow to measure the interior of engine chamber (along x, y, z coordinates and cross), luggage boot, the window and door openings, door posts and basic points of chassis. Examples of measurements with the use of Intelli-Tape are show in fig. 4.



Fig. 4. Examples of measurements with the use of Intelli-Tape

Stationary mechanical measuring equipments have usually module structures. Such a system produced by Finnish firm Autorobot [1] is shown in fig. 5. An essential element is one-sectional movable gate (4) mounted on lower longitudinal rails (1) in the way that the roller bearing are nested in the rails. The gate can be moved to the points that will be measured. Symmetrical measuring bridges connect both the rails. Special outriggers (2,5) with measuring heads At the ends are mounted on the gate and on the bridges. Fig. 3 also show the pull tower (3) of the repair mending equipment. Autorobot is made of aluminium and its total weight is 97 kg. The gate itself weights 32 kg. The internal space is 1890 mm high and 2070 mm wide. Outriggers can be regulated and can be pushed up to max 4 m.

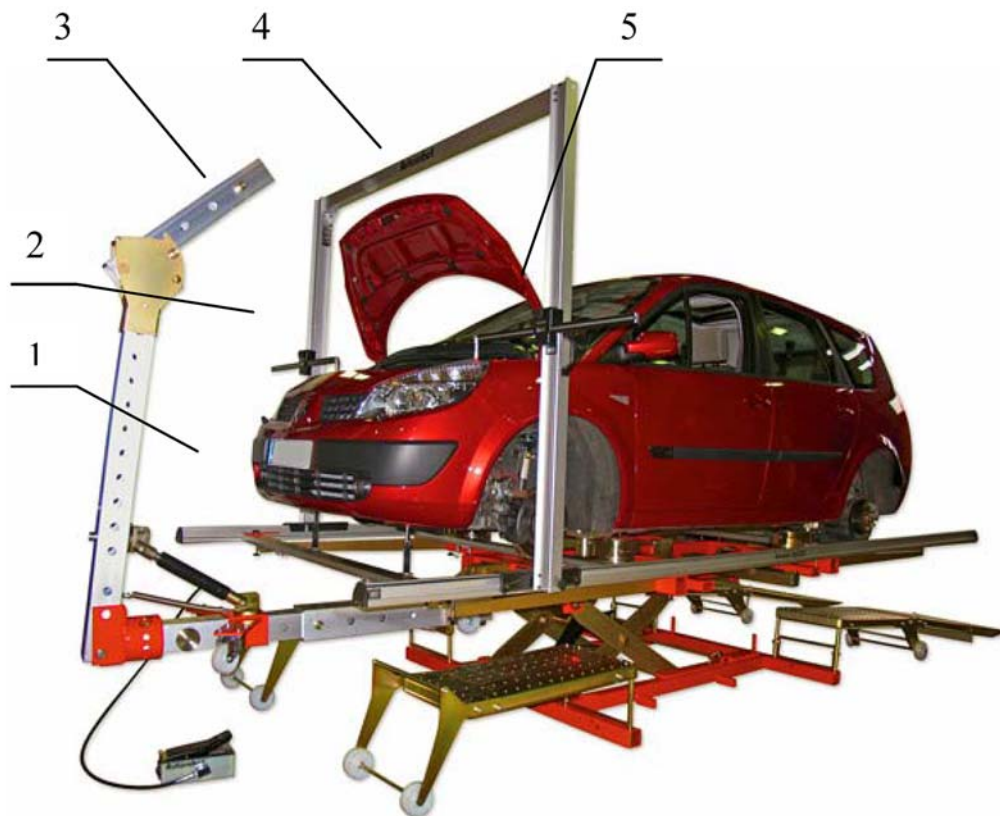


Fig. 5. Mechanical measuring system in the process of car body repairing by Autorobot

The measurement with mechanical system is based on reading out the three coordinates of a measured point i. e. height, width and length. Files with data (on the disc or by Internet) are supplied together with the measuring equipment, and they contain documented information on the position of the vehicle, and this is why the measuring system is also used during mending with the possibility of analysis of factory data and possible deviations from them.

Next example of mechanical measuring system is **Compact** produced by Polish firm Hercules [6]. It is assigned mainly to the use during repairing passenger vehicles, cross country vehicles and vans after accidents. With the system it is possible to measuring eight points on a, car body simultaneously. It can also be used as the accessories of repairing frames of other manufactures.

The structure of Compact is shown in fig. 6. Measuring frame, 3, mounted on a special slide-way, 1, is equipped with an additional beam where measuring heads can be mounted. On the slide-way special carriage, 2, with measuring elements, can be mounted. The length of the measuring slide is 4 m, the longitudinal measuring range is from 0 to 3,9 m. lateral 0 to 1,7 m and vertical 0 to 0,74 m. The measurement accuracy is ± 1 mm. The total weight is 45 kg.

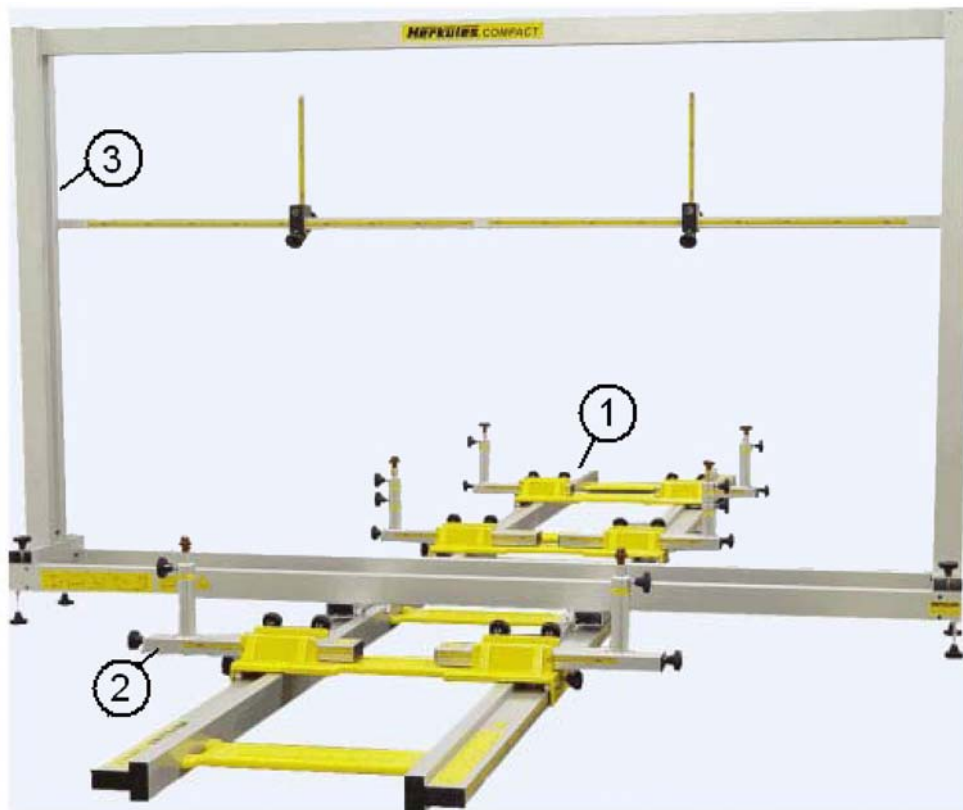


Fig. 6. *The Compact mechanical measuring system by Herkules*

Another relatively simple, control-repair system is **Mz Cross** produced by French firm Celette [4]. It consists of a set of length standard elements in the shape of beams and base towers positioned on a frame called Sevenne. The basic equipment consists of 22 towers and 5 beams. The kit of Mz systems contains moreover reach set of standard elements appropriate for each car model.

Swedish firm Car-O-Liner [3] offers mechanical measuring systems called Car-O-Mech and Car-O-Mech Vision. Car-O-Mech consists of several measuring sets (measuring bridge, sliders, number of linear and angular adaptors and set of tips ends). Car-O-Liner Vision is equipped with electronic terminal PDA enabling to make records with measurement results and data actualization through Internet.

Electronic measuring systems are produced by several manufactures. As the best known on our market one should mention: Autorobot (Finland OY) [1] represented in Poland by Jan Sobański Auto System, Chief Automotive Technologies (USA) [5] – in Poland Armal Sp. z o.o., Spanesi (Italy) – in Poland Iteltecnica with logo Spanesi Poland [13], Herkules Auto-Technika Warsztatowa (Poland) [6], Celette (France) [4] – represented in Poland by Masz s.c., Car-O-Liner (Sweden) [3] – in Poland C.T. S. Sp. z o.o. and Blackhawk S.A. (USA) – in Poland by NTS sp. z o.o. [2].

In principle of the most of electronic measuring systems consists in bringing the measuring tip into a contact with base points of a car body in order to estimate their coordinates x , y , z . Measuring head moves along the beam equipped with measuring systems mounted along the investigated car body. In some devices measuring head mounted on the outrigger, and a measuring system is placed in a separated box situated beyond the car body. Signal from measuring head is wirelessly sent to the computer. Then the results are processed in order to compare the investigated base point coordinates with nominal coordinates and to establish on eventual deviation from a nominal dimension.

Out of electronic systems of mentioned firms, the system based on laser scanner and coded targets seems to be very interesting. The general view of such a system called VELOCITY (Chief Automotive Technologies, USA) is shown in fig. 7.



Fig. 7. Positioning of measuring heads and scanning laser during floor plate measurements

System is based on automatic triangulation measurements, where the positions of characteristic points on the floor panel and, through the use of moving gate, also on the external surface of the car body are registered. The rotating laser rays from two lasers sent from the scanner, working as the measuring head, are projected on reflective targets (each bearing unique code) placed at the characteristic base points of the floor panel. Bar codes positioned on the targets are identified by the scanner and the coordinate of a point where the probe is placed are determined. In the lower part of fig. 7 the probes, put for base point measurements of the floor plate, are seen. Velocity system is provided with 32 probes placed in a special box together with computer unit.

Measurements made by scanner are renewed every 3 sec, that enables full and continuing control of the floor plate dimensions during repairing process. In the case of a diagnostic assessment i.e. without repairing, the process can be finished with printing the report on the geometrical state of the car.

The mentioned above measuring systems maybe used as diagnostic system but in most of the cases they operate in connection with repair devices.

There appeared also repair equipment mounted directly on the floor of the repair shop. The repair towers are connected by means of pulls to U-iron sections assembled immovable to the floor.

4. Attempt of measurement accuracy estimation

The univocal judgment of the measurement accuracy is rather difficult. Roughly the accuracy of the base points estimation lies in the range from $\pm 0,2$ mm to ± 2 mm.

Several attempts have been undertaken to judge the measurement accuracy of car bodies with different degree of damage using selected measuring systems. We present here shortly the experimental attempt of measurement accuracy estimation for damaged car body of Passat B6 with the use of electronic system NAJA produced by Celette (fig. 8).



Fig. 8. The NAJA measuring system and an example of using

The system make it possible to measure car bodies, floor plates and door posts. The devise consists of a measuring rail with a head with rotary arm moving on it. At the end of the arm there is a contact tip that can be put into a measured point of the car body. Measuring head sends the signal by radio, with the maximum range of 15m, to the computer.

Experiments performed by Nałęcz [7] concerned measurements of damaged VW passed B6 car body (fig. 9).

The procedure consisted of following steps:

1. Checking (verification) of calibration parameters of the system.
2. The choice of the measuring sheet with measuring points from the data base.
3. The choice of the definite points on the car body to be measured.
4. Repeated test of calibration parameters of the system.
5. The determination of point values and the statistical valuation of the accuracy.

The test of calibration parameters has been performed on the length master with reference distances between three measuring points giving two lengths. For one of the sections of the standard length being $350,05 \pm 0,2$ mm, the values 350,0 mm has been obtained for the other of $349,95 \pm 0,2$ mm the values 349,9 was obtained.

The choice of measuring points from data base was limited to points on the floor panel. For accuracy estimation the point 40 and 58 also 57 and 58 were chosen and appropriate contact tips were selected.

Several distance measurements have been done between chosen points on x and y axes. The values from thirty measurements were systematized in the table (not shown here for the lack of space). The end results are as follows: the mean values of the x section is 2160,9 then with the spread from 30 values of $R_x = 2,0$ mm. The mean square deviation being $s = \pm 0,44$ mm. The values for y section were $y = 834,2$ mm, $R_y = 2,1$ mm and $s = \pm 0,41$ mm. respectively.

Repeated test of calibration parameters gave for the first section the value of 350,1 mm and for the other section the value of 349,9mm certifying the correctness of the calibration.



Fig. 9. The investigation of VW Passat car body with the use of NAJA measuring system

Statistical analysis of the results, preceded by the analysis of their distribution character, finally allowed to estimate the accuracy of x determination on the level of $\pm 0,88$ mm with the probability 95% and for y $\pm 0,82$ mm.

This accuracy is quite sufficient for most of the investigated car body dimensions. The permissible error of a measurement given by most of the producers is estimated on the level of ± 2 mm. It is obvious that in the case of treedimensional measurements the accuracy will be lower.

5. Car body repairing systems

Several kinds of measuring systems by different manufactures will be presented with restriction to the ones more advanced from the point of view of construction. Simpler devices will be omitted but some of them e.g. telescopic control arms will be shortly mentioned.

Most of the car repairs are done by following the car body dimensions changes. There exist a number of repairing systems in the form of platforms equipped with one or several pulling towers of different pulling forces and of different sizes depending on the gabarite of a repaired car body.

There are also systems mounted directly in a mending shop floor with pulling towers connected by tensions mounted to U-iron fixed in the floor.

