

UNIWERSYTET IM. ADAMA MICKIEWICZA

PATRYCJA PRZEWOŻNA

**Analiza czasowo-przestrzenna
ilości odpadów komunalnych
powstających w Poznaniu**

*Praca doktorska napisana
pod kierunkiem:
prof. UAM dr hab. Alfreda STACHA*

Praca powstała w ramach projektu badawczego
o nr 2012/05/N/HS4/00509 sfinansowanego ze środków
Narodowego Centrum Nauki,
realizowanego pod opieką prof. dr Piotra JANKOWSKIEGO

Poznań 2019

W pierwszej kolejności pragnę podziękować za wieloletnią współpracę prof. UAM dr hab. Alfredowi Stachowi.

Gdyby nie zaufanie, którym Pan Profesor obdarzył mnie od samego początku, a także Pana cierpliwość i wsparcie, praca ta najprawdopodobniej nigdy by nie powstała.

Szczególne podziękowania pragnę również złożyć prof. dr Piotrowi Jankowskiemu za nieocenioną pomoc okazaną w trakcie przygotowania niniejszej pracy doktorskiej i przekazaną wiedzę.

Chciałabym również podziękować wszystkim osobom zaangażowanym w jej realizację, a w szczególności studentom, którzy uczestniczyli w pracach terenowych.

Na koniec pragnę podziękować mojemu mężowi oraz moim rodzicom i przyjaciołom za nieustające wsparcie.

Spis treści

Spis rycin	ix
Spis tabel	xvii
Wykaz ważniejszych jednostek i skrótów użytych w pracy	xix
Rozdział 1. STRESZCZENIE	1
Rozdział 2. Wstęp	3
2.1. Problematyka odpadów komunalnych	3
2.1.1. Rys historyczny	3
2.1.2. Gospodarka odpadami komunalnymi współcześnie	7
2.1.3. Zasady postępowania z odpadami komunalnymi w Polsce	11
2.1.4. System zarządzania odpadami komunalnymi w Poznaniu	15
2.1.5. Badania ilościowe i jakościowe odpadów komunalnych na terenie Poznania	17
2.2. Czynniki wpływające na ilość odpadów komunalnych	22
2.3. Prognozowanie ilości wytwarzanych odpadów – przegląd literatury	24
2.3.1. Świat	24
2.3.2. Polska	26
2.4. Wskaźnik nagromadzenia odpadów	27
2.5. Metody pozyskiwania informacji o odpadach	30
Rozdział 3. Problem badawczy: cel, zakres i teren badań	33
3.1. Znaczenie problemu	33
3.2. Cele pracy i hipoteza badawcza	35
3.3. Schemat postępowania badawczego	35
3.4. Teren badań	37
Rozdział 4. Opis metody badawczej	43
4.1. Metodyka podziału Poznania na obszary jednolite pod względem zabudowy	43
4.1.1. Wybór obszarów testowych w obrębie Poznania	46
4.2. Badania ilości odpadów wytwarzanych w gospodarstwach domowych	47
4.2.1. Monitoring ilości odpadów w wybranych gospodarstwach domowych	50
4.2.2. Internetowe badania ankietowe z użyciem interaktywnej mapy (geoankietyzacja)	51
4.3. Badania terenowe objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów	53
4.3.1. Zróżnicowanie przestrzenne w obszarach testowych	54
4.3.2. Zmienność czasowa produkcji odpadów w obszarach testowych	56
4.3.3. Relacja między objętościowym i wagowym wskaźnikiem nagromadzenia odpadów	59

4.4.	Czujniki wykorzystywane do pomiarów wypełnienia pojemników odpadami	59
4.4.1.	Opis techniczny	60
4.4.2.	Testowanie metody pomiarowej	62
Rozdział 5. Dane wykorzystane w analizach		65
5.1.	Dane terenowe	65
5.1.1.	Inwentaryzacja punktów zbiórki	65
5.1.2.	Informacje dotyczące odpadów komunalnych	65
5.2.	Dane pozyskane od organów administracji publicznej	66
5.2.1.	Liczba mieszkańców	66
5.2.2.	Informacje odnośnie zabudowy mieszkaniowej	69
5.3.	Dane dotyczące odpadów komunalnych	69
5.3.1.	Oficjalne raporty – dane dla całego miasta i poszczególnych sektorów	69
5.3.2.	Dane szczegółowe w wybranych punktach zbiórki odpadów	71
5.3.3.	Informacje dotyczące nielegalnych wysypisk odpadów	73
Rozdział 6. Wyniki		75
6.1.	Podział Poznania ze względu na typ zabudowy	75
6.1.1.	Charakterystyka wydzielonych obszarów	76
6.1.2.	Wyznaczone obszary badawcze	81
6.1.3.	Wyniki inwentaryzacji punktów zbiórki	83
6.2.	Badania ilości odpadów wytwarzanych w gospodarstwach domowych	85
6.2.1.	Monitoring ilości odpadów w wybranych gospodarstwach domowych — wyniki	85
6.2.2.	Geoankieta	90
6.3.	Objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów — zmienność czasowa	101
6.3.1.	Zmienność dobową	102
6.3.2.	Przeliczenia i standaryzacja danych ze względu na moment wykonywania pomiarów	107
6.3.3.	Zmienność tygodniowa	109
6.3.4.	Zmienność sezonowa	114
6.4.	Objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów — zróżnicowanie przestrzenne	117
6.4.1.	Wpływ typu zabudowy na zróżnicowanie przestrzenne badanego wskaźnika	121
6.4.2.	Modelowanie przestrzenne objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów	123
6.5.	Objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów — dane uzupełniające	126
6.5.1.	Badania przeprowadzone w Pobiedziskach	127
6.5.2.	Dane pochodzące ze Związku Międzygminnego „Gospodarka Odpadami Aglomeracji Poznańskiej”	129
6.5.3.	Zbiórka odpadów prowadzona przez FBSerwis - analiza szczegółowych danych	135
Rozdział 7. Dyskusja		143
7.1.	Porównanie skuteczności metod zastosowanych w pracy	143
7.1.1.	Ilości odpadów wytwarzanych w zabudowie jednorodzinnej	145
7.1.2.	Zróżnicowanie przestrzenne i zmienność czasowa	149
7.1.3.	Objętość a waga odpadów komunalnych	151
7.1.4.	Porównanie wyników uzyskanych przy wykorzystaniu wszystkich 3 metod badawczych	153

7.2. Wpływ zabudowy mieszkaniowej na ilości wytwarzanych odpadów . . .	155
7.3. Wskazania dotyczące modelowania progностycznego ilość odpadów . . .	160
Rozdział 8. Podsumowanie	165
Bibliografia	169
Dodatek A.	
Badania w gospodarstwach domowych - formularz	177
Dodatek B.	
Treść geoankiety	181
Dodatek C.	
Wyniki geoankiety	185
Dodatek D.	
Zestawienie zmienności dobowej wyrzucania odpadów przez poznaniaków	187
Dodatek E.	
Zróźnicowanie przestrzenne współczynnika OWN	189

Spis rycin

2.1	Obwieszczenie magistratu miasta Krakowa z 1867 roku źródło: http://www.zgkim.zgora.pl/cms/images/pdf_files/C20_Historia_gospodarki_odpadami.pdf (data dostępu: 20.03.2015) . . .	6
2.2	Ilość odpadów wytwarzanych w roku 2012 w poszczególnych państwach wg Banku Światowego (Magazyn Economist, dostęp 1.04.2015 na: http://www.economist.com/blogs/graphicdetail/2012/06/daily-chart-3) .	10
2.3	Podział Poznania na 11 sektorów zbiórki odpadów obowiązujący od 12 marca 2013 r. do 1 stycznia 2018 r. Firmy odpowiedzialne za ich odbiór z poszczególnych sektorów zostały wybrane w sierpniu roku 2014, na mocy przepisów o zamówieniach publicznych	16
2.4	Podział obszaru Poznania na 4 typy zabudowy wykazujące istotny związek z ilością i jakością produkowanych tam odpadów komunalnych, opracowany na podstawie rękopiśmiennej mapy przez Bogajewskiego (2000): typ A – stare kamienice, w dużej mierze zbudowane przed 1945 r., mocno zniszczone, ogrzewane piecami kaflowymi oraz domki jednorodzinne ogrzewane piecami kaflowymi lub C.O. na węgiel lub koks, typ B – zabudowa wielorodzinna zbudowana po 1945 r., zamieszkała przez osoby starsze w wieku emerytalnym, mało rodzin z dziećmi, niski standard mieszkań, często „ślepe” kuchnie o małej powierzchni, typ C – podobna zabudowa jak w przypadku typu B, ale posiadająca zdecydowanie większą powierzchnia mieszkaniową, częściej zamieszkała przez rodziny z małymi dziećmi, typ D – zabudowa wielorodzinna i jednorodzinna, zbudowana po 1985 roku	18
2.5	Wartości <i>WWN</i> odnotowane w okresie lat 2008 – 2013 — porównanie Poznania i Polski opracowane na podstawie danych GUS (Bank Danych Lokalnych)	19
2.6	Skład morfologiczny odpadów zmieszanych powstających w Poznaniu. Porównanie udziału wyróżnionych frakcji w poszczególnych typach zabudowy (JS – jednorodzinna stara, JN – jednorodzinna nowa, WS – wielorodzinna stara, WW – wielorodzinna wysoka), oraz typach gospodarstw domowych (DS – domy studenckie, MS – mieszkania studenckie, MR – mieszkania rodzinne, JP – gospodarstwo w zabudowie jednorodzinnej na terenie Poznania, JA – gospodarstwo w zabudowie jednorodzinnej w aglomeracji poznańskiej) Opracowano na podstawie badań Miejskiego Laboratorium Chemicznego w Warszawie (Mamełka, 2008) oraz wykonanych przez studentów Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM (Szymczak, 2013)	21
3.1	Umieszczenie opisywanego problemu badawczego na tle istniejącej literatury naukowej, dotyczącej ilości i jakości odpadów komunalnych wytwarzanych na obszarach dużych miast	33
3.2	Schemat postępowania badawczego	36

3.3	Struktura wiekowa mieszkańców Poznania według stosowanych przez GUS grup wiekowych — Poznań na tle całego kraju (na podstawie danych GUS dla 2014 r.)	38
3.4	Podział Poznania na jednostki pomocnicze miasta	39
3.5	Przykłady typów zabudowy mieszkaniowej występujące w Poznaniu według Urban Atlas 2006: a) zwarta (gęstość > 80%), b) o dużej gęstości (50% – 80%), c) o średniej gęstości (30% – 50%), d) o niskiej gęstości (10% – 30%), e) rozproszona (< 10%) (źródło: Street View)	40
3.6	Typy użytkowania terenu występujące na obszarze Poznania wg Urban Atlas 2006 (źródło: Europejska Agencja Środowiska — http://land.copernicus.eu/local/urban-atlas)	41
4.1	Przykłady obszarów znajdujących się w każdym, z wyróżnionych w niniejszej pracy, trzech typów zabudowy mieszkaniowej: a) typ I (os. Wichrowe Wzgórze), b) typ II (ul. Kościuszki), c) typ III (ul. Winogrody)	45
4.2	Sprawdzanie poprawności mapy podziału Poznania na obszary jednolite pod względem zabudowy — źródła danych: Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT), ortofotomapa dostępna w Google Maps — dane aktualne na rok 2013 (https://www.google.pl/maps/) i widok pochodzący z Google Street View — funkcji dostępnej w Google Maps (dostępne ujęcia pochodziły z 2011 r.)	46
4.3	Obszary z gospodarstwami domowymi w których prowadzono monitoring ilości odpadów. W każdym obszarze, jeżeli nie wskazano inaczej, zlokalizowane było jedno gospodarstwo	51
4.4	Lokalizacja punktów zbiórki odpadów monitorowanych od grudnia 2013 do listopada 2014	57
4.5	Jednoczesne pomiary OWN i WWN wykonywane we wrześniu 2014 dzięki współpracy z Zakładem Komunalnym w Pobiedziskach	59
4.6	Schemat przedstawiający sposób wykonywania pomiaru wypełnienia pojemników odpadami, gdzie $h(o)$ – wysokość odpadów, $h(p)$ – wysokość, na której dokonany został pomiar, p – odległość dzieląca czujnik od powierzchni odpadów (wymiar podane są w mm)	61
4.7	Schemat budowy modułu pomiarowego, mierzącego wypełnienie pojemników odpadami: (a) rzut z boku, (b) rzut z dołu (wymiar podane są w mm)	61
4.8	Pomiary w terenie wypełnienia pojemników odpadami w terenie: (a) urządzenie położone na pojemniku o pojemności 1100l; (b) przykładowe rozmieszczenie śmieci w pojemniku, które może generować skrajnie różne wartości pomiaru, w zależności od położenia czujnika	62
5.1	Rozkład gęstości zaludnienia Poznania w oparciu o podział na a) rejony statystyczne, b) obwody statystyczne. Klasyfikacji liczby mieszkańców/km ² w poligonach dokonano metodą tzw. naturalnych granic Jensa (Jenks, 1967). Opracowano na podstawie danych GUS z NSP2011	67
5.2	Liczba osób zamieszkujących Poznań w kolejnych miesiącach od lipca 2013 do lipca 2014 r. wg złożonych do ZM GOAP deklaracji — stan danych na dzień 5.09.2014 (źródło: ZM GOAP)	68