AUTOBOT [1] producers multifunctional lift straightening frame benches (**Autobot XLS+** and **Autobot XLS II+**) representing the intermediate construction complexity among the solutions of Autorobot Systems. Patented push-pull tower made of aluminium allows for pulling up owing to a telescopic upper beam that may be settled in three angular positions.

The XLS+ frame bench is of overrun type. It shortens the stage of inserting and mounting of a vehicle. It can be extended with any module inclusive multifunctional attachment II SUPER with central hydraulic servo-motor (pull 10 t, push 6 t).

XLS + system can also be used as a lift during replacement of car parts. It affords possibilities for an easy access to a car chassis, engine or mounting elements. The system, equipped with extension bars and a car body support set gives the possibility of repairing

even the most complex car bodies. The vehicle is kept in a proper position during pulling-straightening process and a special construction of the lift gives relatively easy clamping both the cars without rant threshold (BMW, Mercedes, Audi 8) as well as frame vehicles.

Autorobot IV (fig. 10) is a more developed repairing system. It is built on a stationary frame of winch type. It has seven hydraulic servo-motors of the bilateral action controlled with the pilot and six push-pull towers operating in an arbitrary direction.

The possibility of an adjustment of a vertical position and rotation of the car provide an accessibility of every vehicle part and gives chances for disassembling of entire units.

The frame support allows to straighten the roof, floor, posts and elements of car skeleton or its frame without the need of using of pull chains. The entire construction needs the floor area of 4x6 m.

Autorobot IV represents the professional repairing stand appropriate for large services specializing in sheet-metal repairing. The frame gives the relatively high car mending output. Multidirectional pulling support together with possibility of telescopic extension and relatively large pulling forces give the possibility of repairing of large and rigid vehicles such as cross-country or delivery trucks.



Fig. 10. The view of the Autorobot repairing device with measuring system and repaired vehicle

The pulling is possible with the force of 10 t and pushing of 6 t, and includes roof and floor straightening without chains. The presence of the extension arm permits to penetrate inaccessible places. The frame of Autorobot IV weights 2100 kg and may lift 4000 kg.

Firm Chief Automotive Technologies [5] offers repairing frames Impulse in two versions – **Impulse** and **Impulse-E/VHT** which differ in basic frame sizes and accessories. The drive on the basic frame is facilitated by means of special drive – on ramps. The vehicle is fastened in the way that enables the adjustment of the height on which it has to be mounted. The system is equipped with an electric-hydraulic pump. The frame may be provided with two or three telescopic pulling towers that can be positioned 300-degrees around the machine. The system can accommodate up to two additional towers. A unique to this system are the „Sure-Lock“ force clamps that secure towers to circular pinning holes along the outer edge of the main frame. The frame has 172 mounting holes, and 192 holes in the case of Impulse E/VTH. Tower pulls can be set quickly and are controlled by a hand-held pendant, which controls the flow of hydraulic pressure, and individual tower valves which control the flow of oil to each tower.

Among the systems which utilize the floor mounting, system 5000 by Celette [4], repairing system Korek by Blackhawk [2] or repairing system by Spanesi [13] called Daytona, should be mentioned.

Fig. 11 presents this type of installations by Spanesi. The repairing system DAYTONA may be mounted on or inside the floor. It gives the possibility of pulling with the large force by several pulling towers simultaneously.

Three rings with six pullig towers may be placed in any position by simple pressure. Three workbenches, each equipped with a scissor lift with a height of 1,60 metres and a lifting capacity of 5 tons. The two side 5-metres workbenches include universal jigs, five 1,800 mm crossbeams, lifting runnig boards, jig carrier trolleys, McPherson units and special clamps for Mercedes, BMW and Honda-Rover car bodies.

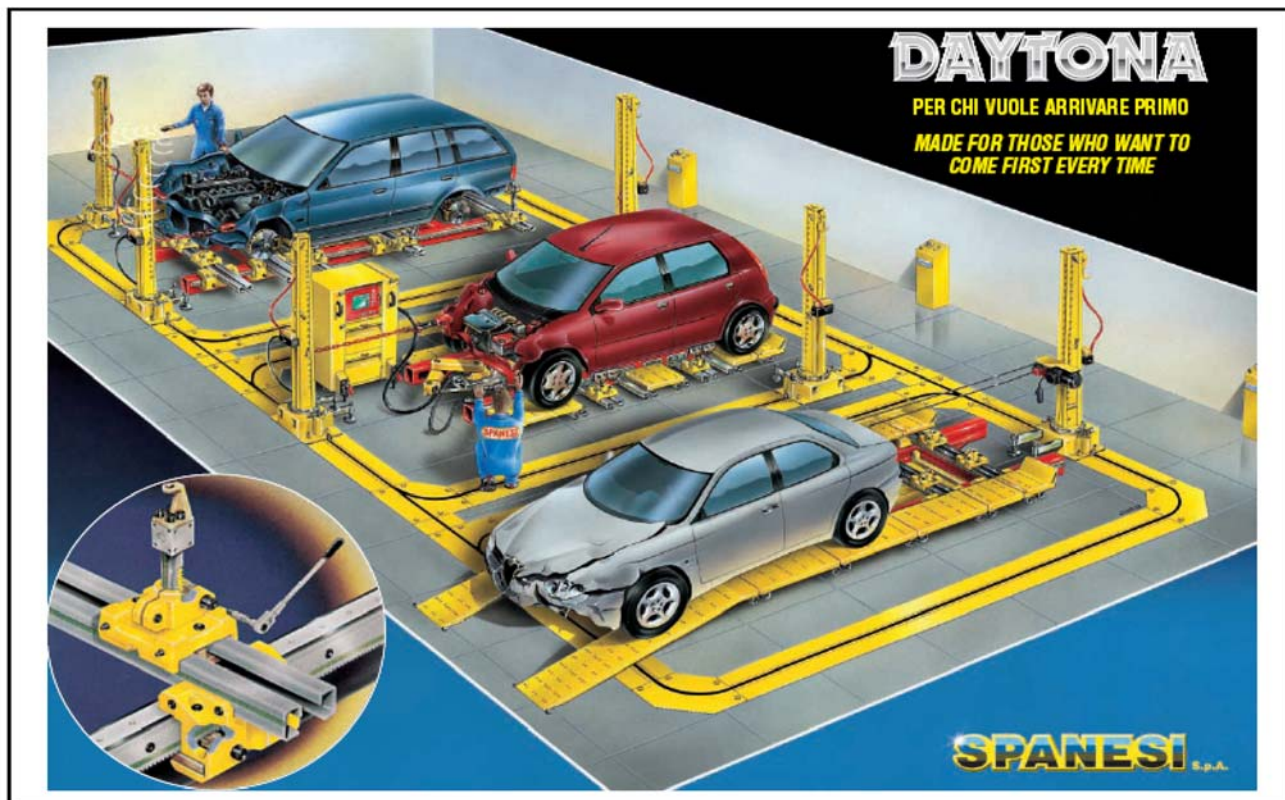


Fig. 11. The DAYTONA floor multistand repairing system by Spanesi

The middle workbench is 4 metres long, 1.60 metres high and with a loadbearing capacity of 5 tons. It is also equipped with 16 supports that hold up the lifting running boards. Once the vehicle has been lifted, the clamps may be inserted onto the supports with a simple operation and the central running boards may be removed, leaving the car suspended by means of four running boards, with considerable savings in terms of time and preventing cantilever load bearing situations. The middle workbench is particularly suited for repairing cars that have had small or medium extend damages, with the possibility of carrying out heavy-duty pulling operations (vans, off-road vehicles, or cars with powerful engines, etc.)

Streszczenie

Pomiary geometryczne pojazdów samochodowych, zwłaszcza karoserii, występują głównie w powiązaniu z procesami naprawczymi po wypadkach. Występują też jako samodzielne procesy mające charakter pomiarów diagnostycznych. Przedstawienie systemów pomiarowych jest obecnie na czasie, nie tylko wobec dużej

liczby wypadków samochodowych, ale również ze względu na dużą liczbę samochodów sprowadzanych z zagranicy, których spora część jest po wypadkach z uszkodzoną karoserią. Jeśli proces napraw powypadkowych karoserii ma być poprawny, nie mogą być pominięte techniki pomiarowe powiązane z tym procesem w celu osiągnięcia prawidłowych wyników naprawy.

Zdiagnozowanie naprawionej karoserii i przywrócenie jej do stanu wymiarów nominalnych jest istotne ze względu na bezpieczeństwo w ruchu drogowym.

Tematyką tą zapewne zainteresują się jednostki prowadzące serwis i naprawy, a zwłaszcza zakłady blacharskie, jak również rzeczoznawcy samochodowi. Metrologom nie może być nieznanym ten specyficzny dział techniki.

W artykule zostanie scharakteryzowana metodyka pomiarów karoserii samochodowych za pomocą urządzeń mechanicznych, od najprostszych w postaci teleskopowych przymiarów do stacjonarnych oraz elektronicznych urządzeń pomiarowych w pełni skomputeryzowanych.

Po zaprezentowaniu urządzeń pomiarowych przedstawiona zostanie próba dokonania oceny dokładności pomiaru za pomocą jednego z elektronicznych urządzeń pomiarowych na przykładzie karoserii VW Passat. Publikację zakończy krótkie przedstawienie urządzeń naprawczych karoserii, które najczęściej działają w połączeniu z urządzeniami pomiarowymi.

References:

- [1] Autorobot Finland Oy – www.autorobot.com. J. Sobański Auto System. www.sobanski.com.pl
- [2] Blackhawk. www.blackhawkcr.com. NTS Narzędzia Technika Serwisowa Sp. z o.o. www.nts.com.pl
- [3] Car-O-Liner (Szwecja). www.car-o-liner.se, C.T.S. Sp z o.o. www.car-o-liner.pl
- [4] Celette (Francja) www.celette.com. MASZ s. c. www.ofertamasz.pl
- [5] Chief Automotive Technologies (USA). www.chiefautomotive.com. ARMAL Sp. z o. www.armal.pl
- [6] Herkules Auto-Technika Warsztatowa. www.herkules-sc.pl
- [7] Nałęcz, A.M., *Systemy pomiarowo-naprawcze pojazdów samochodowych po wypadkach*. Praca dyplomowa magisterska. Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania w Warszawie. Warszawa, 2009
- [8] Pfeifer T., Imkamp D., Schmidt R., *Coordinate Metrology and CAx-Application in Industrial Production*. C. Hanser Verlag, Munich 2006
- [9] Raatz B., *Blacharstwo i naprawy powypadkowe samochodów*. Oficyna Wydawnicza TROTON. Ząbrowo (www.troton.com.pl). ISDN 83-922340-0-6
- [10] Ratajczyk E., Jastrzębski A., *Car body geometry measuring systems used in the accident caused damage repair process*. Mechanik nr 10/2009. pp. 844–849
- [11] Ratajczyk E., *Współrzędnościowa Technika Pomiarowa*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2005
- [12] Ratajczyk E., *Ramiona pomiarowe*. Mechanik nr 12/2008, s. 1051–1054; nr 1/2009, s. 38–46; nr 2/2009, s. 104–106
- [13] Spanesi Polska. www.italtecnica.pl, www.spanesi.com

Mateusz MAZEWSKI
Witold TENEROWICZ
Wojciech URBAŃSKI

ISSUES CONNECTED TO MAINTENANCE OF TRAINS IN WARSAW AREA. PRESENT TECHNICAL FUNCTIONS AND TRENDS IN DEVELOPMENT

Development of the communications system

One of the most important social organization's systems in modern cities is public transportation. In addition to trade network, waste disposal, supplying inhabitants with energy carriers, and providing communication, municipal transportation is an important factor in development of modern metropolises. If neglected it may slow down the metropolis's development. This article points out basic elements of Warsaw's transportation system and the relations binding them. One of the main means of transportation in the capital is electric tram.

The history of an electric tram is dated back to 1881, when the first tram appeared on the street of Lichterfelde, nearby Berlin. Soon after, similar trams run in Paris, Frankfurt, Brussels and Vienna. The mid-nineteenth century Poland with its developing Warsaw needed an efficient public transport as well. As a result, the first public omnibuses appeared in 1822, but run irregularly, mostly on holidays and it was rather a suburban communication connecting the center of Warsaw with recreational areas – Bielany, Młociny or Łazienki. The impulse for change came with the construction of the Warsaw-Petersburg railway (1862) and the construction of the first permanent link of both banks of the Vistula – Kierbedź Bridge (1884). The opening of the bridge allowed the construction of the tram rail. The first horse tram was opened on December 11, 1866. Within a year a total of 6,2 km track in the Russian-style, wide spacing of 1525 mm (classic track 1435 mm were introduced in the capital until after the Second World War!) was built. The first line of "Iron Horse Way," connected Warsaw-Vienna Railway Station (now Central), located in the center of the city, with Station St. Petersburg (now Vilnius) enabling the efficient movement of passengers between the two stations.

The length of all routes in 1900 reached about 29,3 km. The stock had 284 wagons and 656 horses servicing 16 lines. The horse tram was an important achievement comparing to an omnibus, but it was still insufficient for serving a huge number of people living in constantly growing cities.

The true breakthrough was installing the electric engine. That kind of a vehicle has been built by Werner von Siemens and presented at the industry exhibit in Berlin in 1897. The huge interest in the new traction encouraged many cities to start using electric trams by the end of the 19th century. Meanwhile, Warsaw was still left aside from the changes. By the turn of the 20th century, electric energy has been seen as a luxury good. Within 15 years from that time the capital's population grew from 501 000 inhabitants in 1983 to 781 000 in 1908. Fast growth and the urban variety of the city, made it necessary to find more efficient and faster public transportation.

In 1902 while deciding about electrifying Warsaw, the city decided to use electricity in the tram traction. Unfortunately, the financial difficulties did not let the project to be finished at that time. The next effort has been a year later, when the Tram Company's Board

of Directors hired Siemens-Schuckert to create a plan of electrifying the tram network and extending it by another 25 km. In February 1905 the first agreement has been signed and in the autumn, when the first works in this matter have begun.

The biggest problem was the power supply. Instantly, the decision has been made, that the power network will be as strong as 600 V; the decision was accurate, so it remained unchanged until today. At the same time the construction of a new power plant to aid the traction vehicles had been started. It was built between 1905-08 near Przyokopowa 28 Street. The total power of its three steam turbines reached 3600 kW.

The grand opening of the first section from The Kasiński Plaza to Rogatki Mokotowskie took place on the 26th of March 1908. Thanks to the usage of the most modern technical solutions and perfect precision, electric trams in their first years of functioning were seen as a synonym of reliability admired not only by the citizens of Warsaw, but also many foreign visitors. The technical support was located in three former fire depots; in Muranów, Mokotów in Wola districts, where modern garages have been created and serviced the whole tram network.

The whole stock has been delivered by mentioned Siemens-Schuckert Company. The wagons were made in a very distinguished taste and with absolute precision. The compartments of the train were divided into classes: second and first. At the beginning, the exploitation began only with motorized vehicles, but because of the growing interest from the inhabitants of the city, the authorities soon transformed the horse using tractions into adhesive cars or bought completely new machines to take care of the current needs. Until 1910 all of the plans connected with building a modern tram network have been completed and most of the lines have been electrified.

The development of the tram transportation was stopped by the outbreak of the I World War. German armies treated all of the trams as spoils of war, stealing the most valuable materials, such as copper power lines. After regaining independence Warsaw became the capital of a young country and had to face many challenges in the matter of public transportation. The destroyed vehicles were repaired one by one, but also companies like "Zieleniewski", "Lilop Rau and Loewenstein", "Gostyński" made some new purchases. Particularly precious wagons, were those with the engine bridges covered and leather seats – called the Pullmanns. In this type of wagons the chassis was usually placed lower and they the construction process was followed by newer welding technique.

The Warsaw Tram and Bus Company in the second half of the thirties had an excellent economical condition, seen as a good example for many public transport companies in the world. This golden area of Warsaw's tram network has soon ended in September 1939.

The years of Nazi occupation resulted in big overload and a financial crisis of the company. The purchase of a new stock for the city of Warsaw proceeded from 1939 to 1941 has been stolen by the Germans and directed to Berlin and Gdańsk. Because of the decreasing amount of wagons in the Polish capital, the Germans have transported some old, used vehicles from Düsseldorf.

The Warsaw Uprising caused great damage to the city's infrastructure, including the public transport. Tram depot in Muranów has been nearly completely destroyed and torched to the ground. Also the main halls in Wola and Mokotów were burnt, the ones in Praga and Rakowiec suffered from an explosion. The tram power plant was demolished. Most of the tram stock got either destroyed or heavily damaged and what was still left, has been relocated to Poznań. After the war everything had to be rebuilt almost from the beginning. The spacing between the tracks has been changed to classis, western-european and the trackway and no longer inside of the road, but isolated from it. The stock was firstly made of wagons, that were saved from the ruins of the city. Later some of the trams acquired from Wrocław and taken back from Berlin were added to the network. Since 1949 the delivery of a new type of tram N/ND produced in the Konstal company in Chorzów has begun, but the numbers were insufficient. This effected in using a very big variety of vehicles, that can be even compared to *fin de siècle* type until 1954.

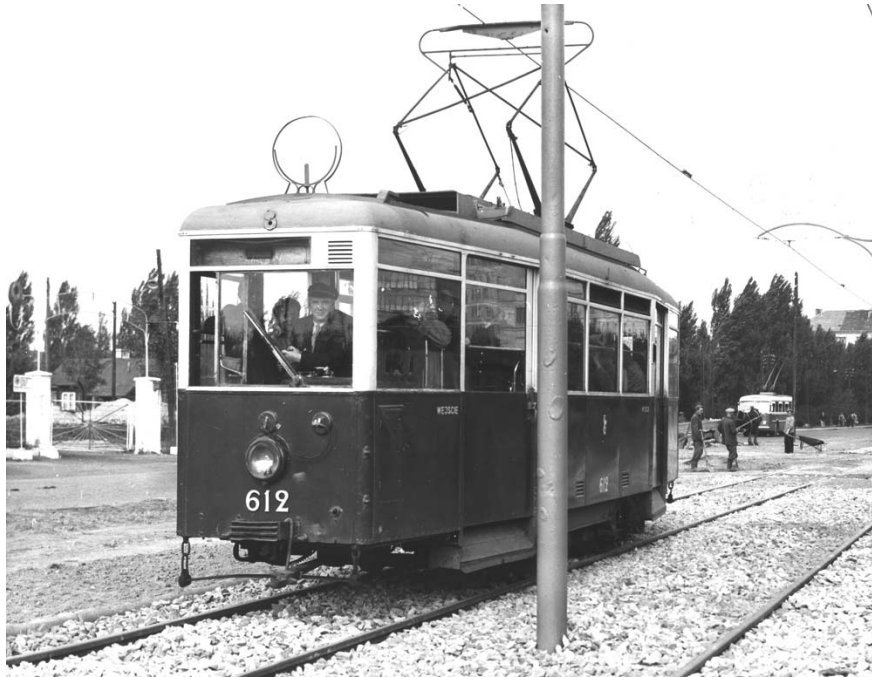


Fig. 1. *Tram N made in 1949 by Konstal Chorzów*

At the beginning of the fifties only a few new tram routes have been built. The main means of transportation were supposed to be trolleys and subway. Somewhere near 1953 it was already sure, that the subway plans could not be put into motion. The tram network was about to be in its prime time again. The speed of the N/ND delivery has increased as well as their development and modernization. The construction of a new N-S tracks line has also begun soon after that (nowadays John Paul II Street). In 1955 a new and modern depot in Mokotów by Woronicza Street started to fully operate. City's Public Transportation Company (MZK) has been formed, to take care of all of the matters connected with the public transport in Warsaw.

At the turn of the fifties and the sixties constantly developing and growing bus and car transportation became more attractive, than slow and crowded trams. They were still mostly made of old types of engines handling not rarely up to two wagons.

At the beginning of the sixties, Warsaw, because of the Konstal factory started to receive a new, fast model 13N, that was representing a whole new generation of trams. All in all, from 1961 to 1970 Warsaw public network was the owner of 838,13N type vehicles.



Fig. 2. *Tram 13N made in 1960 by Konstal Chorzów*

The biggest achievement of this period is the 1963 opening of the Żoliborz's depot on Pstrowskiego street. It was planned for the facility to be a depot for high-speed trams.

The 1970's was not the best time for the development of tram in Warsaw. The city abandoned the construction of new routes and closed down many sections of track. However, replacement and modernization of the exploited trams rolling stock took place. Between 1975 and 1976 capital received 100 wagons type 105N, made on the basis of the experience with wagon 13N. But it was underdeveloped product. It was cheap, with a weak body mechanical construction. Thanks to the large delivery, all wagons of old type (N/ND, Pullmann's) were withdrawn. It is interesting that some of these wagons are still great cars to employees as technical tram, transport, plows, etc. Beginning in 1984 Warsaw started to get wagons type 105Na, which were an improved version of 105N. Because of that, old wagons 13N began to be withdrawn. Drivers were still not satisfied with the new trams. The city continued observations of operating results, which helped with modernizing electrical and mechanical systems.

The 1970's was the time when the city started to consider new type of issues, such as the impact on environment, the operating cost, access for elderly and disabled people, passengers' quality and comfort and working conditions.

As a result of these observations that lasted until 1993, the city began to import the next, upgraded tram versions, named 105Nb, e, f,..., z, 105N2k.

The new wagons were gradually introduced to innovations in system, such as: as wheel set suspension inserts "Meggi", modernized propulsion of the door new generation, static converter, thyristor circuit timing system, electric propulsion pantograph, new solutions for drivers' seats, electronics components in the auxiliary timing circuits. These solutions are still introduced to the old wagons if the financial resources allow.

In 1998, in the ninetieth anniversary of the introduction of electric traction in Warsaw, began deliveries of the new generation of rolling stock type 116N/Na. These are the cars three-pronged, low-floor, with inverted timing circuit and alternating current motors. This rolling stock approached Warsaw communication to European standards.



Fig. 3. Tram 116Na made in 1999 by Alstom-Konstal

On 27 January 2005 "Tramwaje Warszawskie" announced the results of the tender for the supply of 30 individual high-floor cars. The winner was Rail Vehicles Factory (Cegielski) from Poznań with Tram 123N. The first cars arrived in Warsaw in January 2007.

The tram type 123N uses a number of solutions with a high technical level. It should be noted first of all to:

- a box made of stainless steel sheet,
- front walls made of plastic, easy to replace in the event of a collision,
- driver's panoramic windshield, side windows pasted,
- pulse start system based on GTO thyristors (IEL design, production Woltan),
- power supply auxiliary circuits with a static converter PSM-8 (prod. Mediom),
- a modern tram driver's desktop with built-in dead-man's vigilance device,
- a system of communication with passengers.

These elements, supplemented with advanced propulsion systems and new control systems, can be found naturally in most modern cars now – 120Na Swing.



Fig. 4. The newest tram TW – 120Na made in 2010 by PESA

In summary overview of existing design solutions development for over hundred years Warsaw trams will be listed types of currently used cars and their manufacturers.

These are: 13N (Konstal Chorzów), 105 Na (Konstal Chorzów), 112N (Konstal S.A. Chorzów), 105N2k (Alstom Konstal S.A. in Chorzów), 116N (Alstom Konstal S.A. in Chorzów), 105N2k/2000 (Alstom Konstal S.A. in Chorzów), 120N (PESA Bydgoszcz), 123N (Hipolit Cegielski Poznań) and 120Na Swing (PESA Bydgoszcz). 13 June 2010 the first of the newly ordered trams type 120Na Swing went on tour. For the EURO 2012 European Football Championship will drive them through the streets of Warsaw – 120. Finally all of the ordered 186 trams will be delivered by 2013, replacing the oldest type of vehicles 13N and a large part of 105N.

The organisation and resources of the "Tramwaje Warszawskie" Ltd. company

The "Tramwaje Warszawskie" Ltd. Company (TW) is responsible for handling all of the tram network in the area of the city of Warsaw. It was founded on the 1st of march 1994 as a result of a split in the city's transport organization. Nowadays, it's an institution fully financed from the Warsaw's budget. On January 1st 2003 it has been transformed into

a one-man directed commercial law company, since then known by the name of "Tramwaje Warszawskie" Ltd. At the beginning the company's headquarters location was a rented space near Senatorska 37 Street. In april 2005 it has been moved to owned properties by the Siedmiogrodzka 20 Street. On August 6th 2008 the Warsaw tram company's authorities, the president of the city Hanna Gronkiewicz-Waltz and Leszek Ruta, the chief director of the public transport organization signed an important agreement for years 2008–27 guaranteeing passenger services and allowing the realization of many expensive investments such as purchasing a new stock and the construction of new tram routes.

The main goal of the company is to manage the tram transportation all over the the territory of Warsaw, especially meaning:

- the exploitation of the tram stock,
- purchase, exchange and repair of the tram stock,
- tram infrastructure investments (building new routes, renovations, current repairs).

The income of the company is generated both by providing transport services according to an agreement with the public transport institution and by other transport activities beyond that agreement.

The "Tramwaje Warszawskie" company is a leading employer in the area of the polish capital. Until the time of November 2011, it's characteristics in the exploitation rates could be seen as:

employees (total): 3 380 people,
including:

- motorman – 1243,
- service and handling – 1505,
- administration – 632;

available vehicles:

- working days (traffic peak) – 683 trams,
- sunday and holiday – 363 trams.

Main element of TW company property are four tram stations. They were located in different parts of the city for easier keeping them in the garage and repairing each vehicle coursing on it's way. Here they are:

- Tram Operations Department R-1 Wola – Młynarska St,
- Tram Operations Department R-2 Praga – Kawęczyńska St,
- Tram Operations Department R-3 Mokotów – Jan Pawła Woronicza St,
- Tram Operations Department R-4 Żoliborz – Zgrupowania AK "Kampinos" St.

Tram infrastructure which is exploited by "Tramwaje Warszawskie" Ltd. creates objects connected to traction power supply and railway web.

Basic element of railway infrastructure is the trackway. It is the track lane on which ride only trams (railway separated from the road). It can be also road lane with builded rails which can be used to ride a car or trams (common with the road track).

The total number of served lines is very serious. Company manages an impressive track length of 276,5 km (in recalculation on one track), from witch 241,0 km is operated by the passenger line. The share of railway separated from the road (the total length of tracks operated in passenger lines) is about 80% (about 200 km).

At the "Tramwaje Warszawskie" network is about 750 operating switches, of which about 90% is heated in order to keep their full efficiency in winter conditions, and about 25% is controlled by radio. Radio control system allow to quick and automatic change the travel direction.

Currently is about 22 running lines. Passenger daily service over the year as a result brings an impressive rate of wagon-kilometers equal – 3 775 998 km (November 2011).