5.3	Lokalizacja budynków mieszkalnych na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT) — widok całego Poznania (a) i przykładowego wycinka znajdującego się na terenie administracji Stare Winogrody (b)	69
5.4	Ilość odpadów powstałych w Poznaniu na w okresie od lipca 2013 do marca 2015 (źródło: ZM GOAP)	70
5.5	Wartości <i>WWN</i> obliczone dla poszczególnych sektorów na podstawie danych o liczbie mieszkańców, pochodzących z: a) GUS, b) WSO	70
5.6	Masa odpadów (wyrażona przez <i>WWN</i>), zebranych w poszczególnych sektorach w pierwszych trzech miesiącach 2015 roku (źródło: ZM GOAP)	72
5.7	Lokalizacja punktów zbiórki, z których pozyskano dane dotyczące wagi odpadów z zastosowaniem dynamicznych systemów wagowych	73
5.8	Lokalizacja nielegalnych wysypisk śmieci w obrębie Poznania (dane z lat 2013 – 2014). Wielkość wysypiska wyrażono w masie usuniętych odpadów [Mg]. Klasyfikacji ilości odpadów (usuniętych w czasie interwencji) dokonano w oparciu o naturalne granice – metodą Jenksa (Jenks, 1967). Opracowano na podstawie informacji pozyskanej z Wydziału Gospodarki Nieruchomościami UMP	74
6.1	Przyjęty w niniejszym opracowaniu podział Poznania na obszary, na których dominował jeden z trzech wyznaczonych typów zabudowy	75
6.2	Rozkład gęstości zaludnienia w 342 obszarach wyróżnionych ze względu na dominujący na nich typ zabudowy. Podział na klasy gęstości zaludnienia dokonano metodą Jenksa (Jenks, 1967). Opracowano na podstawie danych WSO	76
6.3	Zróznicowanie struktury wiekowej mieszkańców Poznania w 342 obszarach wyróżnionych ze względu na dominujący na nich typ zabudowy	79
6.4	Procentowy udział budynków usługowo-handlowych w stosunku do powierzchni całego obszaru: z uwzględnieniem a) wszystkich obiektów, w tym hipermarketów, domów towarowych i centrów handlowych, b) jedynie stosunkowo niewielkich pawilonów handlowych i usługowych. Podział na klasy dokonano metodą Jenksa (Jenks, 1967)	80
6.5	Masa odpadów usuniętych z nielegalnych wysypisk zgłoszonych do Wydziału Gospodarki Nieruchomościami UMP w latach 2013 – 2015 — wartości zsumowano dla 342 obszarów jednolitych pod względem zabudowy i przedstawiono Mg na km ² danego obszaru. Podział na klasy dokonano metodą Jenksa (Jenks, 1967)	82
6.6	Położenie obszarów badawczych, na terenie których w latach 2014 – 2015 prowadzone były pomiary wypełnienia pojemników odpadami wraz z przypisanym im indywidualnym numerem identyfikacyjnym (ID)	83
6.7	Lokalizacja punktów zbiórki w zabudowie a) wielorodzinnej, b) jednorodzinnej (również rozmieszczenie punktów pomiarowych w obrębie jednego obszaru na przykładzie obszaru nr 46)	84
6.8	Udział typów zabudowy, jakie reprezentowały przebadane gospodarstwa domowe: J — zabudowa jednorodzinna, WN — zabudowa wielorodzinna niska, WW — zabudowa wielorodzinna wysoka	85

- 6.9 Udział poszczególnych typów wśród ankietowanych gospodarstw domowych, gdzie: A — jednoosobowe gospodarstwo, B — para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci, C — para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi, D — rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci, E — rodziny wielopokoleniowe, z czego co najmniej jedna z niepełnoletnimi dziećmi, F — wielu, często zmieniających się współlokatorów, G — rzadko zmieniający się współlokatorzy 86
- 6.10 Charakterystyki mieszkańców przebadanych gospodarstw domowych:
a) struktura wiekowa osób, według przyjętych grup pokoleniowych;
b) rozporządzalny miesięczny dochód na mieszkańca 87
- 6.11 Ilość odpadów komunalnych zmieszanych powstających w gospodarstwie domowym, przedstawiona w zestawieniu z a) liczbą osób zamieszkujących gospodarstwo domowe, b) typem zabudowy mieszkaniowej, gdzie: J — jednorodzinna, WN — wielorodzinna niska, WW — wielorodzinna wysoka, c) typem gospodarstwa domowego, gdzie: A — gospodarstwo jednoosobowe, B — para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci, C — para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi, D — rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci, E — rodziny wielopokoleniowe, z czego co najmniej jedna z niepełnoletnimi dziećmi, F — wielu, często zmieniających się współlokatorów, G — rzadko zmieniający się współlokatorzy, d) rozporządzalny dochód na osobę w gospodarstwie domowym 88
- 6.12 Różnica między przekonaniem odnośnie ilości wyrzucanych w tygodniu worków z odpadami, a faktycznymi wynikami obserwacji w gospodarstwach domowych osób biorących udział w badaniu. Wartości ujemne świadczą o niedoszacowaniu, dodatnie zaś o przeszacowaniu tej liczby. 90
- 6.13 Liczba ankiet wypełnionych na dobę w trakcie trwania badania — na osi czasu zaznaczono początek i koniec badania oraz dzień, w którym odnotowano największy skok liczby respondentów biorących w nim udział 91
- 6.14 Liczba gospodarstw domowych reprezentujących poszczególne typy zabudowy: J — jednorodzinną, WN — wielorodzinną niską, WW — wielorodzinną wysoką 92
- 6.15 Lokalizacja punktów zbiórki, z których korzystali ankietowani 92
- 6.16 Zestawienie procentowego udziału gospodarstw domowych poddanych ankietyzacji według: a) typów gospodarstw domowych, gdzie: A — jednoosobowe, B — para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci, C — para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi, D — rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci, E — rodziny wielopokoleniowe, z czego co najmniej jedna z niepełnoletnimi dziećmi, F — wielu, często zmieniających się współlokatorów, G — rzadko zmieniający się współlokatorzy, b) klas zamożności, wyrażonej przez dochód na osobę w gospodarstwie domowym, c) grup wiekowych, które w nich występują 94

6.17	Zestawienie udziału procentowego ankietowanych gospodarstw domowych we wszystkich 3 typach zabudowy, ze względu na: a) liczbę osób w gospodarstwie domowym, b) występujące grupy wiekowe, c) deklarowany miesięczny dochód na osobę w gospodarstwie domowym, d) typy gospodarstw domowych, gdzie: A — jednoosobowe, B — para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci, C — para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi, D — rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci, E — rodziny wielopokoleniowe, z czego co najmniej jedna jedna z niepełnoletnimi dziećmi, F — wielu, często zmieniających się współlokatorów, G — rzadko zmieniający się współlokatorzy	96
6.18	Charakterystyka osób wypełniających geoankietę: a) wiek, b) płeć.	97
6.19	Zróznicowanie objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów: a) w zależności od wielkości gospodarstwa domowego (wyniki uwzględniające wszystkie dane poza wartością skrajnie odstającą $102\ l/M/d$ uzyskaną dla ankiety nr 103), b) w obrębie różnych typów zabudowy	98
6.20	Segregacja odpadów w przebadanych gospodarstwach domowych: a) wpływ segregacji na ilość zmieszanych odpadów komunalnych, b) udział gospodarstw, w których nie jest prowadzona segregacja, w 3 typach zabudowy: WW — wielorodzinną wysoka, WN — wielorodzinną niską oraz J — jednorodzinna, c) liczba gospodarstw domowych, w których oddziela się poszczególne frakcje odpadów	100
6.21	Ilości odpadów trafiających do pojemników w różnych punktach zbiórki zaznaczonych przez respondentów geoankiety	101
6.22	Krzywe kumulacyjne ilości odpadów wyrzucanych w Poznaniu przez mieszkańców różnych typów zabudowy między godziną 6:00 a 23:00: a) w dni robocze, b) w weekendy	103
6.23	Procent sum dobowych ilości wyrzucanych odpadów w kolejnych przedziałach godzinowych z rozróżnieniem na typy zabudowy oraz na części tygodnia: a) dni robocze, b) w weekendy	104
6.24	Wyniki pomiarów zmienności dobowej wypełnienia pojemników odpadami w wybranych punktach zbiórki, w czterech różnych terminach: a) poniedziałek 27.10.2014, b) wtorek 28.10.2014, c) środa 26.11.2014, d) czwartek 4.12.2014	105
6.25	Rozkład częstości wyrzucania śmieci w poszczególnych dniach tygodnia na podstawie badań w 30 gospodarstwach domowych	110
6.26	Zestawienie zmienności tygodniowej wartości <i>OWN</i> w poszczególnych miesiącach, uzyskanej dla wszystkich punktów pomiarowych w zabudowie wielorodzinnej	111
6.27	Zestawienie zmienności tygodniowej wartości <i>OWN</i> uzyskanej w poszczególnych punktach pomiarowych trzech obszarów testowych	112
6.28	Stosunek średniej miesięcznej do średniej rocznej: ○ — <i>OWN</i> z pomiarów terenowych dla jednego tygodnia w miesiącu, ● — <i>WWN</i> dla całego Poznania w 2014 roku (dane ZM GOAP)	114
6.29	Rozkład wartości jakie przyjmował wskaźnik <i>OWN</i> w roku 2014 w kolejnych miesiącach	116
6.30	Rozkład wartości <i>OWN</i> otrzymanych w kolejnych porach roku (dane dla 2014 r.)	117

6.31	Histogramy wartości <i>OWN</i> otrzymanych dla 50 przebadanych obszarach: A) bez standaryzacji, B) po standaryzacji, ze względu na porę dnia, w której wykonano pomiary oraz porównanie z rozkładem <i>OWN</i> otrzymanym w wyniku badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych (C)	120
6.32	Charakterystyka rozkładów wartości <i>OWN</i> stwierdzonych na podstawie standaryzowanych (ze względu na porę dnia) pomiarów w 50 obszarach badawczych i zestawionych w trzech analizowanych typach zabudowy (przyjęto 95% przedział ufności dla mediany)	121
6.33	Zróznicowanie przestrzenne mediany wartości objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów w 50 wybranych obszarach badawczych, po standaryzacji ze względu na porę wykonywania pomiarów	122
6.34	Wykres reszt opracowanego modelu regresji wielorakiej względem obserwowanych wartości zmiennej objaśnianej	125
6.35	Wyniki pomiarów gęstości odpadów - zestawienie ilustrujące: a) rozkład wartości uzyskanych w wyniku prac terenowych zrealizowanych w Pobiedziskach we wrześniu 2014 roku; b) częstość występowania 10 000 losowo wygenerowanych, na podstawie rozkładu Wakeby dopasowanego do danych pomiarowych z Pobiedzisk, wartości gęstości odpadów w podanych przedziałach klasowych	128
6.36	<i>WWN</i> odpadów w sektorach — dane ZM GOAP ze stycznia, lutego i marca 2015 r. dotyczące wagi odpadów, przeliczone na <i>WWN</i> przy użyciu informacji odnośnie liczby osób zameldowanych w sektorach (dane pochodzące z WSO)	129
6.37	Dane ZM GOAP przeliczone na <i>OWN</i> przy zastosowaniu losowanych metodą Monte Carlo z rozkładu Wakeby wskaźników gęstości odpadów — charakterystyki prawdopodobieństwa rozkładów wartości otrzymanych w poszczególnych sektorach	131
6.38	Histogramy wartości <i>OWN</i> pozyskanych w trakcie badań: a) w 50 obszarach badawczych, b) przeprowadzonych bezpośrednio w 30 gospodarstwach domowych i c) przeprowadzonych z wykorzystaniem geoankietyzacji — porównanie z danymi pochodzącymi z ZM GOAP (pozyskane dla wszystkich sektorów, dla stycznia, lutego i marca 2015 roku), przeliczonymi na podstawie symulacji (10 000 prób) relacji między <i>WWN</i> a <i>OWN</i> z rozkładu Wakeby (określonego na podstawie pomiarów z Pobiedzisk)	132
6.39	Zestawienie średniej wartości <i>OWN</i> w każdej z klas - a) dane ZM GOAP (ze wszystkich 10 000 powtórzeń) oraz danych uzyskanych w wyniku b) prac terenowych, c) badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych i d) przy zastosowaniu geoankiet	133
6.40	Różnica między medianą wartości <i>OWN</i> wyliczoną z 10 000 wartości <i>OWN</i> wygenerowanych na podstawie danych ZM GOAP, zebranych z każdego sektora zbiórki w a) styczniu b) lutym, i c) marcu oraz uzyskaną w wyniku prac terenowych w 50 obszarach badawczych	134
6.41	Lokalizacja i oznaczenie wyznaczonych w trakcie badań obszary jednolite pod względem zabudowy mieszkaniowej (lub o dominującym jednym typie zabudowy), dla których udało się pozyskać informację o masie zebranych odpadów od firmy FBService	136

6.42	Zróźnicowanie <i>WWN</i> w obszarach jednolitych pod względem zabudowy mieszkaniowej (lub z dominującym jednym typem zabudowy mieszkaniowej); <i>WWN</i> obliczono na podstawie danych firmy FBSeerwis i informacji odnośnie liczby osób zameldowanych w obszarach (WSO); Lokalizacja obszarów A – M została przedstawiona na rycinie 6.41	136
6.43	Rozkład wartości <i>OWN</i> w wybranych obszarach sektora VI — dane firmy FBSeerwis pochodzące z 4 serii pomiarowych przeprowadzonych w dniach: a) 3–4.08.15, b) 10–11.08.15, c) 17–18.08.15, d) 24–25.08.15, symulowanych na na podstawie danych z Pobiedziskach	137
6.44	Histogramy wartości <i>OWN</i> pozyskanych w trakcie badań a) w 34 obszarach wyznaczonych na terenie całego Poznania, przeprowadzonych b) bezpośrednio w 24 gospodarstwach domowych oraz c) z wykorzystaniem geoankiety w sektorze VI — porównane rozkładów z danymi uzyskanymi od firmy FBSeerwis dla sektora VI, przeliczonymi na podstawie symulacji (10 000 prób) relacji między <i>WWN</i> a <i>OWN</i> z rozkładu Wakeby określonego na podstawie pomiarów z Pobiedzisk	139
6.45	Porównanie wyników pomiarów wykonanych w sektorze VI w trakcie wszystkich 4 serii pomiarowych: a) 3–4.08.15, b) 10–11.08.15, c) 17–18.08.15, d) 24–25.08.15; zaprezentowano medianę 10 000 symulacji wykonanych dla każdej z otrzymanych wartości <i>WWN</i> , a klasyfikacji wartości <i>OWN</i> dokonano metodą Jenksa (Jenks, 1967)	140
6.46	Zestawienie średniej wartości <i>OWN</i> w każdej z klas dla danych: a) FBSeerwis (ze wszystkich 10 000 powtórzeń), b) pochodzących z 34 obszarów testowych, na których dominuje zabudowa wielorodzinna, c) pozyskanych z 24 gospodarstw domowych znajdujących się w zabudowie wielorodzinnej oraz d) uzyskanych przy zastosowaniu 34 geoankiet z sektora VI	141
7.1	Zmienność wartości <i>OWN</i> uzyskana w poszczególnych punktach zbiórki objętych badaniami terenowymi w zabudowie jednorodzinnej w zależności od wielkości gospodarstwa domowego — zestawienie nie obejmuje obszaru nr 2, w którym dominowała zabudowa kilkurodzinna	147
7.2	Średnia wartość objętości odpadów wytwarzana przez mieszkańców każdego z 50 obszarów badawczych (z podziałem na typy zabudowy) zestawiona z danymi pochodzącymi z raportu Miejskiego Laboratorium Chemicznego (Mamełka, 2008), gdzie A — oznacza najmniejszą zmierzoną wartość <i>OWN</i> (analiza składu ilościowego odpadów w zabudowie jednorodzinnej na os. Lotników Wlkp.), B — najwyższą zmierzoną wartość <i>OWN</i> (analiza składu ilościowego odpadów w zabudowie wielorodzinnej, starej na Jeźycach)	155
7.3	Procentowy udział odpowiedzi dotyczących deklarowanego dochodu na osobę na miesiąc w gospodarstwie domowym, udzielonych przez ankietowanych w każdym z trzech typów zabudowy	157
7.4	Procentowy udział odpowiedzi dotyczących deklarowanego dochodu na osobę na miesiąc w gospodarstwie domowym, udzielonych przez mieszkańców 30 przebadanych gospodarstw domowych w każdym z trzech typów zabudowy	160