The electrical network spans the track, supplying modern trams. Energy that is delivered to it, comes from the substation. But the tram traction infrastructure is far more complex and it consists of:

- traction adjusting current supplied from the city power grid to the characteristics required by the power systems of trams,
- conductive cable network from the substation to the overhead line,
- traction network, taking place over the tramway track, from which, using the pantograph is levied electricity to supply traction motors tram.

The entire tram traction network, is fed from 41 substations. Distribution of substations, their installed capacity, result from calculations load power communication lines. The part of each substation is:

- medium voltage switchboard,
- the band-type rectifier:
 - a) transformer-type Rectifier,
 - b) rectifier.

Table 1. The list of types of rolling stock operated by the “Tramwaje Warszawskie” Ltd.

TRAMCAR	TRAM OPERATIONS DEPARTMENT				TOTAL
	R-1	R-2	R-3	R-4	
13N	–	–	53	100	153
105N	35	–	–	–	35
105Na	1	71	102	107	281
105Nb	–	–	4	1	5
105Ne	–	4	18	–	22
105Nf	–	16	26	2	44
105Ng	–	2	–	–	2
105Nm	–	–	12	2	14
105N-MWAs	2	–	–	–	2
105N2k	70	–	–	–	70
105N2k/2000	42	–	–	20	62
105Nz	2	–	–	–	2
112N	–	1	–	–	1
116N	1	–	–	–	1
116Na	–	2	–	–	2
116Na/1	–	26	–	–	26
120N	–	–	5	–	15
120Na	11	27	13	19	70
123N	30	–	–	–	30
RAZEM	194	149	243	251	837

Traction network tram has a total length of several hundred kilometers single track. Electrical considerations enforce proper segregation of the areas of power, supported by the various substations. The areas are divided into segments of power (within a substation) called sections. One substation, supplying about 7 km single circuit traction network, and the typical section has a length of about 700 m and is powered by one side. Mostly, the section covers only one way traffic areas. It is worth knowing that the episode sections, in case of failure can be powered from a parallel section, or in some cases from neighboring. Also, the region of power can be supplied from an adjacent substation, of course, with limited bandwidth.

A typical traction substation building in Warsaw is a standalone, one-story, usually on a dedicated and fenced property, enabling the placement of all traction cables, and bringing at least two medium-voltage connections, i.e. primary and reserve. Today, all substations have power up to 128 MW. For comparison, we recall that the total power plant tram 1 September 1939 was 10 500 kW. All substations operate in unattended mode, and control of their work is done 24 hours a day by the central dispatching Energy, whence the manual control of the whole process is also possible. For the residents of Warsaw, technical material facts relating to effective communication in the capital, is a very important thing. Most important is the stock of everyday use. Here are a list of vehicles currently used by the Warsaw tram drivers.

Issues connected with maintenance of trams

Tram is the only rail vehicle that moves on the road. This means that the drive systems must be constructed according to specific requirements. Traction engine operating conditions are very difficult. They consist of complex load cycles (frequent riots and braking, overload), and often extreme environmental conditions (dust, mechanical shock, humidity, high summer and very low in winter, the ambient temperature). The sum of exposures can lead to an emergency exit from the rails and to undergo unplanned overhaul. Unfortunately, among the primary causes of failure of the propulsion system also gives the wrong technique for driver's driving, poor maintenance of machines during their periodic review by employees, and defects during repairs.

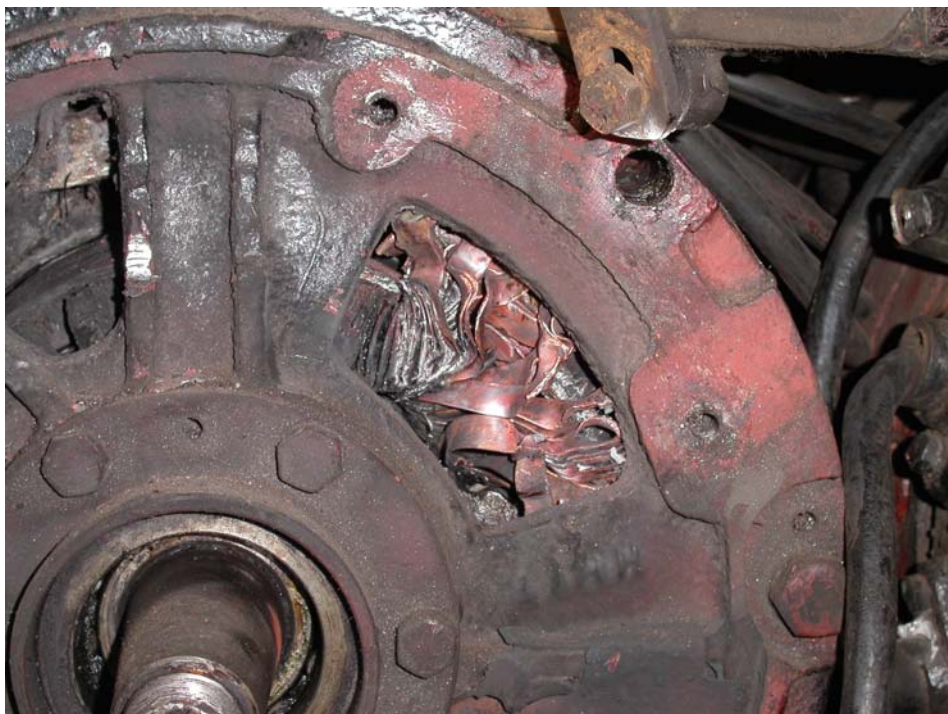


Fig. 5. *Burned part of the engine*

The most common injury related to the infirmities or destruction of electrical machinery units. Particularly sensitive is the rotor winding. Reported frequent cases of short circuit to the mass, especially in connection with the commutator. Stator coils burning is the result of mechanical damage to the insulation of the excitation coils, due to seepage into the system machine crushed stone fragments, substructure kidnapped cooling air stream, as well as assembly during repair of worn out coils.



Fig. 6. Ruined commutator and the damaged shrouding



Fig. 7. The ruined brushholder and the damaged supplying cables

Very large dust is caused by use brushes from wrong material, brake wear and rails. Sedimentation and saturation moisture, leading to frequent, superficial puncture insulators

devices to hold the brushes. Switching node is also particularly vulnerable to mechanical damage. Vibrations in conjunction with heat, spark, and even the electric arc, leading to ejection of plots commutator. Degradation process are subject to such conditions as brush holders and brush spring pressure. Notorious is the cracking of the input power cables to the junction box and damage the bearings. Undoubtedly, the proper operation of propulsion engines, which hinders the diversity of types and power. The classic propulsion engine, used in electric traction machine is direct current (DC). Modern trams are driven by the three-phase cage induction motors of alternating current (AC).

Here are few examples of that big diversity of driving engines:

- 4 engines DC 40 kW power supports 13N tram,
- trams 105Ng, 105N1 and 2k are supported by 4 DC engines 40 kW or 45 kW power, but trams 105Nz are already supported by AC engines,
- 6 DC 40 kW power engines supports 112N tram,
- 4 engines DC 50 kW power, supports 116N tram, 116Na – AC 75 kW engines,
- 4 AC 105 kW engines supports 120Na tram.



Fig. 8. *The cracked and burned out brushholder's spring*

For several dozen years authors of publications analyze informations about reasons for damages of individual powering elements of capital trams. Conclusions drew out from them, are presented on scientific-technical conferences and devolve directly to producers and services. Observation has confirmed a permanent decrease of tram breakdowns. This rate (determined by the number of tram depot visits due to failures for every 10 thousand driven kilometers) is still lowering at time. The modernization of mechanical and electrical modules in the new types of trams, that are about to start their service in the city perimeter has a significant influence on their availability. Replacing the classic traction-resistor engine steering system to a thyristor one can be given as a clear example of such changes. In vehicles steered with the use of impulses the function of a resistor was taken over by the impulse inverter, providing a fluent change of tension given to the engine. The appliance of the thyristoric inverters has improved the starting phase, reduced the loss of energy and enabled it's retrieval during the breaking process. Simultaneously a big drop

in the traction engines failures has been noticed. It resulted in lower maintenance costs and made it possible to lengthen the distance needed between technical reviews up to 5 thousand km. Similar tendencies can be seen, while classical DC propulsions are compared to modern AC drives. The alternating current engines are clearly more durable, resistant to negative environmental effects and are made of lesser amount of highly breakable materials. Not without significance remains the fact, that they are also more proficient, what makes their usage of electric energy much smaller. It can be especially visible, when the advanced electric systems, in which the trams are equipped allow the energy to be returned back to the traction line, while the vehicle is being stopped.

The development of trams in Warsaw

Despite the difficult economic situation faced by the city, Warsaw's development of communication, especially the tram, does not seem to be threatened. In the near future, we can expect the construction and modernization of the line as well as purchasing of new cars. These activities have been taken in order to serve better for the residents of the capital.

Basic requirements for wagons designed to support modern communication network can be characterized as follows:

1. Increasing the attractiveness of tram communications for passengers by improving:
 - design of passengers compartment,
 - a sense of comfort and security of travel (quiet coaches, air-conditioned, monitored, large),
 - convenience of boarding and alighting (floor lowered to 350 mm above rail head),
 - internal and external information, equipped with ticket validators,
 - modernizing of bus stops (elongation, combining stops for trams and buses).
2. Increased durability and reliability of the car by the use of technologically advanced technical solutions and high quality materials.
3. Reducing operating costs by:
 - increase the communication speed,
 - the use of energy efficient starting and braking systems with recuperation,
 - providing of unmanned or less effort to maintain units,
 - development of means of communication and traffic control.

Currently, the 837 coaches operated by the "Tramwaje Warszawskie" Ltd. – 115 of them (14%) are low-floor vehicles. Subsequent deliveries will quickly wide the number of these convenient machines. The trams have special places reserved for prams and bicycles. Their interior has been lined with aesthetic laminated boards and the seats have been covered with soft fabrics. Modern, air-conditioned and fast trams to a small extent are already similar to those of the 60 and 70 of the last century.

In the coming years are planned following an integrated tasks in the tram route:

- the tram route modernization W-Z (investment in the course);
- the tram route modernization Wileński Station – National Stadium – Washington Roundabout;
- the tram route modernization in John Paul II avenue;
- the tram route modernization from Zawisza Square to Starzyński Roundabout;
- the tram route extension from Bemowo to Kasprzaka street;
- the tram tracks construction on the Krasiński street;
- tram service the north-eastern areas of Warsaw, in connection with the metro network expansion, which includes:
 - the tram route construction to Tarchomin through North Bridge,
 - the tram route modernization to Bródno.

Undoubtedly, a crucial decision that will be essential to the quality of the enterprise TW functioning, is taking preliminary work on the next tram depot construction R5. It will be located in East Żerań and will enable the tram traffic management upon completion of a new North Bridge.

To conclude the analysis of basic issues related to the operation of the tram, its role in the life of the city and the trends of development should be mentioned the proper maintenance of track infrastructure. Required operating reliability forces to conduct the planned and systematic aintenance and repair procedures to ensure adequate durability of sub-grade. Durability is different for individual segments of routes and depends on the type of track construction, geometric arrangement (straight sections, bends, junctions), tram traffic and how to load (movement of cars and trams or trams only). The average lifetime of the tramway in Warsaw is just over 20 years. After this time the track should be renovated. "Tramwaje Warszawskie" Ltd. carry out annually repairs on a length of about 15 km.



Fig. 9. *The newest road construction technologies*

To reduce costs and improve tram tracks, for 10 years performed more often track, with construction without ballast. This occurs mostly on the track combined with the road and tram nodes. Structures without a ballast, allow to use a continuous elastic rail fastening and covering them with special damping elements, which, during operation of rolling stock, ensure effective reduction of noise and vibration, caused by movement of trams, which adversely affect on people and the buildings surrounded by tram routes. In "Tramwaje Warszawskie" network, further application of constructions without ballast which can also be overlapped with grass not only reduces noise but also improves the aesthetics of the city, which happens due to the introduction of green on traffic routes. The authors hope that the proper understanding of the Warsaw agglomeration transport problems, espe-

cially the huge appreciation of the fulfillment of our city by tram, allow for further modernization and putting a tram at the highest level of satisfaction of residents.

Streszczenie

Artykuł jest analizą aktualnego udziału trakcji tramwajowej w świadczeniu usług transportowych mieszkańcom Warszawy; scharakteryzowane są obowiązujące trendy w tej dziedzinie, kierunki rozwoju sieci połączeń.

Zaprezentowano plany rozbudowy taboru przez przedsiębiorstwo Tramwaje Warszawskie Sp. z o.o. Szczególny nacisk kładziony jest na najnowocześniejsze rozwiązania jednostek napędowych oraz układów zasilania i sterujących. Stopniowo spodziewać się należy wyłączenia z ruchu wozów napędzanych silnikami szeregowymi prądu stałego (serii LTd-220 oraz LTb-240) i zastępowanie tych motorów konstrukcjami zasilanymi z wewnętrznej sieci prądu przemiennego. Będą to silniki indukcyjne klatkowe (np. typu STDa 200L4 – EMIT S.A. Żychlin, 55kW), współpracujące z nowoczesnymi układami falownikowymi, montowanymi w pudłach pojazdów. Ich parametry trakcyjne oraz niezawodność znacznie przekraczają osiągnięte w układach klasycznych.

Kolejnym kierunkiem aktywności konstruktorów pojazdów szynowych są wozy niskopodłogowe (np. typu 112N, 114N, 116N). Znakomicie ułatwiają one nie tylko obsługę pasażerów niepełnosprawnych, także zwiększają komfort jazdy wszystkim klientom TW, zwłaszcza w godzinach szczytu przewozów.

Zagadnienia eksploatacyjne pokazane są poprzez charakterystykę najczęściej odnotowywanych uszkodzeń jednostek napędowych. Arkusze artykułu zostały zilustrowane oryginalnymi fotografiami autorów publikacji.

References:

- [1] Kazimierczyk I., Tenerowcz W., Urbański W. 2005. *Aspekty eksploatacyjne współczesnych rozwiązań konstrukcyjnych napędów trakcji tramwajowej*. Przegląd Elektrotechniczny 10/2005: 94–98
- [2] Kazimierczyk I., Tenerowcz W., Urbański W. 2005. *Problematyka eksploatacji układów napędowych na tle rozwoju konstrukcji silników trakcji tramwajowej*. XLI International Symposium On Electrical Machines SME'05, Jarnołtówek: 531–536
- [3] Tenerowcz W., Urbański W. 2003. *Tramwaje warszawskie – wczoraj, dziś, jutro*. Seminarium „100 Lat Elektroenergetyki Warszawskiej”, SEP/PW, Warszawa: 79–89
- [4] Tenerowcz W., Urbański W. 2004. *Problematyka eksploatacji i analiza uszkodzeń silników trakcyjnych typu LTd-220 oraz LTb-240*. XL International Symposium On Electrical Machines: „Losses and Efficiency in Electrical Machines”, Hajnówka: 226–233

Katarzyna MAZUR-BELZYT

RENEWABLE ENERGY IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONTEXT

Introduction

Energy production in Poland is still based on conventional sources, associated mainly with coal. Despite general awareness of the shrinking these fossil fuels, their environmental impact, and despite growing interest in renewable energy sources (RES), in our country renewable energy is only beginning to be applied on a wider scale. The concept of renewable energy sources is gaining increasing attention in the country's energy policies, laws, environmental strategies, plans and studies.

An unquestionable impulse to the changes in the energy sector has become a Polish membership in the European Union. According to the new, revised EU targets by 2020 Poland should achieve a 15% proportion of electricity from RES in overall gross electricity consumption. Such obligations should mean a significant increase in the share of energy production from renewable sources, which should take place in all units of the settlement network in proportion to their capabilities and occurring potential.

In recent years in Poland can be seen standing, but still a small increase in the use of RES (in 2008 it was acquired 7.6% of the total energy, and in 2009 9.0%). Most renewable energy comes from solid biomass (85.8%). Next in order are: liquid biofuels (7.1%), water (3.4%), biogas (1.6%), wind (1.5%), heat pumps (0.3%), geothermal (0.2%), solar radiation (0.033%) and municipal waste (0.012%) [GUS, 2010].

In order to efficiently utilise the RES technical potential advantageous conditions are necessary to support its development, also increased outlays are needed for technological research and development and a system of subsidies for renewable energy projects should be put forward and disseminated. On many occasions the levels of RES capital investment required for such projects might result in considerably higher prices of the power generated with the use of renewables in comparison with the conventional fossil fuel sources.

RES in spatial scales

From the point of view of power generation costs there are three RES technology categories [Strategy, 2000]:

- technologies whose power generation costs are lower or similar to the costs or prices of conventional energy carriers; including *inter alia*: air solar collectors, small manually operated wood- and straw-fired boilers, small automatic straw thermal power stations, small water power stations constructed on natural water drops, and waste dump gas installations;
- technologies whose power generation costs are higher than the domestic average ones, but which might be competitive should preferential loans or subsidies be provided; those include large power grid wind stations, automatic biomass thermal power stations, photovoltaic technologies;
- other technologies whose power generation costs are significantly higher than the conventional energy sources, provided the subsidies levels amount to even 50%

of the project budget; those include water solar collectors, photovoltaic installations, small power grid stations, agricultural biogas plants, geothermal plants.

In spite of the aforementioned economic differences between the individual RES technology categories, it is necessary to increase the levels of use of all energy sources. There are many financial institutions assisting in overcoming economic problems. High capital investments may acquire financial assistance in the form of loans or subsidies available both for individuals, entrepreneurs and local authorities.

The rational use of renewable energy sources, including *inter alia* the energy of rivers, wind, solar radiation, geothermal energy or the energy of biomass, has become one of the crucial components of sustainable development. The notable benefits of spatial planning incorporating the aforementioned aspects are not only such as: improved efficiency of energy sources utilization and economy, improved environmental quality through reduced air and water pollution and reduced levels of waste generation, but also: improvement of urban areas, and confinement of uncontrollable suburbanization. There are mutual relations between increasing demand for renewable energy sources and spatial planning, which considerably help reshape natural environment and landscape, and also introduce changes into the spatial structure of urban areas [Mazur-Belzyt, Opania, 2009].

Every decision to utilize renewable energy sources has its spatial development repercussions. The utilization of RES in urban areas relies both on the potential of a given category of energy, and on the arrangement and level of protection of the existing environmental resources. However, the more important environmental protection and sustainable development become, the tighter restrictions are imposed on the possibilities of acquiring individual renewable energy sources. That is why the need for working out of methods that could help avoid such conflicts between RES and the environment is gaining in significance.

The way RES energy generation is effected may influence the layout and functions of settlement nets, the structure of cities at the local level, and the building development on the universal urban scale. On account of the importance of the spatial factor in individual renewable energy technologies, it might be essential to incorporate it in spatial planning at all the levels (table 1) [Mazur-Belzyt, Opania, 2009].

Table 1. Possibilities of utilization of renewable energy sources in various spatial scales

	individual households	housing estate, district	town	metropolis or region
Hydro power				
– large power station	–	–	+	++
– small power station	++	++	+	–
Solar power	++	+	–	–
Wind power	+	+	+	++
Biomass energy	+	+	+	++
Geothermal energy				
– high temp. natural	–	+	++	+
– post-mining	–	++	+	–
– low temp. heat pump	++	+	–	–
Other energy sources				
– heat tank	+	+	+	++

Sustainable development is defined in the report “Our Common Future” in 1987 by the UN Commission as a process intended to meet the development aspirations of the present generation with maintaining the possibility to meet the same aspirations of future generations [WCED, 1987]. It is still the most popular definition, but also the most difficult to operationalize, due to the high degree of generality.

Regardless of the various difficulties are attempts to implement the idea of sustainable development at different spatial scales, including, and perhaps even primarily, on the scale of the city, exactly there where the development seems to be most needed. Cities are in fact those places in the world, which cumulate not only benefits but also disadvantages associated with the running development process as well as different kinds of conflicts (social, spatial, environmental, etc.). Sustainable development of a particular territorial unit is a process that should be properly planned. It requires the proper transfer of the principles of sustainable development in the conditions occurring in a given area, and then set targets for this development and how to achieve those objectives. Implementation of sustainable development is most often through the development and implementation of the specific conditions set out models of sustainable development of the area. Because sustainable development is entered in the Polish legal acts as a principle to be respected, development planning, both spatial, environmental and socio-economic, of Polish cities, shall be carried out taking into account this particular principle.

Running the economy that is not friendly to the natural environment implies a numerous environmental problems. Although these are all issues identified as "global", but they are often rooted in local or regional scale. Also in these spatial scales are the most noticeable effects occurring in the natural environment changes. These problems are usually the result of technology used or the cumulative effect of bad planning decisions. Rational land use decides to a large extent on the efficiency or effectiveness of the entire settlement system, and thus the possibilities of achieving progress towards sustainable development. Increasing the share of renewable energy in the national fuel-energy balance must not cause additional adverse environmental quality changes. For that reason it is necessary that one should talk not only about potential advantages, but also about RES disadvantages and also take the latter into consideration while planning such technologies' spatial arrangement.

Advantages and disadvantages of renewable energy sources

The use of geothermal energy may impact the function and structure of a given settlement unit depending on the type of employed energy. Low temperature devices supporting central heating systems may be significantly important for low density settlements, particularly for single-family or homestead development. When universally used heat pumps may considerably influence the energy balance of a commune or township. One of the adverse effects of heat pumps is limited possibilities of a building plot's development with a horizontal installation and a reduction of numbers of trees in the vicinity (fig. 1).

In case of high temperature devices can be economically used within a 6-km perimeter of a geothermal reservoir. Geothermal holes are usually localized in poorly urbanized areas. For economic reasons it is most efficient to use the existing exploratory boreholes. Since the capital investment outlays are significant it is necessary to only consider supplies of geothermal energy to large customers, e.g. municipal heat power plants (for towns of at least 10 000 inhabitants), which in turn requires a localization of at least two geothermal holes of appropriate hydrogeological properties in the close vicinity of such a town [Macuda et al., 2001]. The advantage of high temperature devices is that in small centres, groups of villages and small towns the utilization of geothermal energy will make the housing development concentrate round the reservoir and along the heat-pipes. On the other hand a geothermal reservoir situated near a city may make the housing development spread over a more extensive area. In some cases such a geothermal reservoir may generate various functions such as: industrial, recreational, commercial etc., covered in thickening network of housing districts and communication routes [Mazur-Belzyt, Opania, 2009].



Fig. 1. Heat pump with a horizontal installation and reduction of number of trees (author's own study)

Another way of obtaining geothermal energy are post-mining heat tanks in flooded mines. They are often situated in the vicinity of housing estates, for the mining areas in their times were settled over by mine workers. At present, the excavations have been converted into geothermal plants and they have become an additional factor accelerating revitalisation and improvement processes, and increasing the settlement density in the scope of its influence.

As for the advantages and disadvantages of obtaining energy from wind power, we can distinguish three situations. First of them are miniturbines installed on buildings (fig. 2), on lampposts (fig. 3, 4), etc. Further development of such devices will lead to their utilization in the way similar to that of photovoltaic panels (e.g. navigation illumination). Provided they are universally employed in cities, where they can amount to an interesting architectural element, it is necessary to set the standards of permissible sizes and the regulations as for the place and range of their use on account of their anticipated troublesomeness due to the noise, visual effects and electric shock hazards, etc.

The second case are singular wind turbines of moderate capacities and sizes, outside-the-power-grid standalone units. Their task is to support individual habitats or distant complexes (e.g. hostels). They do not require introduction of new spatial settlement and environmental rules. It is necessary, however, to remember that even singular wind turbines may constitute a predominant landscape feature (fig. 5).



Fig. 2. Home wind power



Fig. 3. *Turbine Light* - is to be powered with electricity obtained using a wind turbine, which is to use the air movement produced by the moving cars (as well as the natural movement of air) Source: www.elektroda.pl



Fig.4. *Light Blossom* – intelligent LED lamp system combining street lamp with mini turbine and solar panel, adjusts the energy source, depending on weather conditions and passing into standby mode when no one is near
Source: www.lighting.philips.com



Fig. 5. *Landscape predominant of singular wind turbines in Wróbliek Szlachecki*

Source: www.panoramio.com (fot. P.Cisek)

Whereas wind farms generating up to 1000 megawatts of power, occupying the area of up to several dozen sq. km must be connected to the power grid. The localization of such power generating farms requires: an appropriate undeveloped and unforested area because the so-called roughness coefficient conditions the wind power potential. Closeness to the power grid nodes is also important in order to connect the power stations to the power grid with the use of the shortest possible underground power lines in order to minimize transmission losses. So, such a solution is strongly dependent on the infrastructure and development of the land. Such wind farms will require reservation of land plots in the vicinity of the power grid nodes. A severe disadvantage of wind farms is the fact that they seriously devastate natural landscapes. Wind farms shouldn't be located at protected areas and recreational areas (more about it in distant part of the article) [Mazur-Belzyt, Opania, 2009].

Moreover from anxiety about the good of inhabitants it isn't recommended to locate wind turbines in the immediate vicinity of human housing estates. Different countries have different rules. Usually as a protective zone is recognised a distance of 500 metres from the most immediate building development and 300 m from single homesteads. Failure to comply this rule results in a significant increase in wind noise nuisance (fig. 6). Wind turbines should be also in the distance of at least 500 m from composition lines, view lines or beauty spots (fig. 7). Because of the productivity of the wind turbines, distance of minimum 3000 m should separate the windward side from forests and the tower-block housing (fig. 8).

The undisputed potential of the solar energy can be well described with the words of Prof. Pabis: "if one could accumulate all the energy of the fossil fuels of this planet, i.e. the energy of coal, wood, natural gas, petroleum, and then burn it all at 100 efficiency, then the amount of the output energy would equal the solar energy that the sun supplies the earth with in only four days" [Pabis, 1987]. Unfortunately, the acquisition of the energy from the sun is still quite expensive, although it has its significant advantages. Singular solar collectors or photoelectric panels will not interfere with our perception of the urban landscape, however their technical requirements may force changes to the housing development in the urban scale. Although such panels can be integrated into the surface of roofs or walls, but on account of the recommended exposition time for such photovoltaic elevations it may be necessary to keep an appropriate screening distance from other urban development components such as buildings, urban greenery, etc., which in time may make urban development become less crowded. Furthermore, the utilization of solar power de-

vices requires high air transparency, which considerably lowers their efficiency in intensely urbanized and highly polluted areas. The use of flat solar collectors contributing to the building heating systems or utility water heating may be significantly important in low-density housing (single-family or homestead development) and influence the local energy balance when it is universally applied (fig. 9).