Spis tabel

2.1	Porównanie najważniejszych różnic pomiędzy starym systemem gospodarowania odpadami komunalnymi i wdrożonymi 1 lipca 2011 zmianami na podstawie ustawy z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. z 2005 r. Nr 236, poz. 2008, z późn. zm.) oraz ustawy z dnia 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustawy (Dz. U. z 2011 r., nr 152, poz. 897)	13
2.2	Wartość <i>WWN</i> dla różnych typów gospodarstw domowych na podstawie badań przeprowadzonych w Poznaniu przez Szymczak (2013)	20
2.3	Zestawienie najważniejszych czynników mogących wpływać na ilość i jakość odpadów komunalnych powstających na terenie miasta	22
2.4	Ilości odpadów produkowanych w ciągu doby i przypadających na jednego mieszkańca w miastach Polski — zestawienie danych zaczerpniętych z literatury	29
4.1	Zestawienie danych dotyczących przeciętnego rozporządzalnego dochodu na osobę w Polsce w roku 2013 (Departament Badań Społecznych i Warunków życia GUS 2014) z jego szacunkowymi wartościami dla Poznaniu w roku 2015	50
6.1	Statystyki dotyczące liczby nielegalnych wysypisk zgłoszonych w latach 2013 – 2015 do Wydziału Gospodarki Nieruchomościami UMP w wyróżnionych typach zabudowy (typ I — zabudowa wielorodzinna wysoka, typ II — zabudowa wielorodzinna niska, typ III — zabudowa jednorodzinna, pozostałe — obszary nie pełniące funkcji mieszkaniowej) oraz masa usuniętych z nich odpadów	78
6.2	Częstość wyrzucania śmieci w poszczególnych porach dnia w zabudowie jednorodzinnej wyrażona przez liczbę osób, które przydzieliły wartości od 1 do 4 poszczególnym porom dnia, gdzie 1 oznacza najczęstsze wyrzucanie odpadów, 4 — najrzadsze; wartość 0 jest przydzielona wówczas, gdy pora dnia nie miała znaczenia	106
6.3	Zestawienie dat, w których wykonywano pomiary wypełnienia pojemników w zabudowie wielorodzinnej	110
6.4	Wyniki statystyki testowej Kruskala-Wallisa — H_0 : różnice wartości wskaźnika <i>OWN</i> w kolejnych miesiącach, nie są istotne statystycznie . . .	112
6.5	Wyniki statystyki testowej Kruskala-Wallisa — H_0 : różnice wartości wskaźnika <i>OWN</i> w kolejnych punktach zbiórki, nie są istotne statystycznie	113
6.6	Częstość wyrzucania śmieci w poszczególne dni tygodnia w zabudowie jednorodzinnej wyrażona przez liczbę osób, która przydzieliła wartości od 1 do 7 poszczególnym dniom tygodnia, gdzie 1 oznacza najczęstsze wyrzucanie odpadów, 7 — najrzadsze. Wartość 0 jest przydzielona wówczas, gdy dzień tygodnia, według respondentów, nie miał znaczenia .	114

6.7	Średnia wartość <i>OWN</i> otrzymana w roku 2014 w kolejnych miesiącach na podstawie obserwacji z tygodnia pomiarowego — zestawienie podstawowych statystyk opisowych; niebieskim kolorem oznaczono najmniejszą, a czerwonym największą wartość średniej i mediany	115
6.8	Wielkość badanej próby mieszkańców w każdym z 50 obszarów, z uwzględnieniem typu zabudowy: <i>J</i> — jednorodzinna, <i>WN</i> — wielorodzinna niska, <i>WW</i> — wielorodzinna wysoka	118
6.9	Zestawienie statystyk opisowych wartości <i>OWN</i> otrzymanych w wyniku prac terenowych — porównanie źródłowych danych pomiarowych i poddanych standaryzacji ze względu na porę dnia prowadzenia prac terenowych, oraz wyników badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych	119
6.10	Podstawowe statystyki modelu regresji wielorakiej, gdzie typ zabudowy był określony jako zmienna skategoryzowana, natomiast dostępność punktu zbiórki wyrażała zmienna binarna; <i>WW</i> — obszar z dominującą zabudową wielorodzinną wysoką, <i>J</i> — obszar z dominującą zabudową jednorodziną, <i>ZAMK</i> — obszar, na którym punkty zbiórki są zamykane na klucz; największa część przebadanych obszarów znajdowała się na terenie zabudowy niskiej, z ogólnodostępnymi punktami zbiórki, dlatego równanie regresji w ich przypadku wyrażone jest jedynie przez wyraz wolny	123
7.1	Zestawienie podstawowych statystyk wartości <i>OWN</i> otrzymanych dzięki zastosowaniu każdej z 3 metod badawczych oraz porównanie z danymi z lat 2013 – 2015 pochodzącymi z ZM GOAP (<i>OWN</i> dla danych ZM GOAP to łącznie 51 median analizowanego wskaźnika, jakie zostały wyliczone dla poszczególnych miesięcy, a w przypadku roku 2015, również dla 11 sektorów na podstawie <i>WWN</i> — por. rozdział 6.5.1)	144
7.2	Porównanie wszystkich trzech metod wykorzystanych w badaniach	154

Wykaz ważniejszych jednostek i skrótów użytych w pracy

d	dzień [-]
GD	liczba osób w gospodarstwie domowym [-]
$h(k)$	wysokość pojemnika/kontenera [dm]
$h(o)$	wysokość odpadów [dm]
$h(p)$	wysokość, na której dokonany został pomiar [dm]
i	punkt zbiórki
j	obszar jednolity pod względem zabudowy
l	litr [-]
$L(d)$	liczba dni, jakie minęły od ostatniego wywozu odpadów z danego punktu zbiórki [-]
$L(m)_i$	liczba osób zameldowana w punkcie zbiórki i [-]
$L(m)_j$	liczba osób zameldowana w obszarze j [-]
$L(tyg)$	częstotliwość wyrzucania śmieci [-/tydzień]
M	mieszkaniec [-]
n	liczba punktów zbiórki [-]
OWN	objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów [l/M/d]
p	odległość dzielącą czujnik od powierzchni odpadów
$V(k)$	objętość pojemnika/kontenera[l]
$V(o)$	objętość odpadów [l]
$V(w)$	standardowa wielkość worka na śmieci stosowanego w gospodarstwie domowym [l]
WWN	wagowy wskaźnik nagromadzenia odpadów [kg/M/d]
KPGO2014	Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014
EPA	ang. <i>Environmental Protection Agency</i> – agencja federalna USA ds. ochrony środowiska
GUS	Główny Urząd Statystyczny
GWR	ang. <i>Geographically Weighted Regression</i> – Regresja Ważona Geograficznie
NSP2011	Narodowy Spis Powszechny w roku 2011
OECD	ang. <i>Organization for Economic Co-operation and Development</i> – Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju
PPGIS	ang. <i>Public Participation Geographic Information System</i> – partycypacyjny GIS
UMP	Urząd Miasta Poznania
WSO	Wydział Spraw Obywatelskich UMP
ZM GOAP	Związek Międzygminny "Gospodarka Odpadami Aglomeracji Poznańskiej"

Rozdział 1

STRESZCZENIE

Człowiek od wieków wywierał wpływ na otaczające go środowisko, jednak w ostatnich latach obserwujemy znaczne nasilenie się tych oddziaływań mających najczęściej negatywny charakter. Jednym z najbardziej widocznych problemów jest wzrastająca ilość generowanych przez społeczeństwo odpadów. Ważne w tym aspekcie jest wyjaśnienie, jakie czynniki wpływają na to zjawisko i jak skutecznie, na podstawie tej wiedzy, prognozować zmiany. Jednak mimo licznych badań poświęconych temu zagadnieniu gospodarka odpadami w dalszym ciągu boryka się z wieloma problemami, a szczególne wyzwanie w tym zakresie dotyczy aglomeracji miejskich.

Duże miasta ze względu na złożoną strukturę społeczną i ekonomiczną, jak również skomplikowany układ urbanistyczny wykazują dużą niejednorodność w zakresie ilości odpadów generowanych przez ich mieszkańców. Mimo to nie badano dotychczas tego zjawiska w ujęciu czasowo-przestrzennym. Literatura poświęca też mało miejsca monitoringowi objętości odpadów komunalnych, koncentrując się jedynie na ich wadze. Dzieje się tak, gdyż analiza obu tych zagadnień wymaga dużo większego nakładu pracy, a co za tym idzie, również większych środków finansowych.

Prezentowane w niniejszym opracowaniu badania były nakierowane na: 1) wyjaśnienie, w ujęciu czasowo-przestrzennym, relacji między objętością odpadów komunalnych a typem zabudowy, w którym są generowane 2) wypracowanie metod i narzędzi przydatnych do monitoringu odpadów komunalnych, włączając do niego narzędzia uwzględniające lokalizację przestrzenną i wykorzystujące techniki stosowane w geoinformacji.

Praca koncentruje się wokół dwóch głównych celów badawczych. Pierwszym było opracowanie metodyki pozyskiwania informacji odnośnie objętości odpadów powstających w poszczególnych częściach miasta. Jak już zostało wspomniane, prowadzone dotąd badania analizowały obszary miasta w całości, bez uwzględnienia przestrzennej zmienności badanego zjawiska. W związku z tym dostępne źródła danych są niewystarczające, dla analizy zagadnienia, któremu poświęcona jest praca. Otrzymane wyniki stanowią zatem zestawienie różnych metod pozyskiwania informacji o ilości generowanych przez mieszkańców odpadów i wskazania dotyczącego monitoringu tego zjawiska w skali jednego miasta.

Drugim celem zaś było zbadanie zmienności czasowo-przestrzennej ilości odpadów generowanych w Poznaniu w obszarach badawczych zróżnicowanych ze względu na typ zabudowy mieszkaniowej. Wykonana w pracy analiza stanowi podstawę do dalszych prac, które mogą pozwolić wykorzystywać statystyki przestrzenne dla efektywniejszego prognozowania ilości odpadów powstających w różnych obszarach miasta.

Należy podkreślić, że prace badawcze przedstawione w pracy dotyczyły jedynie odpadów komunalnych zmieszanych, gdyż uwzględnienie zbiórki selektywnej byłoby, ze względu na przyjętą w pracy metodykę, logistycznie bardzo trudne. Nie przeprowadzono również analizy jakościowej odpadów, która pozwoliłaby na lepszą interpretację otrzymanych wyników. Nie było to możliwe ze względu na złożoność i koszty procedur analizy morfologicznej i sitowej odpadów.

Mimo wspomnianych wyżej ograniczeń uzyskano najbardziej szczegółową jak dotąd informację odnośnie zmienności czasowo-przestrzennej ilości odpadów powstających w Poznaniu. Dzięki niej udało się wykazać, że ich zróżnicowanie przestrzenne nie jest losowe. Jednocześnie wykazano, że analizowanie tego zjawiska nie może odbyć się jedynie w oparciu o podstawową informację uwzględnianą obecnie w Polsce w standardowych badaniach dotyczących odpadów komunalnych w skali miasta, czyli typ zabudowy. Ponadto określono zmienność czasową ilości odpadów generowanych przez poznaniaków, w trzech ujęciach czasowych: dobowym, tygodniowym i sezonowym oraz relację istniejącą między objętością i wagą odpadów komunalnych. Wreszcie, na podstawie otrzymanych wyników, zaproponowano szereg zaleceń, które mogą ułatwić prowadzenie dalszych badań w tym zakresie, a wnioski, które z nich płyną mogą być przydatne w procesie planowania gospodarki odpadami.

Praca składa się z 7 rozdziałów. Pierwszy stanowi zarys historyczny badań nad gospodarką odpadami, czynnikami wpływającymi na ilość generowanych odpadów, sposobami prognozowania tego zjawiska i metodami pozyskiwania informacji o odpadach. W drugim rozdziale opisano szczegółowo problem badawczy realizowany w pracy, hipotezę, cele, zadania, schemat badawczy oraz przedstawiono ogólny opis obszaru badań. Opis metody badawczej przyjętej w pracy (na którą składają się trzy źródła informacji o objętości generowanych przez mieszkańców odpadów) został umieszczony w rozdziale trzecim. Źródła danych wykorzystanych w pracy, dotyczących liczby mieszkańców, ich struktury wiekowej, całkowitej masy generowanych w Poznaniu odpadów oraz informacje dotyczące zabudowy, przedstawiono w rozdziale czwartym.

Pozostała część pracy dedykowana jest omówieniu otrzymanych wyników. W rozdziale piątym zaprezentowany został nowy podział Poznania na obszary jednolite pod względem zabudowy mieszkaniowej, uzyskane informacje odnośnie ilości generowanych przez Poznaniaków odpadów zarówno w ujęciu czasowym, jak i przestrzennym oraz ich porównanie z danymi pochodzącymi z administracji publicznej oraz od prywatnych firm zajmujących się odbiorem odpadów. W rozdziale szóstym porównano skuteczność zastosowanych w pracy metod pozyskiwania informacji odnośnie objętości wytwarzanych w Poznaniu odpadów komunalnych. Przeanalizowano również wpływ zabudowy mieszkaniowej na ilość generowanych odpadów oraz przedstawiono praktyczne wskazania na przyszłość, które mogą znaleźć zastosowanie w modelowaniu prognostycznym ilości odpadów w skali miasta. Całość przeprowadzonych prac zamyka rozdział podsumowujący najważniejsze osiągnięcia uzyskane w wyniku prezentowanych w pracy badań.