Fig. 6. Example of wind turbines located too close to residential houses, Margonin
Source: www.polskaniezwykla.pl

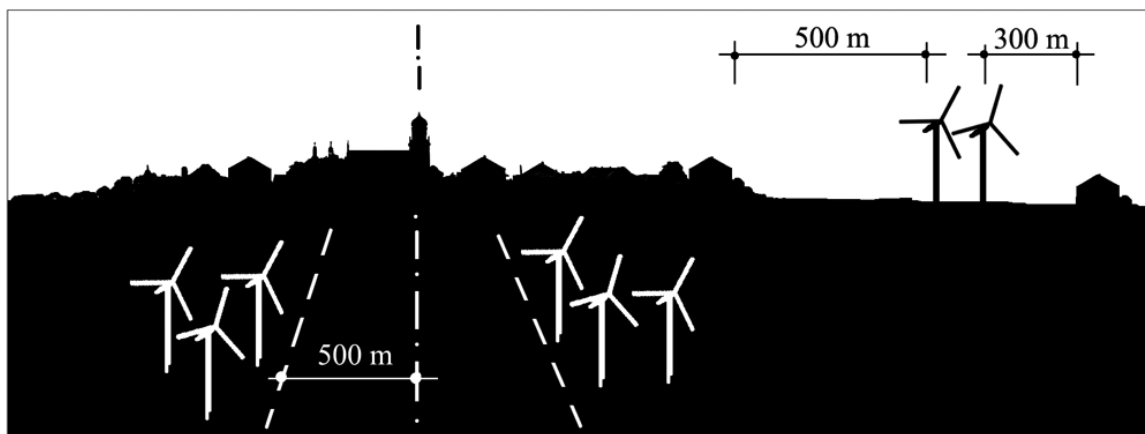


Fig. 7. Recommended protective zones for wind turbines (author's own study)

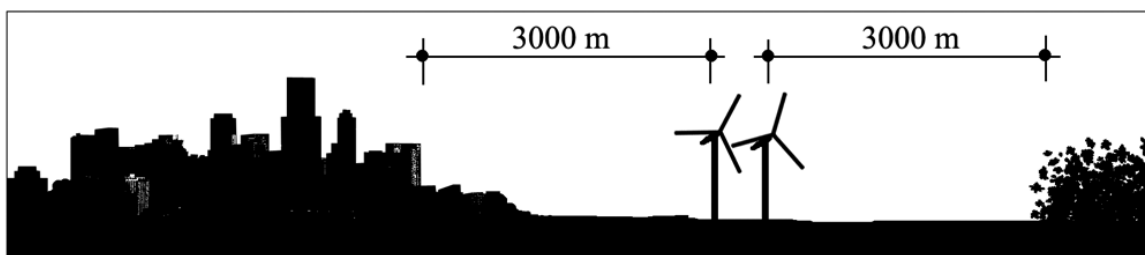


Fig. 8. Recommended protective zones for wind turbines (author's own study)



Fig. 9. *Solar roofs of low-density housing*
Source: www.solarpanelspower.net



Fig. 10. *Solar Park Lieberose, Germany*
Source: www.elektroda.pl

All in all it can be said that the solar energy acquisition on a small scale does not come with negative environmental effects except one, which is connected with disposing of the panels containing heavy metals [Mazur-Belzyt, Opania, 2009]. Otherwise, the situation looks for large solar parks, dealing with several hundred hectares (one of the largest in Spain and Germany). And though often arise in areas contaminated, barren, post-military, etc, unfortunately create an ecological desert (fig. 10).

The location of the hydroelectric power results from both hydrological conditions and the size of the planned investment. Large hydro power stations are usually situated outside urban areas, thus it is in an insignificant way that they influence the settlement net structure, whereas small hydro power stations do not require application of amended or irregular spatial planning principles, and their localization in the vicinity of energy customers allows for transmission losses minimization. The undoubted advantage of hydro power stations is also the fact that they produce neither sewage or exhaust gases, nor other pollutants; also water retention is an additional advantage which offers a possibility to regulate the local water conditions and add to the local flood control. An artificial reservoir may as well constitute an interesting landscape component.

Apart from the aforementioned advantages, hydro power stations also have disadvantages, such as hindering fish spawning migrations and fish fry development, reducing bird breeding sites through elevating the river water level and natural river bank erosion, and dying of reservoir water life as a result of silting and oxygen reduction in the water [Bochentyn, Riegel, 2006].

In connection with the type of biomass used and the technology of energy acquisition there can be singled out three kinds of installations: biogas, solid biomass and biomethane. Biogas installations processing waste dump gas, sludge gas and dung gas (animal waste) according to the accessibility of raw material, the devices and amounts of acquired energy are of local significance and they will not influence the settlement development, nor the environment, nor have any influence on the cities structure or urban development. As regards solid biomass installations using mainly wood- and straw-fired boilers for direct burning are of local significance (local boilers) or they are used professionally (wood-fired boilers), and they have no influence on the land use planning. Different situation occurs with biomethane installations requiring extensive arable land areas for production of fermenting plants – in other words raw material acquisition is extensive. Optimally, fermentation substrates should be transported from a distance of about 5km (the maximum transport distance should not exceed 15 to 20 km). A biogas installation farm is on average from 3 to 5 times larger than a typical farm, and the amount of electrical energy and gas generated often exceed the local needs, in such a case a bio electric power or biogas power plant should have a connection with the power grid or with a gas pipeline distribution network in order to dispose of a potential power surplus [Koch, 2007].

An undisturbed and economical utilization of such an installation requires appropriate undeveloped areas, which should be included in the spatial development plan. Introducing energy crops (e.g. rape or willow) allows for utilization of poor soils, wasteland, and contaminated soils. It is recommended that biomass crops should be introduced to at least 10-ha areas, because only such sizes render the utilization of the machinery and equipment economical. Approximately 17-18% of Poland's territory is in one way or another contaminated because of industrial, transport, power industry or agricultural factors. In effects such soils feature exceeded levels of acidity, salinity and alkalization, and water contamination, which renders production of high quality healthy food impossible whereas is still a good basis for obtaining renewable energy [Mazur-Belzyt, Opania, 2009].

Energy crops arable land planning requires thorough biological and landscape analyses in order to avoid unfavourable effects amounting to: monocultures, landscape monotony, reduction of biodiversity, as well as violation of protected natural areas. However, those are not all of the aspects to be considered carefully planning energy crops areas. Research results demonstrate that although 1ha can produce about 5,000 m³ of biomethane, i.e. the amount comparable to a yearly demand for [Gasidło et al., 2007]:

- natural gas for 15 people,
- electric power for 7 people,
- heat power for 6 people,
- one should not forget that 1ha can also produce food for three people for one year.

So, in the case of individual cities deprived of extensive areas for food production, introducing biomass crops would mean less food for the city inhabitants. In conclusion, it is necessary to carry out thorough analyses preceding a potential decision to introduce renewable energy acquisition solutions, especially should spatial factors be of any significance.

Last but not least important aspect of the use of RES in the context of sustainable development is the protection of natural environment. The system of protected areas in a country consists of large areas, very often related to urban spaces and important to spatial development planning, conserved in the forms of: national parks, natural reserves, landscape parks and protected landscape areas (Environmental Protection, 2006). Moreover, Poland, like many other countries, is included in numerous international programmes aiming at harmonization of conservation and economic objectives, as well as protection of cultural heritage connected with specific natural formations. Considering the possibilities of putting such protected areas to renewable energy sources use, the following factors should not be overlooked [Gasidło et al., 2009]:

- protected areas (national parks together with their protection zones, natural reserves), should be excluded from the possibilities of water, wind, solar, geothermal and biomass energy acquisition,
- in the territory of landscape parks (together with existing protection zones) and in the protected landscape areas, where arable land and woodland and other land situated within those protected areas are left for economic use, it is possible to acquire forest and farming crops for the purpose of energy production, as well as to acquire solar, geothermal and wind energy on the local scale, without jeopardizing the local flora and fauna and the quality of the landscape and for the human recreational purposes. The possibilities of acquisition of the aforementioned types of energy should be registered, in accordance with the Law on environmental protection, in the statutory natural areas protection plans,
- the areas under the Nature 2000 Programme (wherever they do not coincide with other forms of natural protection) should be excluded from the possibilities of RES acquisition on the regional scale. In those areas, both existing and planned, investment possibilities are limited. It is allowable however to invest there in case there are no alternative solutions, wherever such investments are in public interest, on condition that ecological compensation is provided,
- both in the areas of the Nature 2000 Programme, where economic, farming, husbandry, game management or fishing activities are permitted, provided they do not violate the existing prohibitions, and in the areas of the National Ecological Network ECONET-PL (depending on individual conditions of ecological nodes and corridors), it is allowable to acquire biomass energy. What should, however, be considered is the necessity (in some cases) of preserving the existing structure and traditional management methods, and of protecting valuable natural (mosaics of natural and anthropogenic ecosystems) and cultural landscapes. This approach excludes utilization of extensive arable land for energy acquisition purposes (which promotes landscape unification), or large-scale acquisition of wood waste.

Summary

The distribution of the RES potential is far from being even, individual regions of the Poland demonstrate relatively better conditions for development of specific renewable energy categories. The priorities of the comprehensively understood sustainable development should include not only energy safety guarantees and meeting the provisions of RES-related international treaties, but also, not less importantly, selecting the most advantageous renewable energy categories for given areas and limiting its adverse environmental, landscape and social impact.

Renewable energy has many enthusiasts, who would like to maximize its potential. The overall idea is justified but must also be asked whether, in any case this is in accordance with the principles of sustainable development and what can we lose, gaining "green" energy.

Reference:

- [1] Bochentyn A., Riegel B. 2006. www.agroenergetyka.pl
- [2] Gasidło K., Popczyk J., Kossak-Jagodzińska A., Kucharczyk P., Mazur-Belzyt K., Opania Sz., Pancewicz A., Schmiegel Z. 2007. *Obszary metropolitalne i wielkie miasta a problem rozwoju i wykorzystania odnawialnych źródeł energii*. Recommendations for the Conception of Spatial Development of the Country. Warsaw.
- [3] Gasidło K., Kossak-Jagodzińska A., Mazur-Belzyt K., Opania Sz., Pancewicz A. 2009. *Wpływ odnawialnych źródeł energii na kształtowanie systemu przyrodniczego obszarów metropolitalnych* [w:] System przyrodniczy w zarządzaniu rozwojem obszarów metropolitalnych, Markowski T. i Drzazga D. (red.), Studia KPZK PAN, TOM CXXIII, Warsaw
- [4] GUS. 2006. *Environmental Protection. Information and statistical data*. Warsaw.
- [5] GUS. 2010. *Renewable Sources Energy*. Warsaw
- [6] Koch R. 2007. *Energieautarkter Bezirk Guessing, Guessing*
- [7] Macuda J., Nagy St., Siemek J., Zawisza L. 2001. *Wykorzystanie odwiertów przeznaczonych do likwidacji do celów geotermalnych* [w:] Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku – materiały konferencyjne, Warsaw
- [8] Mazur-Belzyt K., Opania Sz. 2009. *Wykorzystanie OZE na terenach zurbanizowanych*. Nowa Energia nr 4(10)/2009
- [9] Pabis J. 1987. *Kolektory słoneczne uzupełniające źródło energii w rolnictwie*. IBMER. Warsaw
- [10] *Renewable Energy Development Strategy*. 2000. Ministry of Environment. Warsaw
- [11] WCED. 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press. Oxford

Janusz PALA

Cities: their evolution and environment

The origin, emergence and evolution of cities

Domestication of plants and animals freed the primitive man from searching for food in vast areas, while domestication of fire initiated the civilisation development of man. After some 12,000 years, these processes have contributed to the emergence of our contemporary overpopulated cities. From the standpoint of natural mechanisms of functioning of nature, limitless expansion of cities is regarded as a pathological phenomenon. Barnier, a French scholar, discerns five stages of city development leading to a "cancer of great agglomeration." Phase one is about exchange of people and products between the town (urban area) and the rural area. The town/city is an administrative, trading, crafts and industrial hub whilst the village's business is producing foodstuffs, dealing with crafts and local market. Phase two is when the town/city and the village gets industrialised; the people tend to escape from the latter to the former whilst the town's/city's peripheries become industrialised. Traditional forms of farming or agricultural production are fading in the rural area, as it is shifting into industrial methods. From that moment onward, the process of financial and energy-related subsidising of various links related to the functioning of both the urban and rural area is started.

Systematic increase in the share of anthropic factors has enabled rich countries to periodically maintain a balance in the functioning of their urban and rural areas; in poor countries, this same driver contributes to a deepening crisis. This manifests itself in leaving the centres by local people, in a decline of industrial zones surrounding them, and in a crisis of industrialised farming production and shortages of food. Resulting from increasing outlays, phase four sees artificial balance sustained in great cities of wealthy countries, while cities of poor countries tend to suffer a deepening unbalance. Characteristic of this stage is an excessive and anarchic development of such cities – a trend that results in their getting surrounded with expanding neglected districts. These processes are accompanied by emptying of villages and ultimate disorganisation of the traditional sector. This process is crowned by the fifth phase where development of cities is retarded in rich countries whilst poor countries see a progressing destruction of the unmanageable 'cancerous great cities'. In cities and villages, unhealthy living conditions tend to deepen, the rural population decreases, arable lands get degraded, alongside other manifestations of self-destruction (cf. Barnier, *An Atlas of Great Threats* [Polish edition: 1995]).

Town-planners are of opinion that further uncontrolled development of cities may contribute to complete transport congestion, disturbed supplies of foods, deteriorated quality of the air and shortage of potable water. The carbon debt – i.e. natural resources consumed for manufacture of products indispensable for sustaining the functioning of urban communities – is to be growing steadily. Megacities tend already now to contribute to a fivefold larger carbon footprint than smaller cities or towns, as people inhabiting them generate more waste, throw away more energy and consume more goods.