Rozdział 2

Wstęp

Problem utrzymania czystości w otaczającej człowieka przestrzeni stanowił wielkie wyzwanie już w czasach antycznych. Do uznania tej tezy wystarczy przywołać przykład stajni Augiasza. Dopiero Herkules zdołał przywrócić w niej porządek, za co notabene został doceniony przez Krajowe Forum Polskich Dyrektorów Oczyszczania Miast, którzy obrali sobie tę postać za patrona (Janka, 2015). Widzimy zatem, iż już starożytni zdawali sobie sprawę z trudności tego zadania. Obejmuje ono oczywiście bardzo wiele różnych aspektów. Prezentowane badania dotyczą jednego z nich, mianowicie gospodarki stałymi odpadami komunalnymi, która od kilku lat jest w Polsce powodem gorącej debaty publicznej.

2.1. Problematyka odpadów komunalnych

W myśl ustawy uchwalonej w dniu 14 grudnia 2013 roku (Dz. U. 2013 Poz. 21), przez odpady rozumie się wszystkie substancje lub przedmioty, których tzw. „posiadacz” pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do pozbycia się których jest zobowiązany. Jeśli zostały one wytworzone w gospodarstwie domowym, wówczas są to odpady komunalne (stałe lub ciekłe)¹, a ich „posiadaczem” jest gmina (choć wytwórcami pozostają oczywiście jej mieszkańcy). Odpady komunalne stałe dzieli się bądź na zmieszane i zbierane selektywnie (przeważnie plastik, szkło, makulatura, odpady zielone, odpady niebezpieczne oraz odpady wielkogabarytowe), bądź też na mokre (odpady biologiczne łatwo ulegające rozkładowi) i suche (wszystkie odpady niebiologiczne). To, który z powyższych podziałów obowiązuje na terenie gminy, zależy od samorządów lokalnych i determinuje organizację całego systemu zbiórki odpadów. Wybór systemu i organizacja zbiórki nigdy nie były prostym zadaniem, a dopiero od niedawna w pełni odpowiada za nie gmina. Ważnym jest zatem, by zrozumieć nie tylko to, jak obecnie funkcjonuje cała gospodarka odpadami komunalnymi w Polsce, ale również, by zobaczyć, jak zmieniała się ona na przestrzeni lat i jak rozwiązuje się problem odpadów w innych miejscach na świecie.

2.1.1. Rys historyczny

Wydawać by się mogło, że ludzie dopiero od niedawna zaczęli poświęcać więcej uwagi zorganizowanemu i efektywnemu gospodarowaniu odpadami komunalnymi. Należy jednak pamiętać, że człowiek generował śmieci od zarania

¹ Intuicyjnie wydaje się to oczywiste, ale by pozostać w zgodzie z literą prawa należy podkreślić, że odpady komunalne nie obejmują pojazdów wycofanych z eksploatacji.

dziejów. Na przestrzeni wieków wzrastała jednak ich ilość, zmieniał się też ich skład jakościowy, a w ślad za tymi zmianami rozwijały się metody organizacji zbiórki odpadów i ich utylizacji.

Wiadomo, że resztki jedzenia przyciągają pasożyty, dzikie zwierzęta, a przede wszystkim — są źródłem nieprzyjemnych zapachów. Odpady były zatem, odkąd człowiek udomowił zwierzęta, zaczął uprawiać ziemię i w konsekwencji zmienił tryb życia na osiadły, gromadzone poza osadami ludzkimi (Bilitewski i in., 2006). Wraz z rozwojem cywilizacji, pojawiła się jednak konieczność prowadzenia odgórnie planowanej gospodarki odpadami.

Najprawdopodobniej pierwszy formalny zakaz wyrzucania śmieci pojawił się już ok. 500 r. przed Chr. w starożytnej Grecji (William i Blackman, 2001). W przypadku Aten zarówno odpady uliczne, jak i fekalia, były wywożone co najmniej 2 km poza granice miasta, a ponadto od roku 320 przed Chr. istniały również przepisy dotyczące codziennego czyszczenia ulic. Również w starożytnych miastach Azji odpady najpierw zbierano w glinianych naczyniach, a następnie je wywożono (Bilitewski i in., 2006).

Kolejne wzmianki o próbach systematycznego planowania gospodarki odpadami pojawiają się na początkach naszej ery. William i Blackman (2001) jako przykład podają Palestynę, gdzie w Dolinie Himona położonej w okolicach Jerozolimy istniało jedno z najstarszych znanych nam składowisk odpadów. Były tam gromadzone i spalane nie tylko zwykłe śmieci, ale również ciała zmarłych². Bilitewski i in. (2006) wskazują natomiast na regulacje prawne, obowiązujące w tamtych czasach w Rzymie. Na przykład Cesarz Wespazjan nakazał ok. 70 r. n.e. ustawienie toalet publicznych (glinianych nocników), które zostały obłożone podatkiem. To właśnie z nim związana jest łacińska maksyma „*pecunia non olet*” (czyli „pieniądze nie śmierdzą”). Warto też wspomnieć, że już w roku 300 n.e. w Rzymie było 144 publicznych toalet, pod którymi płynęła woda. Zatem potrzeba życia w higienicznych warunkach towarzyszyła człowiekowi na długo przed rozwojem naszej wiedzy o epidemiologii i źródłach wielu groźnych chorób. Jednak nie wyeliminowało to problemów związanych z odpadami komunalnymi w miastach.

W średniowiecznej Europie zarówno zwykłe śmieci, jak i odchody zwyczajowo wyrzucano po prostu na ulice (Janka, 2015). Powodowało to smród w miastach, a ich mieszkańcy niejednokrotnie musieli chodzić w błocie z odpadów i fekalii. W takich warunkach z łatwością rozwijały się i rozprzestrzeniały choroby zakaźne takie jak dżuma. Z czasem władze miast wprowadzały kolejne rozwiązania i regulacje, które miały poprawić sytuację w tym zakresie: brukowane ulice, kary za nieprzestrzeganie czystości, pojemniki na odpady komunalne, regularne czyszczenie ulic, wyznaczanie terenów niezamieszkałych poza terytorium miast do składowania odpadów, palenie zdechłych zwierząt i dobytku zmarłych na dżumę. Wiele moglibyśmy się nauczyć w owym czasie od narodów azjatyckich. Na przykład w Japonii już od X wieku zbierano zużyty papier i ponownie go przetwarzano.

Jednym z ważniejszych przełomów dotyczących gospodarki odpadami była tzw. „rewolucja przemysłowa”, która zmieniła drastycznie styl życia ludzi na

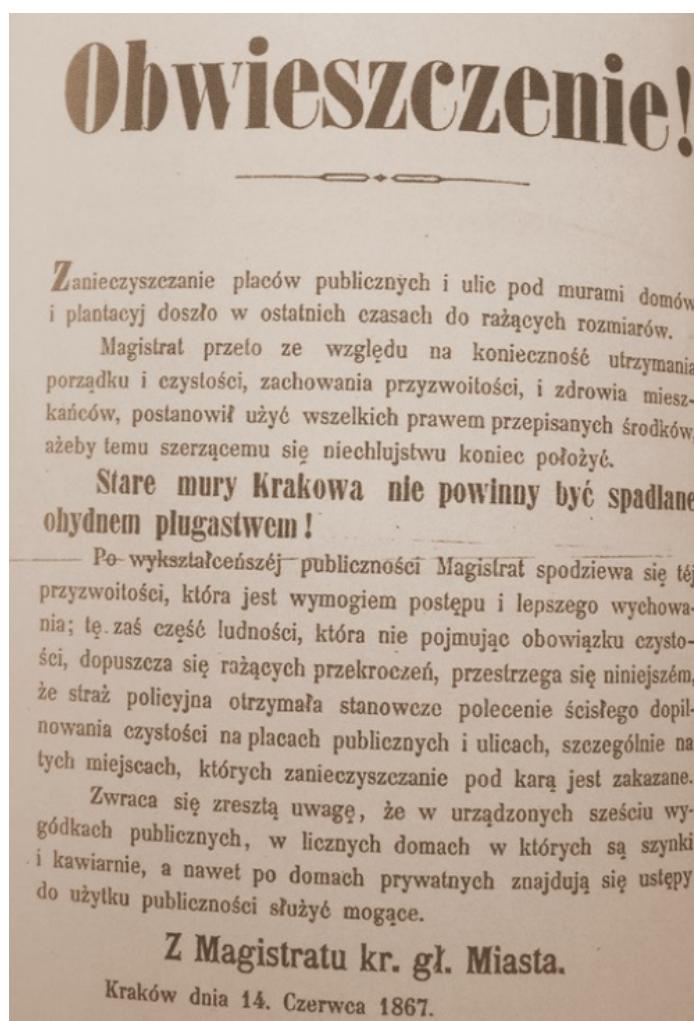
² Z tego względu miejsce to nazywane było Szeolem, czyli miejscem przebywania zmarłych (wg Starego Testamentu).

przełomie XVIII i XIX w. W jej wyniku nie tylko wzrosła znacząco ilość wytwarzanych odpadów komunalnych, ale zaczęły pojawiać się też nowe odpady przemysłowe. Gospodarka odpadami komunalnymi stawała się coraz bardziej zorganizowana, również w Polsce. W Warszawie w połowie XVIII wieku powstało najprawdopodobniej pierwsze przedsiębiorstwo oczyszczania pod nazwą „Tabor Miejski” (Janka, 2015). Zostało ono powołane na polecenie Marszałka Wielkiego Koronnego Franciszka Bielińskiego, który to w roku 1743 prawnie zakazał wyrzucania śmieci na ulicę. Sytuacja w stolicy była wówczas naprawdę krytyczna — od ok. 400 lat wszystkie miejskie odpady były gromadzone na wysypisku zorganizowanej na Górze Gnojnej, tuż za murami miejskimi³. Przez ten czas zebrała się tam pokaźna góra śmieci, która doskwierała mieszkańcom nie tylko z powodu dobywającego się z niej fetoru. Również jej wysokość zaczęła stanowić zagrożenie dla ludzi i okolicznych zabudowań. Składowisko oficjalnie zamknął Stanisław August Poniatowski, wyznaczając nowe wysypisko. Jednak nieoficjalnie jeszcze przez długi czas wyrzucano tam śmieci. Niestety funkcjonowanie „Taboru Miejskiego”, w wyniku utraconej przez Polskę niepodległości, zostało szybko przerwane. Warszawa w latach 1795 – 1806 wchodziła w skład zaboru pruskiego, a zaborca na swoich terenach utrzymywał zasadę, iż zamiatanie chodników i połowy jezdni należy do mieszkańców znajdujących się przy nich posiadłości.

Tymczasem w całej Europie ludzie coraz częściej szukali zatrudnienia w miastach, choć niejednokrotnie oznaczało to pracę w trudnych i bardzo niehygienicznych warunkach. W miastach szerzyły się kolejne epidemie (w samym tylko Hamburgu, wskutek zanieczyszczenia wody odpadami i fekaliami, zmarło na cholera w roku 1892 ok. 9000 mieszkańców). Na szczęście był to również czas intensywnego rozwoju medycyny. Pomiedzy rokiem 1850 a 1890 okryto istnienie bakterii i wirusów oraz udowodniono wpływ braku higieny na ich rozprzestrzenianie. Te odkrycie pociągnęło za sobą kolejne regulacje prawne, które miały przeciwdziałać zagrożeniom (Ryc.2.1). W zaistniałych okolicznościach rozwój bardziej wyrafinowanych metod unieszkodliwiania i utylizacji odpadów stał się jednym z kluczowych sposobów zapewniających bezpieczne warunki życia mieszkańców (Janka, 2015).

W drugiej połowie XIX w. w Wielkiej Brytanii, Niemczech i w Stanach Zjednoczonych powstają pierwsze spalarnie odpadów. Miały one nie tylko rozwiązać problem utylizacji nieczystości, ale również były źródłem energii tj. pary wodnej. Melosi (1996) podaje, że pierwszy tego typu obiekt powstał w roku 1870 w Paddington pod Londynem. Został on jednak szybko zamknięty ze względu na jego nieefektywność i dużą ilość generowanego smogu. Niemniej jeszcze przed I Wojną Światową tylko na terenie Wielkiej Brytanii powstało kilkaset kolejnych, już wydajniejszych spalarni. Z początkiem XX w. tego typu instalacje budowane były w kolejnych państwach europejskich. W Polsce pierwsza spalarnia odpadów została uruchomiona w Warszawie w roku 1912 i funkcjonowała aż do roku 1944, kiedy to została zniszczona w trakcie Powstania Warszawskiego. W Poznaniu w latach 1929 – 1954 również działał tego typu obiekt. Z początkiem lat 50-tych zaprzestawano budowania nowych spalarni. Obróbka termiczna

³ Skarpa znajdująca się na Starym Mieście w Warszawie, na końcu ulicy Celnej od strony Wisły.



Ryc. 2.1: Obwieszczenie magistratu miasta Krakowa z 1867 roku
 źródło: http://www.zgkim.zgora.pl/cms/images/pdf_files/C20_Historia_gospodarki_odpadami.pdf (data dostępu: 20.03.2015)

okazała się wówczas zbyt kosztowna w stosunku do coraz lepiej zorganizowanych składowisk odpadów (Janka, 2015).

Wraz z intensywnym rozwojem przemysłu rosło jednocześnie zapotrzebowanie na różne surowce, co nie pozostało bez znaczenia dla gospodarki odpadami pochodzącymi z gospodarstw domowych. Ich odzyskiwanie oraz regulacje prawne w tym zakresie nie były co prawda nowym pomysłem⁴, niemniej konieczne było zwiększenie efektywności tego procesu.

Stąd na przełomie XIX i XX wieku pojawiają się pierwsze instalacje do odzysku surowców wtórnych z odpadów komunalnych (Janka, 2015). Jednym z pierwszych odzyskiwanych tą drogą surowców była wełna pozyskiwana ze starych, zużytych ubrań. Rozwiązanie to zaproponował Benjamin Law w roku 1813. Jego instalacja funkcjonowała w West Yorkshire (Wielka Brytania) do 1914r. Natomiast w roku 1898 po drugiej stronie Atlantyku za sprawą George E. Waringa powstała w Nowym Yorku pierwsza ręczna sortownia odpadów.