In order to satisfy the needs of mega-city dwellers around 2050, the mankind would have to have at its disposal threefold the resources of the globe – not merely owing to a greater number of people but mainly resulting from the need to transport nourishments from increasingly distant places. At present, this distance is a few dozen kilometres whilst in the future it is expected to grow to some 500 km.

The problem is partly solvable by cultivation of plants on tower-building roofs. Roof gardens in New York City or Fukuoka in Japan have already become yielding vegetables. It has been calculated that in Singapore, 360 buildings equipped with roofs transformed into eco-farms will be capable of alimending the whole mega-city of the future. Aeroponic cultivation has enabled reduction in the carbon-dioxide emissions and water consumption by 23%. This particular technology will enable a single 49-storied building to produce as much food as a 700-hectare ordinary farm can yield (cf. Jamkowski: 2008).

November 2011 saw the world's population exceed seven billion. The development of sciences and economic progress have prevented Thomas Malthus's forecasts as to stabilisation of the population's size resulting from famine, epidemics and armed conflicts from coming true. The development of agriculture enabling to deliver increasing quantities of food, progress of medicine, and restricted armed conflicts since World War 2 ended, has caused the global population growing almost in a geometric progress.

In the year 1800, towns and cities were populated by a mere 3% of the global population; today, the rate is in excess of 50%, Latin American countries seeing it at 70%. As the global climate is being subject to change, a growing number of "ecological refugees" tend to migrate to the cities – with ca. 50 million of such refugees estimated for 2010 alone.

The process of migration of people from rural to urban areas and, in the recent years, from cities to their peripheries, is observable in Poland as well. Between 1952 and 2009, a total of 13,645,300 people flew from rural areas into towns and cities. Starting from 2001, the migration direction started changing gradually – as testified to by 250,700 people having migrated from cities to villages between 2001 and 2008 alone.

All these processes contribute to emergence of a growing number of megacities. An encyclopaedic definition has it that a mega-city is a settlement unit numbering in excess of 10 million inhabitants, with a population density of above 2,000 people per 1 square kilometre. A megacity can be formed of one, two or more metropolitan areas combined. Megacities are sometimes referred to as megapolises or megalopolises (Greek *megalo* – grand, *polis* – city). The name megalopolis colloquially describes two or more agglomerations linked functionally and transport-wise. An example of megalopolis in the United States is the East Coast area of 146,000 sq. km, populated by 45 million of people and spanning across the cities of Boston, Hartford, N.Y.C., Philadelphia, Baltimore and Washington D.C.

Most mega-cities are located in Asia; these include:

- Mumbai in India, with its 33 million people;
- Shanghai in China – 27 Mio.;
- Karachi in Pakistan – 26.5 Mio.;
- Dhaka in Bangladesh – 26 Mio.;
- Jakarta in Indonesia – 24.5 Mio.

The urban conglomeration Tokyo-Yokohama, forming the most densely populated area worldwide, is home to 36.7 million.

In Europe, megacities include Moscow – with its 14.8 million inhabitants, London – 12.5 Mio. and Paris – 10.2 Mio.

The twentieth century saw the number of urban-area population grow more than tenfold, to 2.8 billion up from 250 million. It is estimated that by 2050, circa nine billion of people will have populated cities the world over.

Forecasts have it that the number of world population will stop increasing in the latter half of the present century, which should imply its lessened inflows into cities. Nonetheless, the Earth's surface is sufficient enough to house a manifold larger number of people than the present one. It has been found, for instance, that if the population density across the world be increased to the N.Y.C. level, the entire world's population would be confined within the limits of the U.S. state of Texas. Should the forecast be fulfilled and the world population has grown by 2045 to nine billion across six continents, the overall population

density would grow just by a half relative to the present rate for France. In 2008, 50% of the world's population lived in towns or cities occupying a mere 3% of the Earth's territory.

Functions of cities

Discussions on functions of cities emphasise that cities "concentrate, accelerate and diversify social and economic activity. Dwellers of urban areas are more creative and can perceive more opportunities for economic development. More can be done at a lesser cost in cities indeed. Cities tend to «propel» innovation, force diversification, and intensify social and economic dynamism of the people, as living together with other people enables one to learn about various concepts on an ongoing basis, which in turn extremely fosters creativity and ability to solve even the most complex problems." Historically, towns/cities have been the hubs that have contributed to development of civilisation – and have not ceased stimulating this development. Beside this, cities are intellectually stimulating and are centres of science and culture. They enable exchange of thoughts and experiences, act as educational centres, organise scientific and scholarly exchange countrywide and internationally, shape the intelligentsia as a society's leading layer. Cultural functions of cities are so numerous and many-sided that it would be hard to enumerate all of them (cf. Bettencourt & West: 2011).

Large groups of people concentrated within a small area stimulate economic development. Accessibility of inexpensive workforce in cities provides a stimulus for development of enterprises. Here are some examples: circa 10% of the population residing in Bangkok provide 80% of Thailand's national income.

One-thousandth of the territory of Mexico is where 30% of the country's industry, 50% services and 70% bank deposits are concentrated. In per-inhabitant terms, large cities produce on average more goods and are the source of more inventions than smaller cities or towns. As population grows, salaries and number of patents reported grow at even a faster pace. Thus, urbanisation contributes to the country's economic development and increased wealth, and welfare of its people. The mean income in an urbanised society outgrows fivefold the income in agriculture-based countries. "Dynamic flow of information in the urban environment propels economic development, particularly innovativeness, and facilitates medical care. It goes as far as changing the way one's time is managed. The greatest gift a human has, which is ability to share knowledge, cooperation and capability of solving complex problems owing to collective intelligence, can only be made use of in an urban environment" (Glaeser: 2011).

A specific feature of great Asian agglomerations is their extensive *grey zone*: Slums, favelas and jhopadpatis is a nursery of... innovativeness. Some 800–900 million people live in places like these worldwide. Fought by governments and deprived of the elementary infrastructure, these places have become and incubator of innovativeness and entrepreneurship. It might be so that these "illegal" communities will have the key say on the future shape of the world. Business activities are pursued there without a licence or registration and are not covered by the official employment statistics. Slowly, this zone is becoming a standard across continents. More than a half of professionally active people, i.e. some 1.8 billion work illegally. According to OECD estimations, a 'grey zone' will be the site of employment for two-thirds of world workforce by 2020. Over the coming fifteen years, almost a half of international economic growth will have been to the credit of ca. 400 big cities of emerging economies. Provisional street fairs and illegally built housing estates, characteristic as they are to developing countries, will define the structure of cities. This vision makes public officials and civil servants disturbed. Economic development in most developing countries is the propellant for grey-zone activities which offer 1.8 billion workplaces at present (Neuwirth: 2011).

Many a decision-maker would associate grey zone with criminal activities, the result being "... their tendency for establishing a severe division between the legal and the ille-

gal, the productive and the non-productive, good and bad." This leads to simplified solutions. Most of those employed with a grey zone is street vendors, artisans and construction workers. Alfonso Morales, professor of town-planning with University of Wisconsin-Madison suggests that communes the world over issue permits for street vending. Having paid a fee, those who have purchased their permit would be exempt from any other tax whatsoever. Appropriate sanitary regulations would be binding for foodstuffs sellers. As Professor Morales emphasises, "We have to shift from a thinking in terms of enforcing the law into one based on the motto: 'Let's bake a larger cake so as many others as possible could help themselves to a bite'" (Neuwirth, op. cit., p. 49).

The above idea is shared by Martha Chen, a lecturer at the John F. Kennedy School of Government, Harvard University, who emphasises that: "We have to develop models which would enable a street vendor to function alongside retail outlets and large malls. Informal economy is part of the puzzle, rather than a problem in its own right. Street vendors, waste collectors, marketplace saleswomen do support economy and development of cities. We have to think how to manage a city in order to find a place for them and to make that activity more productive and reasonable" (Neuwirth: 2011).

Sustainable-development cities

As per the definition proposed by H. Rogall, "sustainable development means striving to ensure to all the presently living people as well as to future generations sufficiently high ecological, economic and social-cultural standards within the limits of nature's tolerance, resulting from bringing into effect the rule intra-generational and intergenerational justice" (Rogall: 2010). This postulate proves compliant with the primary principle of democracy whereby people are granted uniform rights to everything, welfare and prosperity included. Although welfare/prosperity is hard to define as a notion, it is common opinion that societies of highly industrialised countries enjoy welfare and prosperity. Ensuring a comparable standard of living to all the societies living on our planet would however require resources amounting to a 5.5-fold multiplication of those available on this globe. To implement the sustained development postulate, the welfare of all the Earth's population would have to be lowered, or the population itself reduced radically. As a result, the sustainable development postulate seems purely theoretical – unless egoism ceases some day to be the decisive driver of for human behaviour.

Continuation of our contemporary economic trends leads to self-annihilation of mankind. The self-annihilation starts from deforestation, as forested areas is the most efficient climate stabilising factor and the one that protects the most valuable natural resources – i.e. water and soil. Trees amass within their tissues enormous amounts of water which they evaporate in a hot season, thus beneficially stimulating the climate. Forests suck water in, attracting vast resources of steam from seas and oceans to the air above the continents. This function enables them to stimulate precipitation. A soil depleted of plants and dried becomes an easy target for eolic and water erosion. Presently, millions of hectares of fertile soil get each year eluted by pouring rains into seas and oceans and blown out by winds with which they are transported sometimes as far as to the other continents.

The scale of these processes is testified to, for instance, by observations made by aircraft pilots making the route Beijing – San Francisco, as they have to go round vast areas of Chinese soils hovering along the airline routes. Hence, the ideas linking extermination of forests with destruction of soils, and destruction of soils with annihilation of mankind, are quite right. This idea has been confirmed by the fate faced by several ancient civilisations. A recovery of one-centimetre-thick layer of soil takes circa 1,000 years under natural conditions and with use of ecological farming, some 300 years. It is erroneous to claim that soils can be replaced by intensive farming, characteristic of which is application of high doses of mineral fertilisers and crop protection chemicals. Such fertilisers deepen and intensify the degradation of soils as a result of their salinity. This process is stimulated by

hydration of crops. For all these reasons, intensive farming is a short-sighted variant of agriculture, which will on the longer run cause even severer difficulties in providing the mankind and great cities' populations with aliments.

Taking into account the situation shared by humanity, in his foreword to H. Rogall's book *Ökonomie der Nachhaltigkeit* ["The Economics of Sustainability"], Ernst Ulrich von Weizsäcker finds that *we are standing at a fork in the roads leading to a «sustainable development epoch» or to a «period of global wars for the climate and resources.» A change in the situation mankind shared now by the mankind will be possible when we become directed by the sustainable development rule across the domains of life* (op. cit.).

In contrast to a typical city, a sustainable-development city takes account of the influence it bears on the environment. Minimum consumption of energy, water and food governs there as the principle, along with minimum amounts of waste transferred to the environment, which is also true for thermal energy. The air is to be polluted by CO₂, methane and other gases to a minimum extent. To reach this goal, arable land resources are efficiently made use of, organic waste composted and inorganic waste managed/utilised, possibly by getting processed into energy. To organise and run cities of this sort, removal of the existing sources of pollution and contamination is required in the first place.

Specificity of large cities' natural environment

The environment is composed of interlinked sets of factors, including the air (atmosphere), water (hydrosphere), the Earth's surface (lithosphere) and living organisms (biosphere). The contaminations appearing in the environment are physical, chemical and biological. Resulting from the environment's saturation with factors and drivers having to do with development of societies, threats to health posed by all these three types of pollution/contamination are increasing. How noxious to the health certain types of pollution/contamination can be is described below.

Electromagnetic fields

Electromagnetic fields (microwave "radiation") are one of the widest disseminated physical factors threatening the health of large city dwellers. They are emitted by high-voltage grids of the underground, tramway and trolleybus networks, radio sets and towers, television sets. Such emissions tend to only to be associated with cellular telephony; however, the fact is that they appear out of any electricity-powered appliance or device. The aggregated intensity of electromagnetic fields exceeds the natural electromagnetic field of the Earth.

The influence an electromagnetic field exerts on human organism is dependent on its strength and frequency. High-frequency fields lead to an ionising effect. Strong fields with frequencies of up to 10 MHz induce electric currents in human organism which flow down the body's surface into the earth, with a small portion flowing through the organism's interior, finally getting earthened. Fields whose frequencies exceed 10 MHz are absorbed by the organism after they got transformed within it into thermal energy. The rate measuring this absorption is described as Specific Absorption Rate (SAR), expressed in watts per body weight unit (in kilograms); this rate characterises e.g. cellular/mobile telephones.

It has been found that an appliance whose SAR equals 4 W/kg, having impacted an organism for 30 minutes, would increase its temperature by ca. 1° C. If exceeded, this value may cause an increase in irreversible destruction of cells and tissues resulting from an altered construction of their DNA. Non-ionising electromagnetic fields, if powerful enough, are detrimental to the organism. Long-lasting activity of electromagnetic fields exerts an adverse impact on the central nervous system – deteriorating the memory, distorting attention and even leading to a necrosis of cerebral cells. Accumulating undetectable destructions may become apparent at a much later moment, manifesting themselves as cancerous pathologies. Very sensitive to electromagnetic fields are the hormonal systems and the reproductive system. Around 10–15% of the human population proves to be over-

sensitive to electromagnetic fields, the proportion seeing a dramatic growth nowadays. It is therefore recommended that owing to their very close contact with the head, the SAR for cellular phone not be in excess of 2 W/kg.