⁴ W tym kontekście warto wspomnieć edykt królewski wydany przez Stanisław August Poniatowskiego w roku 1777. Nakazywał on pod groźbą kary zbieranie selektywne (na potrzebę Papierni Krajowych) materiałów nadających się na przygotowanie kleju tj. papierowe wióry, okrawki skór, zniszczone kawałki tkanin (gałgany) itp. (Janka, 2015).

Była częścią pierwszego systemu zbiórki selektywnej, obsługiwała 116 tysięcy mieszkańców i pozwalała na odzysk ok. 37% trafiających do niej odpadów (Humes, 2012). Na początku XX wieku powstają również pierwsze kompostownie odpadów miejskich.

Jednak absolutny przełom w zakresie postępowania z odpadami przyniosła I i II wojna światowa. Był to czas nie tylko intensywnego rozwoju przemysłu zbrojeniowego (w konsekwencji czego wzrosła potrzeba odzysku złomowanych metali), ale również pojawienie się broni chemicznej. Po wojnach pojawiło się zatem wiele toksycznych i niebezpiecznych dla zdrowia śmieci. William i Blackman (2001) wymieniają dwa szczególnie tragiczne incydenty, które zmieniły na zawsze nasze myślenie o gospodarce odpadami.

W roku 1972 w Wielkiej Brytanii na przedmieściach miasta Coventry znaleziono 36 beczek, pozostawionych bez żadnego zabezpieczenia, zawierających toksyczny cyjanek sodu. Tylko cudem uniknięto tragedii, gdyż miejsce ich składowania stało się placem zabaw dla okolicznych dzieci. Niebezpieczna substancja będąca w beczkach mogła spowodować śmierć miliona ludzi. Choć beczki zaczęły już korodować, to w porę zostały zauważone, zabezpieczone i przetransportowane w bezpieczne miejsce.

Niestety, historia tzw. „Love Canal” nie zakończyła się równie szczęśliwie. W latach 1930 – 1952 w Niagara Falls w stanie Nowy York (USA), w opuszczonym kanale gromadzono różne odpady (łącznie zdeponowano tam ok. 20 000 Mg substancji chemicznych). Gdy składowisko zostało zamknięte, zasypano je i posadzono na nim roślinność, a z czasem pobudowano tam szkołę oraz domy prywatne. Nowe inwestycje wymagały odpowiedniej infrastruktury, a w tym położenia sieci wodociągowej, która z czasem uległa rozszczelnieniu. Spowodowało to przedostanie się do sieci szkodliwych substancji, co po pewnym czasie przyniosło tragiczne konsekwencje. Duża część dzieci na tym terenie rodziła się z wrodzonymi wadami, odnotowano też zwiększoną liczbę infekcji dróg oddechowych i zaburzeń funkcjonowania układu nerwowego. Władze lokalne nie zareagowały na zaistniałą sytuację, co wywołało falę protestów nie tylko w mieście, ale i w całym kraju. Ostatecznie udało się sprowokować decydentów do podjęcia konkretnych działań. Konieczna okazała się ewakuacja mieszkańców, a cały teren uznano w 1977 roku obszarem klęski ekologicznej.

Wydarzenia te i im podobne sprawiły, iż cały świat dostrzegł zagrożenia jakie są związane z niewłaściwą gospodarką odpadami. W wyniku tego zaczęły powstawać kolejne przepisy i regulacje, jakie mają uchronić nas przed podobnymi tragicznymi zdarzeniami.

2.1.2. Gospodarka odpadami komunalnymi współcześnie

Obecnie postępowanie z odpadami jest ściśle regulowane przez władze poszczególnych państw oraz prawo lokalne. Pierwsze przepisy i regulacje w tym zakresie zaczęły pojawiać się w latach 70-tych XX wieku. Z początku koncentrowały się głównie na metodach bezpiecznego składowania odpadów np. ustawa Kongresu Stanów Zjednoczonych z roku 1965, która do dziś stanowi podstawę obowiązujących tam w tym zakresie przepisów (Kongres Stanów Zjednoczonych, 2012). Niedługo później zaczęły pojawiać się podobne regulacje prawne w krajach europejskich takich jak Wielka Brytania (Foltynowicz i Mancewicz, 2012),

Republika Federalna Niemiec (Bilitewski i in., 2006), czy Holandia (Foltynowicz i Mancewicz, 2015).

W owym czasie powrócono do budowania spalarni odpadów, tym razem wyposażonych w dużo lepsze rozwiązania technologiczne. Rozwijały się też inne instalacje służące unieszkodliwianiu i utylizacji śmieci, i dlatego szybko powstające akty prawne zaczęły obejmować także nowe aspekty gospodarki odpadami. Warto tu przywołać przykład Republiki Federalnej Niemieckiej, gdzie powstała na początku lat 70-tych Centralna Komórka ds. Odpadów przy Federalnym Urzędzie Zdrowia, która opracowała podstawowe, do dziś dnia obowiązujące na terenie Niemiec, wytyczne dotyczące utylizacji odpadów (Bilitewski i in., 2006).

Wraz z powstaniem Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali pojawiły się również pierwsze próby ustalenia wspólnych, międzynarodowych zasad gospodarowania odpadami na Starym Kontynencie. Podstawę ku temu dała Dyrektywa Rady Europy z 15 lipca 1975 w sprawie odpadów [75/442/EWG], dotycząca odzysku oraz unieszkodliwiania odpadów w sposób niezagrażający życiu ludzkiemu i niepowodujący szkód w środowisku. W ślad za nią zaczęły pojawiać się kolejne akty prawne regulujące różne aspekty postępowania z odpadami. Wszystkie mają służyć jednolitemu podejściu do zagospodarowania odpadów w całej Unii. Jego kierunek wyznacza przyjęta 19 lipca 2008 roku w dyrektywie Parlamentu Europejskiego w sprawie odpadów, hierarchia postępowania z odpadami. Według niej przede wszystkim należy ograniczać, korzystając ze wszystkich możliwych środków, ilość odpadów. Te zaś, których powstania nie da się uniknąć, w pierwszej kolejności muszą być poddane odzyskowi. Tym bardziej, że zdecydowana większość odpadów może być przetworzona i ponownie wykorzystana w przemyśle lub na użytek prywatny np. odpady biodegradowalne mogą być przez nas ponownie wykorzystane w naszym własnym ogródku. Pozostałości, których nie da się odzyskać, są przeważnie substancjami niebezpiecznymi. Zatem powinny być najpierw poddane unieszkodliwieniu, a dopiero na końcu można je składować na odpowiednio przygotowanych do tego celu miejscach. Przepisy obowiązujące w krajach unijnych zostają sukcesywnie zmieniane tak, by zachowanie tej hierarchii było możliwe nie tylko w teorii, ale i w praktyce.

Hierarchia ta determinuje zasady postępowania z odpadami obowiązujące nie tylko w Unii Europejskiej. Jej podstaw ideowych należy szukać w postanowieniach Konferencji „Środowisko i rozwój”, jaka z inicjatywy ONZ odbyła się w Rio de Janeiro w roku 1992. Zostały one wyrażone w dokumencie zatytułowanym Agenda 21 i podpisanym przez 172 kraje. Porozumienie to zakłada m.in. zasadę prewencji i przezorności oraz zrównoważonego korzystania z dóbr. Stąd gospodarka odpadami nastawiona na minimalizowanie ich ilości i odzysk tych, które zostały wytworzone, jest elementem wspólnym polityki międzynarodowej m.in. Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej i państw należących do Unii Europejskiej.

W tym miejscu należy podkreślić, że Stany Zjednoczone były nie tylko wśród światowych prekursorów w zakresie zorganizowanej gospodarki odpadami komunalnymi i sygnatariuszy porozumienia Agenda 21. Amerykanie od lat zdecydowanie przodują również w ilości wytworzonych odpadów komunalnych — obecnie ich roczna „produkcja” przekracza 222 miliony ton. Zajmują również 6 miejsce w światowej czołówce krajów wytwarzających najwięcej odpadów na

mieszkańca, produkując prawie 2 kg odpadów na osobę na dzień (Brown, 2015). Strumień ten w dużej mierze stanowią odpady plastikowe, ale niestety znaczący jest w nim również udział marnowanego jedzenia. Brown (2015) na podstawie wcześniej przeprowadzonych badań (Hall i in., 2009; Gunders, 2012) szacuje, że Amerykanie wyrzucają do kosza nawet do 40% wytworzonej żywności. Jednocześnie cały system zbiórki odpadów jest zorganizowany bardzo sprawnie, dzięki czemu te wielkie ilości pozostają nie zauważone przez obywateli, którzy w zdecydowanej większości nie zdają sobie w ogóle sprawy ze skali problemu. Na niekorzyść działa tutaj również wielkość Stanów Zjednoczonych — rozmiar kraju pozwala na składowanie dużej ilości odpadów, a powierzchnia użytkowa istniejących składowisk w dalszym ciągu wystarcza, by przyjmować wszystkie trafiające tam śmieci. Nie sprzyja to prowadzeniu polityki zrównoważonej gospodarki odpadami, gdyż „czego oczy nie widzą, tego sercu nie żal”. W roku 2012 w dalszym ciągu składowanych było prawie 54% wszystkich wytworzonych odpadów (EPA, 2015). Dla porównania zgodnie z danymi Eurostatu (2015) za rok 2012, udział odpadów wytworzonych w Unii Europejskiej, jakie trafiły na wysypiska wyniosła 48%.

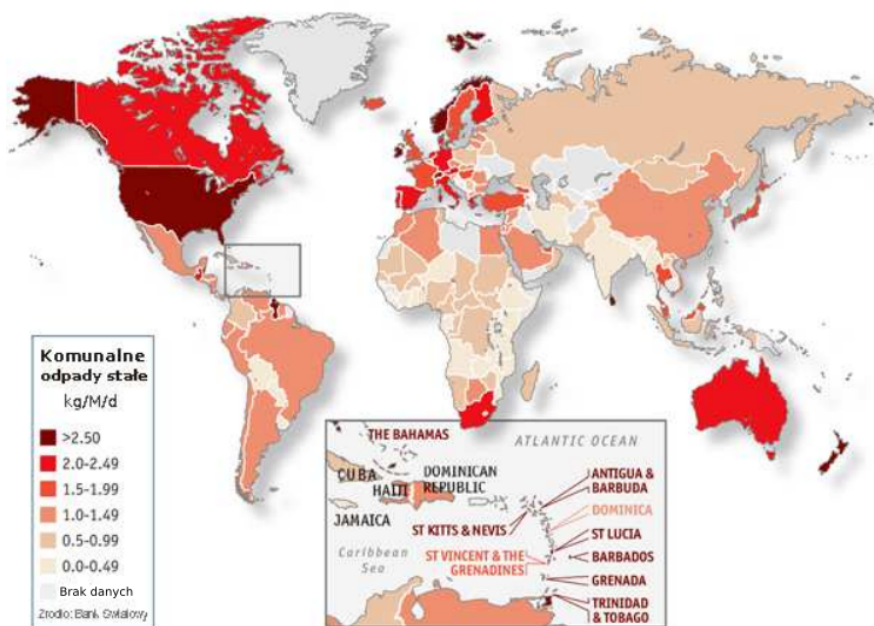
Mimo iż problem składowania odpadów komunalnych w USA nie jest tak palący, jak np. w Europie, Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych podejmuje wszelkie starania by również Amerykanie zaczęli działać w duchu idei „3 x R” (czyli „reduction, reuse, recycling” — ograniczanie, ponowne użycie i odzysk). Jednak nie narzuca ona odgórnie jednego standardu systemu zarządzania odpadami komunalnymi, a jedynie proponuje różne rozwiązania. Decyzje, które z nich zostaną wdrażone, zależą do władz lokalnych, które tworzą własne systemy zarządzania odpadami we współpracy z relatywnie małą liczbą prywatnych przedsiębiorstw. Obowiązują różne systemy opłat za zbiórkę odpadów np. podatek od worka/pojemnika na odpady. W zależności od lokalnie prowadzonej polityki, różne są również efekty wdrażania poszczególnych systemów.

W Ameryce Południowej natomiast ilość wytwarzanych odpadów wynosi średnio 1,1 kg/M/d (Bank Światowy 2012). Obecnie we wszystkich krajach tego kontynentu funkcjonują jedynie miejskie zakłady oczyszczania miasta, które odpowiadają za odbiór i zagospodarowanie odpadów. Większość odpadów jest składowana na kontrolowanych składowiskach odpadów, ale również spory procent trafia na niekontrolowane, dzikie wysypiska. Jednak na uwagę zasługuje fakt, iż w krajach Ameryki Południowej istnieje cała armia „wolontariuszy”, czyli osób poszukujących na ulicach odpadów, które mogą zostać odzyskane. Zbiórka takich materiałów dla firm zajmujących się odzyskiem jest ich codzienną pracą. W ten sposób, w samej tylko Brazylii udało się w roku 2006 odzyskać 94,4% puszek (Savino, 2008).

W Polsce przez okres istnienia PRL-u, czyli w latach 1945 – 1989, nie istniały odgórne przepisy porządkujące sytuację w tym zakresie. Generalnie państwo nie dostrzegało problemu odpadów. Sytuacja ta ma ciągle miejsce na terenie Federacji Rosyjskiej. Trzeba jednak zauważyć, że problem jest tam również dużo mniejszy. Sytuacja taka zawsze charakteryzuje państwa uboższe⁵, gdzie

⁵ Bądź kraje wielkich społecznych kontrastów, gdzie dochód na jednego mieszkańca jest generalnie wysoki, jednak zdecydowana większość obywateli ledwo wiąże koniec z końcem.

nie ma miejsca na marnotrawstwo (Ryc. 2.2). Tam życie zwykłej gazety jest zdecydowanie dłuższe, większa jest też ilość jej zastosowań.



Ryc. 2.2: Ilość odpadów wytwarzanych w roku 2012 w poszczególnych państwach wg Banku Światowego (Magazyn Economist, dostęp 1.04.2015 na: <http://www.economist.com/blogs/graphicdetail/2012/06/daily-chart-3>)

Obecnie widzimy to bardzo wyraźnie np. w Afryce. Nie istnieją tam żadne regulacje prawne dotyczące odpadów, ale jednocześnie poziom odzysku może zawstydić niejednego Europejczyka, któremu pomysłowość mieszkańców Afryki w tym zakresie nie mieści się przeważnie w głowie. Nie dziwi zatem, że średnia ilość odpadów wytwarzana przez jednego Afrykanina wg posiadanych oficjalnie danych to jedynie 0,65 kg/dzień (Bank Światowy, 2012). Problem stanowią jedynie nieliczne odpady wielkogabarytowe, takie jak porzucone w różnych miejscach zepsute samochody oraz śmieci, których nie da się już odzyskać. Te ostanie są składowane na tworzących się samoistnie wysypiskach. Niestety nie są one zabezpieczane przed szkodliwym oddziaływaniem na środowisko, a nadmiar odpadów jest spalany bez zachowania żadnych środków ostrożności... i to również dla przeciętnego Europejczyka jest trudne do pojęcia.

Jeszcze inna sytuacja panuje w krajach azjatyckich, gdzie największą powierzchnią, jak również gęstością zaludnienia odznaczają się Chiny, które siłą rzeczy mają decydujący udział w strumieniu odpadów komunalnych powstających na tym kontynencie. Jest to kraj rozwijający się bardzo szybko, również pod względem ilości produkowanych śmieci. W Chinach wytwarza się obecnie przeszło 1,5 miliarda ton odpadów rocznie, co daje im w rankingu światowym drugie miejsce zaraz po USA (Brown, 2015). W zależności od miejsca, masa odpadów generowana przez jednego mieszkańca waha się od 0,44 nawet do 4,3 kg/d (Bank Światowy, 2012), z czego większość jest składowana, a częściowo spalana. Odzysk nie jest popularną formą zagospodarowania odpadów,

nie selekcjonuje się też odpadów „u źródła”⁶. Siłą rzeczy nie funkcjonuje tu przyjęta powszechnie w Europie i USA hierarchia postępowania z odpadami. Jednocześnie powierzchnia Chin sprawia, że podobnie jak w przypadku Stanów Zjednoczonych, nie brakuje miejsca dla nowych składowisk. Jednak sytuacja jest tutaj bardziej skomplikowana. Kraj jest duży, ale zamieszkuje go prawie 1,4 miliarda ludzi. Priorytetowe znaczenie ma zatem zagospodarowanie terenu pod gospodarkę rolną, żeby zapewnić wszystkim wystarczającą ilość żywności. Stąd większość terenów nadających się na lokalizację kolejnego wysypiska odpadów może mieć potencjalnie również wiele innych, konkurencyjnych zastosowań. Dodatkowo wątpliwości budzi wpływ, jaki wywierają na środowisko funkcjonujące na terenie Chin instalacje termicznego unieszkodliwiania odpadów (Xudong i in., 2009). Ogólnie całość podejścia do gospodarki odpadami komunalnymi jest charakterystyczna dla szybko rozwijających się krajów — problem śmieci rośnie w zastraszającym tempie, a systemy, które mogły by stanowić jego rozwiązanie ciągle czekają na wdrożenie.

Generalnie widać wyraźnie, że planowana i bardziej zaawansowana gospodarka odpadami jest prowadzona raczej w krajach lepiej rozwiniętym, o wyższych dochodach (Raport Banku Światowego 2012). Jednak obywatele najbogatszych obszarów na świecie nie tylko generują najwięcej odpadów, ale również są bardziej świadomi swojego wpływu na otaczające ich środowisko. Starając się zmniejszyć te negatywne oddziaływanie, tworzą rozmaite kampanie edukacyjne, które kładą nacisk na zmniejszenie ilości generowanych śmieci, ich ponowne użycie i odzysk. W tych krajach standard stanowi zorganizowana zbiórka odpadów, odpowiednie zabezpieczenie miejsc, na których są składowane oraz wspieranie różnych innych metod zagospodarowania odpadów. Dużą popularnością cieszą się w nich spalarnie odpadów, na które biedniejszych krajów przeważnie nie stać. Sytuacja ta dotyczy wszystkich krajów należących do międzynarodowej Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD⁷), której członkiem od 1996 roku jest również Polska.

2.1.3. Zasady postępowania z odpadami komunalnymi w Polsce

W Polsce pierwsza ustawa regulująca gospodarkę odpadami (o utrzymaniu czystości i porządku w gminie) pojawiła się dopiero po przemianie ustrojowej, a dokładnie w roku 1996 i dotyczyła ogólnych zasad postępowania z odpadami komunalnymi. Jej treść została szybko uzupełniona o przepisy zawarte w ustawie o odpadach (Dz. U. 1997 Nr 96, poz. 592), dotyczące głównie zbiórki, zagospodarowania oraz unieszkodliwiania odpadów przemysłowych. Jednak z chwilą, gdy Polska została przyjęta do Unii Europejskiej konieczna była gruntowna zmiana tych przepisów, by dopasować nasze prawo do unijnych norm.

Unia Europejska przejawia tendencję do szczegółowego regulowania każdej dziedziny naszego życia. Ta sama sytuacja dotyczy gospodarki odpadami ko-

⁶ Jest to jedna z metod usprawniających odzysk odpadów, polegająca na odbiorze wyselekcjonowanych frakcji bezpośrednio z gospodarstw domowych. Inną często stosowaną metodą, jest zbiórka poszczególnych frakcji odpadów w specjalnie przygotowanych do tego celu punktach.

⁷ Organization for Economic Co-operation and Development - międzynarodowa organizacja o profilu ekonomicznym, która została utworzona 14 grudnia 1960 roku celem wzmocnienia ekonomicznego sojuszników USA oraz wsparcia najmniej rozwiniętych państw; OECD zrzesza obecnie 34 wysoko rozwinięte i demokratyczne państwa.

munalnymi. Zatem w związku z dołączeniem do UE od wielu lat następował proces zmian i wdrażania nowych przepisów, którego apogeum przypada na lata 2011 – 2012. Ogólne zamieszanie zaczęło się w lipcu roku 2011, kiedy to uchwalono zmiany w ustawie o utrzymaniu porządku i czystości w gminie oraz kilku innych powiązanych ustawach (Dz. U. 2011 nr 152 poz. 897). Rozpoczął się proces wdrażania nowego systemu, będącego wielkim wyzwaniem organizacyjnym. Na domiar złego, bardzo długo czekano na kolejne rozporządzenia, które miały dać samorządom praktyczne wytyczne odnośnie wprowadzanych zmian. Wielką niewiadomą stanowiła wówczas ustawa o odpadach, która została dostosowana do nowych przepisów dopiero w grudniu roku 2013 (Dz. U. 2013 poz.21), a już na początku 2015 roku ukazała się jej nowelizacja (Dz. U. 2015 poz. 122).

Obywateli bezpośrednio dotykały jednak przede wszystkim zmiany w ustawie o utrzymaniu czystości i porządku w gminie (Dz. U. 2011 nr 152 poz. 897). Należy tutaj podkreślić, że od samego początku nie była ona pozbawiona błędów, poczynając od nieścisłości, z punktu widzenia języka prawniczego, niektórych sformułowań, a kończąc na wielu wątpliwych rozwiązaniach narzuconych przez ustawodawcę. Gorąca debata publiczna, jaka toczyła się od tego czasu, doprowadziła do wprowadzenia koniecznych zmian w, świeżo przecież uchwalonych, przepisach. Weszły one w życie częściowo w roku 2013 (Dz. U. 2013 poz. 1399), w formie jednolitego tekstu ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach. Jednak podobnie, jak w przypadku zmian w ustawie o odpadach, tak i w tym przypadku konieczne były kolejne poprawki, które weszły w życie w roku 2015 (Dz. U. 2015 poz. 87).

Wracam jednak do roku 2013, kiedy to z dniem 1 lipca wszyscy mieliśmy obudzić się w nowej „śmieciowej” rzeczywistości. Wszystkie regionalne i lokalne samorządy zostały zmuszone ekspresowo dostosować się do nowego porządku. Wszyscy, od samorządowców począwszy, a na przedsiębiorcach odbierających odpady skończywszy, byli jednego zdania, że to zdecydowanie za szybko. Choć od dawna wiadomym było, że zmiany i tak zostaną wprowadzone, to jednak bez ostatecznej znajomości litery prawa jakie ma obowiązywać, władze lokalne trwały w zawieszeniu. Później nastąpiło pospolite ruszenie, ale obowiązujące w Polsce procedury administracyjne nie pozwoliły na cud. Prace samorządów, przetargi, zamówienia publiczne — to wszystko musi trwać. W samym Poznaniu spowodowało to opóźnienie we wdrożeniu przepisów o prawie półtora roku. Jednak w końcu udało się rozstrzygnąć przetargi, powymieniać pojemniki na odpady i oswoić mieszkańców z faktem zaistnienia tzw. „podatku śmieciowego”.

Nie oznacza to, że wdrożone zmiany zyskały już akceptację społeczną. Wręcz przeciwnie. Nowa rzeczywistość ciągle budzi wiele kontrowersji. Obecny system odwrócił istniejące wcześniej zasady o przysłowiowe 180 stopni (Tab. 2.1).

Wcześniej „wytwórca odpadów komunalnych”, czyli przeciętny Kowalski, był zarazem ich „posiadaczem”. To na nim spoczywała odpowiedzialność za wywóz nieczystości z jego posiadłości, i to on decydował o tym z którą firmą podpisze umowę w tym zakresie. Oczywiście w przypadku większych osiedli mieszkaniowych w zabudowie wielorodzinnej, rolę tę spełniała spółdzielnia mieszkaniowa.

W tym systemie gmina nie miała wiele narzędzi by działać na rzecz zrównoważonej gospodarki odpadami komunalnymi. Co prawda firmy odbierające odpady musiały spełniać podstawowe wymogi bezpiecznego i ekologicznego trans-

Tab. 2.1: Porównanie najważniejszych różnic pomiędzy starym systemem gospodarowania odpadami komunalnymi i wdrożonymi 1 lipca 2011 zmianami na podstawie ustawy z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. z 2005 r. Nr 236, poz. 2008, z późn. zm.) oraz ustawy z dnia 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustawy (Dz. U. z 2011 r., nr 152, poz. 897)

„STARE ZASADY”	„NOWE ZASADY
<i>Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. z 2005 r. Nr 236, poz. 2008, z późn. zm.)</i>	<i>Ustawa z dnia 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2011 r., nr 152, poz. 897)</i>
Mieszkańcy byli wytwórcami odpadów, którzy jednocześnie odpowiadali za wywóz nieczystości ze swoich posesji (podpisywali umowy na ich wywóz osobiście lub za pośrednictwem Spółdzielni Mieszkaniowych).	„Zarządzanie śmieciami” zostaje powierzone samorządom, a te wyłonią firmy do wywozu nieczystości w przetargach – koszty systemu ponoszą mieszkańcy na podobnej zasadzie jak w przypadku prądu czy gazu.
PROBLEMY	ROZWIĄZANIA
Samorządy lokalne pozbawione były odpowiednich narzędzi, pozwalających na wystarczającą kontrolę i umożliwiających zarządzanie systemem odpadami jako całością; niewystarczające środki do prowadzenia efektywnej gospodarki odpadami.	Opłata ponoszona przez mieszkańców za wywóz odpadów będzie uwzględniać wszystkie koszty związane z odbiorem, zbieraniem, transportem, odzyskiem, unieszkodliwianiem i składowaniem odpadów
nielegalne wysypiska — tworzone tak przez mieszkańców, którzy nie mieli podpisanej umowy na wywóz odpadów, jak i przez nieuczciwych odbiorców.	Ujednolicone standardy i większe możliwości w zakresie monitoringu systemu.

portu odpadów. Tak było przynajmniej na papierze. W rzeczywistości jednak nie było możliwości by wszystkich poddać odpowiedniej kontroli — w samym tylko Poznaniu zarejestrowanych wówczas było przeszło 100 firm posiadających zgodę na odbiór odpadów.

Wiele firm celem zmniejszenia kosztów łamało przepisy. Dodatkowo sami mieszkańcy nie przestrzegali panujących zasad i zamiast zlecać wywóz odpadów uprawnionym do tego podmiotom, sami zajmowali się ich transportem. Takie odpady trafiały bądź do pobliskich niezamykanych punktów zbiórki odpadów w zabudowie wielorodzinnej, bądź do lasów, gdzie nagminnie pojawiały się tzw. „dzikie” wysypiska śmieci.

Dodatkowym problemem tego systemu był brak oddzielnego źródła finansowania gospodarki odpadami. Wiadomo, że budżety gminy są i tak znacznie obciążone, a odpady nigdy nie były ich zadaniem priorytetowym. Nawet z punktu widzenia odbioru społecznego inwestycji finansowanych przez władze, zawsze ważniejsze było, by pokryć koszty budowy nowej drogi, boiska dla dzieci, czy renowacji szkoły. Po rozdzieleniu budżetu z trudem znajdowano zatem środki na chociażby samo utrzymanie składowisk odpadów. Warto zwrócić tu uwagę, że

koszty tych instalacji ponosiła gmina, a nie firma odbierająca odpady. Jednocześnie obowiązujące w Polsce stawki za tonę odpadów jakie trafiały na składowiska, były bardzo niskie (zwłaszcza w porównaniu z sąsiednimi państwami). Nie sprzyjało to promowaniu odzysku odpadów. W dodatku w mniejszych gminach rzadko kiedy był przewidziany osobny etat dla specjalisty ds. gospodarki odpadami. Było to raczej dodatkowe zadanie niejednokrotnie przypadkowo wybranego pracownika gminy. Trudno zatem mówić w tym systemie o jakimkolwiek planowaniu gospodarki odpadami na szerszą skalę. Jednak oczywiście z punktu widzenia przysłowiowego Kowalskiego, był to komfortowy system, który pozwalał mu samodzielnie wybrać jedną z wielu firm odbierających odpady. Oczywiście tę najbardziej korzystną z jego prywatnego punktu widzenia.