In West-European countries, physicians have pointed out to a malaise occurring with patients using Wi-Fi wireless networks. In parallel, the World Health Organisation (WHO) has informed that according to a recent widely-launched research, electromagnetic fields generated by cell phones exert an adverse impact on human health. Based on the investigation, these devices have been classed as a 2B threat, i.e. potentially cancerigenic. Consequently, WHO recommends that use of cellular telephony networks be limited to a minimum, particularly among pregnant women and those with debilitated immune system. For instance, wireless internet facilities have been removed from schools in England, and from the historical centre of Salzburg in Austria (cf. Kudryavceva: 2011).

Observations conducted on a Danish population of 420,000 cell phone users for about twenty years have found no material changes in the humans' health. Nonetheless, whenever using a mobile, the user ought to do their best to limit the exposure to electromagnetic fields. This is achievable through holding the set at a possibly far distance from the head, as the field weakens twice with the square of the distance. Use of a headset or hands-free is also recommendable. While taking on a cell phone for a longer time, the set ought to be moved from the one side of the head to the other, thus preventing an increase in the temperature of either side. Having dialled the number, the user should wait till s/he is connected and place the phone against the ear afterwards.

As the effects of long-lasting stay in the electromagnetic chaos which surrounds us are virtually unpredictable, a far-reaching caution is recommended in use of any appliances emitting electromagnetic field. Therefore, the white goods and home electronics ought to be placed remotely from the places we stay in for a long time. Any mobile phone should not be used for more than 1 minute at a time, the ideal solution being use of earphones. Appliance chargers, Wi-Fi emitters and the like ought to be placed/kept where users tend to appear rarely, e.g. in the antechamber; the more powerful the equipment we use, such as e.g. kettle or vacuum-cleaner, the more aggressive the electromagnetic field it generates. When using electric appliances, it should be borne in mind that electromagnetic fields they generate are very harmful (cf. Kudryavceva, op. cit.).

Chemical pollutions/contaminations

Air pollution refers to any substance that resultant from natural events or human activity change the typical chemical composition of the air. In great urban agglomerations, the air can be polluted with a thousand of various components assuming gaseous, liquid or solid form. The following substances harmful to human health tend most of the time to appear in the urban air: sulphur dioxide (SO_2), nitrogen oxides (N_xO_x), carbon oxide (CO), carbon dioxide (CO_2), ozone (O_3), coal dusts, lead dusts and other metal dusts.

SO_2 and CO are mainly emitted by engines of motor vehicles; N_xO_x appear as products of incineration or combustion at furnaces or combustion engines; NO_2 is generated in the air as a result of oxidisation of NO_x , whilst hydrocarbons are mainly emitted from cars' combustion engines and by crude-oil processing industry; soot and fine dust are products of incomplete combustion.

Sulphur dioxide (SO_2)

Is a colourless gas that easily enters into reactions, itself being generated from combustion of fuels containing sulphur (e.g. coal, crude oil), in the process of metal smelting and other industrial processes. The most abundant source of sulphur oxides is combined heat-and-power plants, boiler stations, oil refineries, steel-plants, iron and steel-works. The highest concentrations of SO_2 appear in the vicinities of large incineration plants.

The substance in question contributes to destruction of buildings, forests, fertile soils, and human health.

SO₂ has an irritating effect on the eyes, mucosa and skin. In a concentration of 0.3 to 1.0 ppm, it is detectable to the smell of most humans. There is a detected dependence between the SO₂ concentration in the air and the morbidity and mortality rates in humans, mainly due to bronchial catarrh, bronchial asthma and emphysema. Chronic intoxications manifest themselves in the form of rhinitis and/or tracheal catarrh, taste distortions, dyspnoea (breathlessness) on exertion, weariness and fatigue.

Breathing in an air containing SO₂ leads to mucosal inflammation (from congestion/plethora to necrosis), paralysis of mucosal cilia, altered activity of certain lysosomal enzymes, excessive secretion of mucus in the respiratory tracts, contraction of bronchial veins and disturbed bronchial circulation, systemic blood-circulation problems, decreased blood pressure, weakened heart contractility. Intoxication with SO₂ also manifests itself in defects of metabolism and morphological changes in the liver, heart muscle, the kidneys and the brain (cf. Lisiewicz: 1988).

A short-timed exposure to SO₂, lasting five minutes to 24 hours, deteriorates the functions of the respiratory system, manifesting itself in bronchitis and asthma symptoms. These effects are particularly dangerous to asthmatics under conditions enforcing intense respiration, as e.g. when making physical exercise. Increased concentration of SO₂ in the atmospheric air always causes increased frequency of hospitalisation rates, particularly for children, the elderly and asthmatics. In the atmosphere, CO₂ reacts with other compounds, causing generation of fine particles which penetrate deep down into sensitive areas of the lungs, thus contributing to deterioration of the existing pathological status or to emergence of the respiratory system illnesses, e.g. emphysema or bronchitis. The process's final effect is early death. Acid rain is caused by reaction of SO₂ with SO_x and water vapour (steam).

Carbon oxide (CO) [referred to colloquially in Polish as *czad* – “burning stench”]

Is a colourless and odourless toxic gas generated resulting from incomplete combustion of hydrocarbon fuels. It is emitted directly from car exhaust pipes, particularly at the moment the engine is started – as air inflow is restricted, the engine not ideally adjusted, as well as on very high-located areas where the air is “diluted”, i.e. comprises less oxygen than on a lowland. CO penetrates into the blood-circulation system through the lungs, contributing to occurrence of carboxyhaemoglobin – a compound that hinders the blood's ability to transport oxygen to the body's organs and tissues. Particularly prone to CO's toxic action are cardiac people who when practising physical exercises may sense pain in their breasts. Special sensitivity to CO appears with babies, the elderly and those suffering from respiratory-system-affecting problems. In healthy people, CO affects physical fitness, sight, manual functions, as well as ability to learn and to solve complex problems.

Nitrogen oxides

Air pollution with nitrogen oxides is also dangerous to human health. These substances are detectable by human organism at concentrations starting from 230 mg/m³. Carbon dioxide (NO₂) concentration of 5.6 to 7.5 mg/m³ disturbs breathing whilst a longer-lasting exposure to this gas may tend to cause methaemoglobinaemia. Chronic intoxications with nitrogen trioxide (NO₃) appear in the form of bronchiolitis; other symptoms include irritated conjunctivae, inflammations and ulceration of the mouth cavity, damaged enamel and dentine, decreased blood pressure, decelerated heartbeat. Acute intoxication is manifested by pathologies in the circulation and respiratory systems and in the blood, and may lead to death under shock of the respiratory and circulatory action. Two stages are discernible to such pathologies: the first is irritation of the mucosa and severe cough, and the second

sees acute breathlessness, aching muscles while breathing, cyanosis and circulation disturbance. Pulmonary oedema may also occur. These symptoms appear within a few to 48 hours of exposure to a NO_x .

Air polluted with dusts

The air in big cities is polluted with dusts which are quite frequently characterised by very high toxicity. "Dusts are aerosols whose disseminated phase is formed by solid grains, diameter 0.1–100 μm , their dispersion centre being the air." Another definition describes dust as solid particles suspended in the air, 0.0001 to 0.1 mm in size. Depending on the size, thick, fine and colloidal dusts are discerned. Thick dust is formed of 0.01 to 0.1 mm particles; fine dust is of the size of 0.0005 to 0.01 mm; colloidal/aerosol dust has particles whose size is 0.0001 to 0.0005 mm (cf. Zaniewicz: 1997).

Dusts exert their impact on the human organism via the skin, the respiratory system and the alimentary system. Dusts penetrating into the organism through the respiratory system are the most dangerous type. Their harmfulness depends upon the type of chemical element, size and shape of particles, concentration in the air, effect-exerting time and sensitivity of the exposed individual. Dusts irritate the mucosa of eye conjunctivae and upper respiratory tracts. Their long-lasting activity may destroy the mucous membrane of the respiratory system, which facilitates its infection. Fine dusts penetrate into the bronchi and the bronchiole; those whose diameter is less than 5 μm reach as far as the pulmonary alveoli. The pathologies they cause contribute to a compression of blood vessels, hindering blood circulation in the lungs and deepening pulmonary and cardiac failure. Contamination of the air with metal dusts exerts an adverse impact on human organism: the higher the volume of dust(s) in the air and the more toxic they are, the severer the impact.

Long-lasting inhalation of dusts contributes to development of three pathological complexes: dust diseases/coniosis – i.e. fibrous pulmonary pathologies; respiratory tract infections/catarrhs; pneumonia and allergic syndromes caused by e.g. cement, boron, iron and gypsum dusts; and, cancerous afflictions.

In Polish cities, the air is polluted with dusts of metals such as lead, zinc, cadmium, copper, iron, strontium, magnesium, cobalt, mercury and others (Lisiewicz: 1988). The threat posed to an organism by dusts is directly proportional to their quantity and size. Dusts of diameter less than 10 μm prove to be the most dangerous as they can penetrate deep down into the lungs or even to the circulatory system. Exposure to dusts of this sort may cause intensifying breathing difficulties resulting from irritation of the respiratory tracts and cough, or even cause damage to the lungs and the heart. Tiny particles appearing close to roads and industrial plants and are can be inhaled by the organism are of 2.5 to 10 μm in diameter. Smoke and mist particles (aerosol dust) are of diameter 2.5 μm or less each.

Dusts can also restrict the function of lungs, render asthma severer, foster the development of chronic bronchitis, cause heart arrhythmia and heart attacks not leading to death, cause early death in people suffering from heart and lungs diseases. Cardiac and pulmonary patients, children and the elderly are those most exposed to noxious action of dusts. Adverse influence of environment dusting can be sensed even by completely sound people.

Wind transfers dusts at long distances and they settle on the ground and water surface. Acidification of soil and water and altered balance of nutrients in the soil is the result, along with damaged forests and plant crops, reduced biodiversity of ecosystems, and damaged stony architectural elements.

Lead dusts (Pb)

Lead durably contaminates the environment of large cities, and areas remote from them too. It gets released from effluents and sewage, ores, and other sources. Resulting from air pollution, lead gets deposited in the soil and sediments. It penetrates to the or-

ganism from the air, with drinkable water, contaminated foodstuffs and soil dusts. Having penetrated into the organism, it becomes distributed inside it by the blood and is deposited in the bones. Conditional upon its quantity, it adversely affects the nervous system, the function of kidneys, the immune system, reproductive system, cardiovascular system and developmental processes. Among the most frequently observed effects of lead poisoning in the world population are nervous system disorders in children and cardiovascular system defects (high blood pressure, heart diseases) in adults. In babies and small children, even a lowest lead concentration may disturb their behavioural features, diminishing the grasp and intelligence coefficient. Lead proves more dangerous to children than to adults as it is children that more often tend to put their fingers and other objects, which may contain lead dusts, in their mouth; a child's body absorbs more lead resulting from more intense growth; their brain and nervous system prove more sensitive to toxic effects of the element in question. In case of late detection of a high concentration of lead in a child's organism, the brain and the nervous system are prone to damage, alongside behavioural problems like hyperactivity and learning difficulties, slowed-down growth, deteriorated hear, headache. In adults, lead may cause perturbations in the functioning of the reproductive system (in males and females alike), high blood pressure, distorted operation of the nervous system, memory disorder and concentration difficulties, muscle and joint aches.

Lead compounds polluting the air contribute in pregnant women to emergence in their children of teratological developments such as cleft palate and cleft lip, decreased weight-at-birth, spontaneous miscarriage, aberration and other pathologies in chromosome structure.

Lead can penetrate into the organism with nutrition, water and inhaled air. Lead tetraethyl penetrates through the skin easily. Ca. 5–10% of the lead that has penetrated into the organism remains in the blood whilst the remainder is distributed in the tissues, depending on their blood supply and affinity to the element. Lead gets first deposited in the liver, lungs, heart and kidneys; then come the skin and muscles. It takes it longest to be deposited in the bones, but it is in the bones that lead would last longest. Lead finds it easy to penetrate through the placenta, which facilitates its deposition in the foetus's organism. It is capable of penetrating into the mother's milk as well. In case of environmental exposure to lead, children form the highest-risk group, as they tend to absorb more lead with the food they consume than adults do.

Reference:

- [1] Barnier M. 1995. *Atlas wielkich zagrożeń*. Wyd. Naukowo-Techn., Warszawa
- [2] Bettencourt Luis M.A., i Geoffrej West, *Więcej za mniej* ["More for less"] (a Polish translation), in: *Świat Nauki*, October 2011, No. 10 (242), pp. 38–39
- [3] Glaeser, E., *Motory postępu* ["The engines of progress"] (a Polish translation), in: *Świat Nauki*, October 2011, No. 10 (242), pp. 36–41
- [4] Jamkowski M. 2008. *Czyste metropolie* ["Clean metropolises"], in: *Newsweek*, 16.11.2008, pp. 61–64
- [5] Kudriawcewa J. 2011. *Kablu wróc* ["Wire, come back!"] (a Polish translation), in: *Forum*, nr 48, 2011, pp. 38–39
- [6] Lisiewicz J. 1988. *Zdrowie człowieka a przemysł* ["Human health and industry"]. Wyd. Ossolineum, Wrocław

- [7] Neuwirth R. *Globalny bazar* ["The global bazaar"] (a Polish translation), in: *Świat Nauki*, October 2011, No. 10 (242), pp. 42–49
- [8] Rogal H. 2010. *Ekonomia zrównoważonego rozwoju. Teoria i praktyka* ["The Economics of sustainability. Theory and practice"]. Wyd. Zys i S-ka, Poznań, pp. 25
- [9] Zaniewicz, H., *Zanieczyszczenia powietrza* ["Air pollutions"], in: Marcinkowski, J.T., ed., *Podstawy higieny* ["The basics of hygiene"], Volumed, Wrocław 1997