Nowy system dał szansę na zmianę tej sytuacji. Umożliwił efektywniejsze planowanie gospodarki odpadami, opracowanie spójnego systemu działającego w obrębie całej gminy i optymalizację zbiórki odpadów. Dobrym przykładem jest planowanie zbiórki odpadów w zabudowie jednorodzinnej. Jeden odbiorca odpowiedzialny za wywóz śmieci z całego sektora może opracować trasy w taki sposób, by na jednej ulicy pojawiała się tylko jedna śmieciarka raz na tydzień bądź dwa, nie zaś przedstawiciele wielu firm kilka razy w tygodniu. W takim układzie bardziej oszczędne i ekonomiczniejsze rozwiązania są naprawdę realne. Możliwe jest też wprowadzenie odpowiednich zachęt dla mieszkańców, które wspomogą zbiórkę selektywną, czy też wyeliminują problem nielegalnych wysypisk. W teorii wprowadzone zmiany mogą przynieść naprawdę wymierne korzyści.

Niestety zawsze i wszędzie, oprócz dobrych intencji możliwe są też błędy i wypaczenia idei która przyświecała ustawodawcy. W sposób szczególny narażona jest na nie administracja publiczna. Należy tu podkreślić trzy najważniejsze ich źródła.

Po pierwsze, funkcjonujący w Polsce system przetargowy nie gwarantuje wyboru najlepszego, a jedynie najtańszego rozwiązania.

Ponadto dostęp do podstawowych danych, które są niezbędne dla efektywnego planowania gospodarki odpadami, takich jak ilość osób zamieszkujących poszczególne gospodarstwa domowe, jest w polskiej rzeczywistości bardzo utrudniony. Wymiana informacji pomiędzy poszczególnymi urzędami i jednostkami administracyjnymi pozostawia wiele do życzenia. Na przykładzie samego tylko Poznania mamy sytuację, w której innymi danymi odnośnie liczby mieszkańców dysponuje Wydział Spraw Obywatelskich UMP, a innymi GUS. Jednocześnie żadna z jednostek nie dysponuje pełną informacją odnośnie liczby mieszkańców miasta (zawierającą również dane np. wynajmujących prywatne kwatery, głównie studentów). Inny jest zapis poszczególnych punktów adresowych w Zarządzie Geodezji i Katastru Miejskiego GEOPOZ, a inny w Wydziale Spraw Obywatelskich, co sprawia, że trudno te dane zestawić ze sobą. Poza tym szczegółowe informacje zawarte w deklaracjach mieszkańców odnośnie osób zamieszkujących poszczególne gospodarstwa domowe są gromadzone wyłącznie przez administratorów spółdzielni mieszkaniowych. Jednostka odpowiedzialna za opracowania dla całego Poznania systemu gospodarki odpadami otrzymuje jedynie zbiorcze dane dla całych obszarów obsługiwanych przez spółdzielnię. Mając tak nie-

kompletne i niespójne dane trudno jest opracować jednolity i rzetelny system gospodarki odpadami.

Na koniec należy pamiętać, że osoby pełniące na szczeblu lokalnym funkcje odpowiedzialne za organizację odpadów komunalnych często nie zostały po prostu odpowiednio przygotowane do realizacji tego zadania. Wiedza dotycząca nowych przepisów nigdy nie zastąpi wielu lat praktyki zawodowej związanej z gospodarowaniem odpadami komunalnymi. Dopóki osoby mające rzeczywiste doświadczenie w tym zakresie nie będą decydowały o systemie panującym na terenie danej gminy, dopóty istnieje spore ryzyko, że wprowadzone zmiany będą generowały więcej szkód, niż korzyści.

2.1.4. System zarządzania odpadami komunalnymi w Poznaniu

Jeszcze przed wprowadzeniem zmian w przepisach dotyczących gospodarki odpadami komunalnymi, w Poznaniu prowadzona była zbiórka selektywna. W zabudowie jednorodzinnej dominował system workowy. W ten sposób zbierane były odpady zielone, szkło, makulatura i tworzywa sztuczne. System pojemnikowy obowiązywał zaś w zabudowie wielorodzinnej (używano, w zależności od osiedla, różnych typów pojemników). Poza pojemnikami na tworzywa sztuczne, makulaturę i szkło, można było spotkać niejednokrotnie rozróżnienie na szkło białe i kolorowe oraz osobne pojemniki na baterie. Obok pojemników na odpady zdarzały się również kontenery na zużytą odzież, obsługiwane m.in. przez Caritas Polska. Dodatkowo istniały na terenie miasta 3 punkty gromadzenia odpadów problemowych (w tym wielkogabarytowych, takich jak meble i duży sprzęt AGD) oraz mobilny punkt zbiórki odpadów problemowych tzw. „gratowóz”.

W roku 2010 powstał Związek Międzygminny „Gospodarka Odpadami Aglomeracji Poznańskiej” (ZM GOAP)⁸, który zobowiązany był opracować od podstaw cały system zarządzania odpadami na terenie Poznania i gmin ościennych. Odpowiada ona za to zadanie również obecnie.

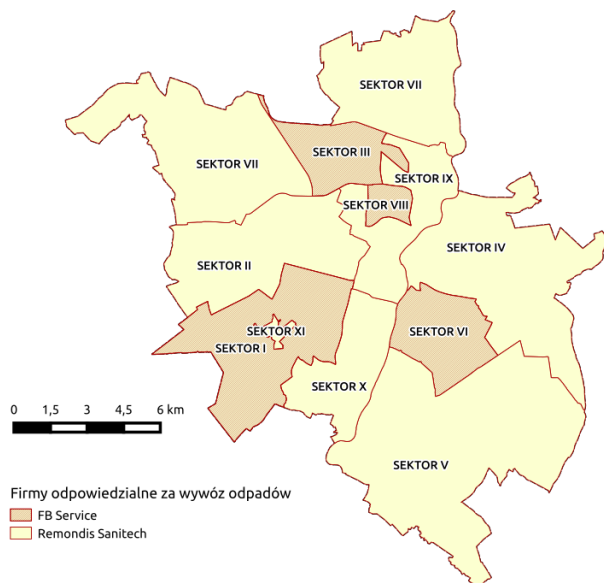
Zmiany przepisów w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi, które zobowiązały organy administracji publicznej (w tym GOAP) do gruntownej rewizji istniejącego systemu, weszła w życie 1 lipca 2011 roku (Dz. U. 2011 nr 152, poz. 897). Ustawodawca oczekiwał, że nowy system zacznie obowiązywać w lipcu 2013 r. W Poznaniu rozpoczął się zatem tzw. „okres przejściowy”, w czasie którego zaczęły już funkcjonować niektóre elementy nowego systemu gospodarki odpadami komunalnym. Między innymi rozpoczęto zbieranie od mieszkańców deklaracji odnośnie liczby osób zamieszkujących w gospodarstwach domowych. Niemniej w większości cały system zbiórki funkcjonował jeszcze ciągle na starych zasadach, np. za odbiór odpadów od mieszkańców odpowiadały ciągle te same firmy.

Przejsie pełnej transformacji do 2013 r. okazało się jednak niemożliwe nie tylko ze względów administracyjnych, ale również z powodu ciągle nie rozwiązanych kwestii spornych w zakresie przepisów ustalanych na szczeblu centralnym.

⁸ Jego statut został zatwierdzony 30 września 2010 przez samorząd miasta Poznań oraz 9 gmin ościennych: Buku, Czerwonaka, Kleszczewa, Kostrzyna, Murowanej Gośliny, Obornik, Pobiedzisk, Suchego Lasu i Swarzędza. Gmina Suchy Las wystąpiła jednak ze Związku z końcem 2013 roku.

Z tej przyczyny okres przejściowy wydłużył się do lipca 2014 roku, a wszystkie wymagane przez nowy system zmiany zostały tak naprawdę wdrożone dopiero w roku 2015.

Zgodnie z nową ustawą o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2015 poz.1399) zdecydowano się podzielić Poznań na 11 sektorów zbiórki (ZM GOAP, 2013). Podstawowym kryterium brany pod uwagę w trakcie tworzenia sektorów były dotychczas funkcjonujące podziały na jednostki administracyjne miasta oraz wypracowane między nimi formy współpracy (Ryc. 2.3).



Ryc. 2.3: Podział Poznania na 11 sektorów zbiórki odpadów obowiązujący od 12 marca 2013 r. do 1 stycznia 2018 r. Firmy odpowiedzialne za ich odbiór z poszczególnych sektorów zostały wybrane w sierpniu roku 2014, na mocy przepisów o zamówieniach publicznych

Dla każdego z sektorów wyłoniono na mocy przepisów o zamówieniach publicznych⁹ firmy odpowiedzialne za odbiór odpadów komunalnych. W obecnym systemie firmy te są zobowiązane do posiadania odpowiedniego taboru (m.in. pojazdów z rejestracją trasy przejazdu w oparciu o GPS oraz jednego posiadającego system wagowy, dzięki któremu możliwe będzie monitorowanie ilości wytwarzanych odpadów). Firmy te mają również obowiązek raportowania raz na miesiąc do ZM GOAP ilości odpadów zebranych w poszczególnych sektorach. Raz na pół roku zaś wymagane jest przeprowadzenie, przy wykorzystaniu pojazdów z systemami wagowymi, szczegółowego badania ilości odpadów w obrębie jednego sektora.

Od sierpnia 2014 za odbiór odpadów komunalnych w poszczególnych sektorach odpowiadają dwa konsorcja firm: Remondis Sanitech oraz FB Service. Stąd na przełomie 2014 i 2015 roku nastąpiła w poszczególnych sektorach wy-

⁹ Czyli w drodze przetargów, których przeprowadzenie okazało się niełatwym zadaniem. Przetarg w pierwszym podejściu oprotestowano i w konsekwencji, unieważniono. Dopiero ponowne rozpięcie konkursu umożliwiło wyłonienie firm odpowiedzialnych za zbiórki w poszczególnych sektorach miasta. Cała procedura opóźniła jednak znacząco ostateczne wdrożenie nowego systemu

miana pojemników na odpady oraz zmiany harmonogramu ich wywozu. Tym sposobem z rocznym opóźnieniem udało się ostatecznie wprowadzić wszystkie zmiany wymagane przez nowe przepisy.

2.1.5. Badania ilościowe i jakościowe odpadów komunalnych na terenie Poznania

Badania dotyczące odpadów komunalnych na terenie Poznania podejmowano już kilkakrotnie. Pierwsza bardziej szczegółowa analiza tego rodzaju została przeprowadzona na początku lat 90-tych poprzedniego wieku przez Japońską Agencję Współpracy Międzynarodowej (Jędrczak i Szpadt, 2006).

Niedługo później podjęto na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza próbę dokładniejszej analizy składu ilościowego i jakościowego odpadów komunalnych z uwzględnieniem różnych typów zabudowy. Bogajewski (2000) podzielił Poznań na 4 rodzaje obszarów, w których miał dokonać szczegółowych badań uwzględniających tak aspekt czasowy, jak i przestrzenny gromadzenia odpadów komunalnych (Ryc. 2.4). Jednak przepisy sanitarne oraz utrudnienia we współpracy z firmami odbierającymi odpady sprawiły, że uzyskany przez wyżej wymienionego autora wynik nie pozwala na wnioskowanie o ilości i charakterystyce odpadów pochodzących z poszczególnych części miasta. Dodatkowo zaproponowany podział nie pozwala na jednoznaczne wnioskowanie odnośnie czynników wpływających na ilość oraz jakość powstających odpadów komunalnych, gdyż Bogajewski wprowadził typologię będącą połączeniem wybranych typów gospodarstw domowych z takimi charakterystykami zabudowy, jak stosowany system ogrzewania.

Dopiero badania przeprowadzone w latach 2007 – 2008 na zlecenie Urzędu Miasta Poznania przez Miejskie Laboratorium Chemiczne w Warszawie dały bardziej szczegółową wiedzę odnośnie odpadów wytwarzanych w mieście (Mamelka, 2008). Badania te uwzględniały podział na 4 typy środowisk zgodne z klasyfikacją zaproponowaną przez Jędrczaka i Szpadta (2006). W każdym z tych typów przeprowadzono 5 niezależnych pomiarów uwzględniających zarówno objętość, jak i masę odpadów oraz ich skład morfologiczny, zgodnie z obowiązującymi w Polsce normami branżowymi i Polskimi Normami.¹⁰

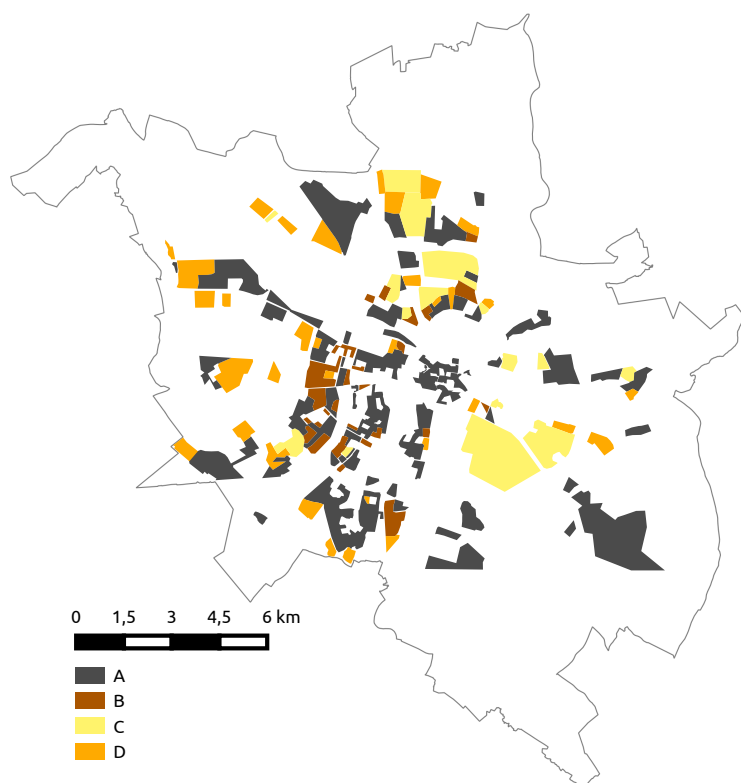
Jednak nawet tak szczegółowa analiza (Mamelka, 2008) nie daje pełnego obrazu dotyczącego ilości odpadów powstających w Poznaniu. Badania te miały ograniczenia, wynikające z faktu, iż próbkowania dokonano tylko w wybranych lokalizacjach (ulice obsługiwane przez firmę Remondis na os. Kopernika, Jeźcach i Winogradach). Nie możemy więc wnioskować na ich podstawie ani o zróżnicowaniu przestrzennym, ani o zmienności czasowej ilości czy jakości wytwarzanych odpadów komunalnych. Nie wiemy nawet, do jakiego stopnia wyniki pochodzące z tych badań są reprezentatywne dla całego miasta.

Zgodnie z tymi wynikami (Mamelka, 2008), wartość *WWN* dla miasta w latach 2007–2008 wyniosła 0,80 kg/*M/d*. Wartość ta jest znacznie zawyżona w stosunku do całkowitej ilości odpadów komunalnych zebranych w tym czasie na obszarze Poznania. W latach 2007 – 2008 odebrano bowiem od mieszkańców

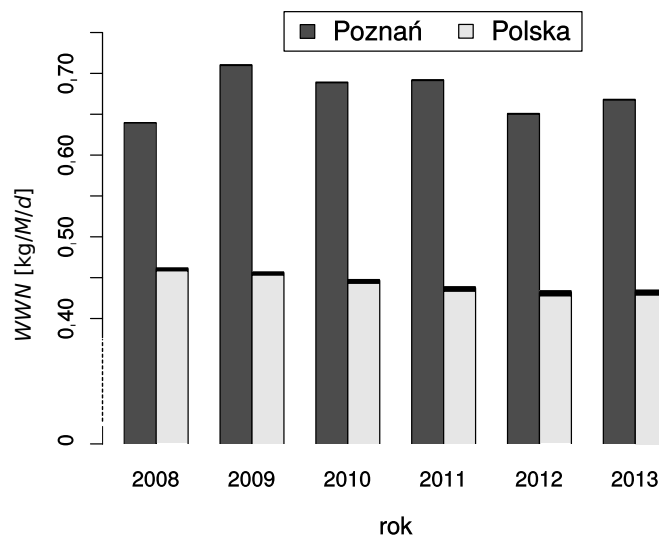
¹⁰ Normy branżowe i Normy Polskie były obowiązkowe w Polsce do roku 1993. Obecnie stosowanie się do wszystkich norm jest dobrowolne, za wyjątkiem działań wykonywanych ze środków publicznych, które wymagają uwzględnienia Norm Polskich.

miasta 130,6 Mg odpadów, co oznacza 0,64 kg/M/d. Te rozbieżności wskazują, że badania przeprowadzone w latach 2007 – 2008 (Mamełka, 2008) nie dają pełnego obrazu odnośnie wielkości i zróżnicowania WWN w obrębie Poznania.

Wartość WWN równa 0,64 kg/M/d wskazuje, że Poznań był jednym z miast charakteryzujących się najwyższą w Polsce produkcją odpadów komunalnych. Zgodnie z informacją zawartą w KPGO2014 (2010), w roku 2008 średnia wartość WWN dla miast wynosiła 0,52 kg/M/d. Warto też zwrócić uwagę, iż w kolejnym, 2009 roku wartość WWN w Poznaniu znacząco wzrosła, później jednak obserwowaliśmy spadek ilości odpadów komunalnych odbieranych z gospodarstw domowych. Dopiero po pierwszym roku funkcjonowania w Poznaniu nowego systemu zarządzania odpadami, czyli w roku 2013, zaobserwowano ponowny wzrost wskaźnika do 0,67 kg/M/d (Ryc. 2.5).



Ryc. 2.4: Podział obszaru Poznania na 4 typy zabudowy wykazujące istotny związek z ilością i jakością produkowanych tam odpadów komunalnych, opracowany na podstawie rękopiśmiennej mapy przez Bogajewskiego (2000): typ A – stare kamienice, w dużej mierze zbudowane przed 1945 r., mocno zniszczone, ogrzewane piecami kaflowymi oraz domki jednorodzinne ogrzewane piecami kaflowymi lub C.O. na węgiel lub koks, typ B – zabudowa wielorodzinna zbudowana po 1945 r., zamieszkała przez osoby starsze w wieku emerytalnym, mało rodzin z dziećmi, niski standard mieszkań, często „ślepe” kuchnie o małej powierzchni, typ C – podobna zabudowa jak w przypadku typu B, ale posiadająca zdecydowanie większą powierzchnia mieszkaniową, częściej zamieszkała przez rodziny z małymi dziećmi, typ D – zabudowa wielorodzinna i jednorodzinna, zbudowana po 1985 roku



Ryc. 2.5: Wartości WWN odnotowane w okresie lat 2008 – 2013 — porównanie Poznania i Polski opracowane na podstawie danych GUS (Bank Danych Lokalnych)

Sytuacja ta zapewne związana jest ze zmianami wprowadzonymi w systemie zarządzania odpadami komunalnymi. Trudno na ten moment przewidywać, czy tendencja wzrostowa będzie się utrzymywać. Zauważyć jednak należy, że w całym kraju od roku 2008 wartość WWN stale maleje i zmiany legislacyjne zdają się nie wpływać znacząco na ten stan rzeczy. W jakimś stopniu dowodzi to złożoności problemu gospodarki odpadami na terenie Poznania. Po przedstawieniu wyników badań ilościowego i jakościowego składu odpadów komunalnych wytworzonych w Poznaniu w okresie październik – grudzień 2007 oraz kwiecień – maj 2008 r. (Mamelka, 2008), warto zwrócić także uwagę na inne jeszcze źródło takich danych. Badania, o których tu mowa, wykonali w 70 gospodarstwach domowych, studenci Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM (Szymczak, 2013). Na przełomie roku 2009 i 2010 w każdym z wspomnianych gospodarstw prowadzono segregację odpadów i pod koniec każdego tygodnia ważono wszystkie wyselekcjonowane frakcje. Tym sposobem obliczono WWN dla 5 typów gospodarstw domowych, w których mieszkali studenci biorący udział w badaniu: domy studenckie (DS), mieszkanie studenckie, dom rodzinny w zabudowie jednorodzinnej w Poznaniu, poza Poznaniem (ale w obrębie aglomeracji Poznańskiej) i w zabudowie wielorodzinnej. Średnia wartość WWN otrzymana w wyniku tych badań ($0,56 \text{ kg}/M/d$) była zdecydowanie niższa w porównaniu z średnią wartością WWN określoną dla całego miasta w latach 2009 i 2010 na poziomie ok. $0,7 \text{ kg}/M/d$ (Bank Danych Lokalnych GUS). Trzeba jednak zwrócić uwagę, że badana próba (Szymczak, 2013) była niereprezentatywna i nie oddająca w pełni przekroju społecznego mieszkańców miasta. W studenckich gospodarstwach domowych powstaje zdecydowanie większa ilość odpadów niż w innych ich typach (Tab. 2.2).

Zarówno w przypadku badań przeprowadzonych na zlecenie Urzędu Miasta Poznania (Mamelka, 2008), jak i badań studentów UAM przeprowadzonych w latach 2009 – 2010 (Szymczak, 2013) określona została morfologia analizo-

Tab. 2.2: Wartość *WWN* dla różnych typów gospodarstw domowych na podstawie badań przeprowadzonych w Poznaniu przez Szymczak (2013)

	DS	Mieszkanie		Dom jednorodzinny	
		studenckie	rodzinne	w Poznaniu	w aglomeracji Poznańskiej
WWN [kg/M/d]	0,56	0,47	0,4	0,69	0,66
liczba mieszkańców	19	86	49	43	60

wanych odpadów (Ryc. 2.6). Wyniki te nie mogą być w pełni porównywalne, gdyż studenci rejestrowali wszystkie frakcje odpadów komunalnych wytwarzane w gospodarstwach domowych objętych badaniami. W badaniach przeprowadzonych dla UMP w 2008 roku analizowano zaś jedynie skład jakościowy odpadów komunalnych zmieszanych, bez uwzględnienia frakcji odpadów zbieranych selektywnie. Stąd wartości procentowego udziału frakcji odpadów biodegradowalnych w całkowitej masie analizowanej próby są w przypadku analiz wykonanych na zlecenie UMP w roku 2008 zdecydowanie większe, nie tylko od wartości uzyskanych w badaniach studenckich, ale również od średniej krajowej dla dużych miast. Zgodnie z KPGO2014 wynosi ona bowiem 28,9%¹¹.

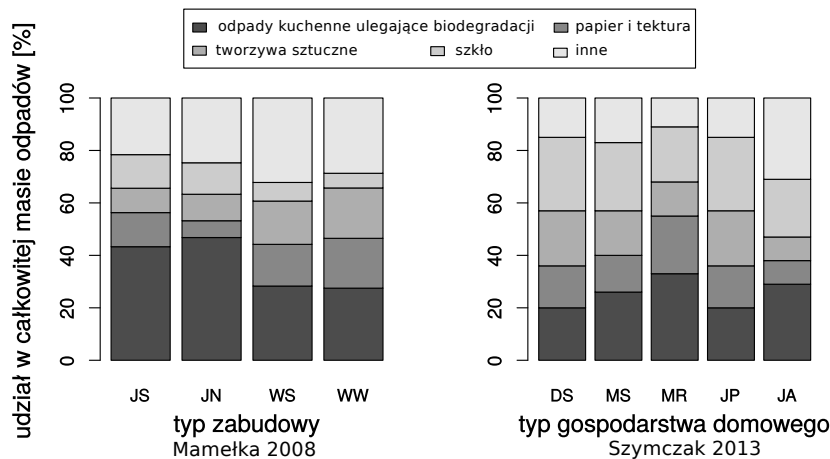
Badania te uzupełniają oczywiście informację, odnośnie jakości odpadów wytwarzanych w Poznaniu. Stosunkowo mały udział frakcji odpadów, które mogą być poddane recyclingowi, w ogólnej masie próby odpadów pochodzących z zabudowy jednorodzinnej pokazuje, że zbiórka selektywna jest w tym typie zabudowy efektywniejsza. To z kolei wpływa istotnie na wartości wskaźników *WWN* i *OWN* (por. rozdział 2.4). Czy jednak jest to sytuacja typowa dla wszystkich rodzin mieszkających w domach jednorodzinnych, czy tylko dla próby analizowanych obszarów testowych? Przeprowadzone dotychczas badania nie pozwalają odpowiedzieć na to pytanie.

Badania przeprowadzone przez studentów UAM pokazują natomiast wpływ różnych typów gospodarstw domowych na strukturę jakościową wytwarzanych w nich odpadów komunalnych. Między innymi można zauważyć większy udział frakcji szkła w całkowitym strumieniu odpadów pochodzących z domów i mieszkań studenckich. Z drugiej strony w gospodarstwach domowych należących do zabudowy jednorodzinnej można zaobserwować duży udział tzw. frakcji odpadów innych, czyli nie będących typowymi odpadami ulegającymi biodegradacji bądź nadającym się do recyclingu. W skład tej frakcji mogą wchodzić np. tekstylia, odpady niebezpieczne, metale, czy popiół. Ponieważ popiół jest ciężki, prawdopodobnie stanowi istotną część masy odpadów pochodzących z tych gospodarstw domowych. Tym bardziej, że zwłaszcza na terenach znajdujących się poza zwartą zabudową miasta, palenie śmieci bywa ciągle praktykowane.

Jednak na podstawie tak przeprowadzonych badań nie jest możliwe, by jednoznacznie wskazać konkretne obszary, w których udział poszczególnych frakcji jest istotnie większy w stosunku do średniej dla całego miasta. Badania te nie uwzględniają też specyfiki gospodarstw domowych niezamieszkałych przez studentów. Nie dają też możliwości na wskazanie tych części Poznania, które

¹¹ Skład morfologiczny odpadów komunalnych wytwarzanych w dużych miastach został szczegółowo opisany w KPGO2014

są zamieszkałe przez większą liczbę studentów. Byłaby to bowiem najcenniejsza informacja. Udział odpadów wytwarzanych przez studentów w całkowitym strumieniu odpadów powstających w Poznaniu może być znaczący, gdyż jest to miasto typowo akademickie. Tymczasem pozostaje on w obecnym systemie zbiórki w dalszym ciągu nieuchwytny.



Ryc. 2.6: Skład morfologiczny odpadów zmieszanych powstających w Poznaniu. Porównanie udziału wyróżnionych frakcji w poszczególnych typach zabudowy (JS – jednorodzinna stara, JN – jednorodzinna nowa, WS – wielorodzinna stara, WW – wielorodzinna wysoka), oraz typach gospodarstw domowych (DS – domy studenckie, MS – mieszkania studenckie, MR – mieszkania rodzinne, JP – gospodarstwo w zabudowie jednorodzinnej na terenie Poznania, JA – gospodarstwo w zabudowie jednorodzinnej w aglomeracji poznańskiej)

Opracowano na podstawie badań Miejskiego Laboratorium Chemicznego w Warszawie (Mamełka, 2008) oraz wykonanych przez studentów Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM (Szymczak, 2013)

Zatem, choć podejmowano różne próby gruntowniejszej analizy ilości i jakości odpadów wytwarzanych na terenie Poznania, otrzymywane dotąd wyniki zdają się być ciągle za mało szczegółowe. Żadne z przeprowadzonych dotychczas badań nie uwzględniało przestrzennego zróżnicowania i czasowej zmienności ilości odpadów powstających na terenie miasta. Podobnie jest zresztą w innych polskich miastach (Żygadło, 2001b; Jędrzak i Szpadt, 2006). Tymczasem wiedza ta byłaby najlepszą możliwą podstawą do stworzenia nowego i efektywnego systemu zbiórki, zgodnego z obowiązującymi obecnie przepisami. Dopiero nowe wymogi, nałożone przez ZM GOAP na firmy odpowiedzialne za odbiór odpadów z miasta, stwarzają większe możliwości w zakresie badania przestrzennego i czasowego zróżnicowania ilości odpadów powstających w przestrzeni miasta. Takie możliwości daje zarówno comiesięczna sprawozdawczość, jak i wymóg przeprowadzenia dwa razy do roku pomiarów przy zastosowaniu systemów wagowych.

Należy jednak podkreślić, że uzyskana tym sposobem wiedza dotyczyć będzie jedynie masy zbieranych odpadów, nie zaś ich objętości. Tymczasem wiadomo, że udział tworzyw sztucznych (które ważą niewiele, ale mają dużą objętość) w całkowitym strumieniu odpadów stale rośnie. Ten mankament dotyczy większości badań przeprowadzonych w Poznaniu (jak również w innych polskich miastach), w dalszym ciągu uwzględniających przede wszystkim masę odpadów, pomijając znaczenie ich objętości.

2.2. Czynniki wpływające na ilość odpadów komunalnych

Odpady komunalne powstają w gospodarstwach domowych, które zgodnie z definicją przyjętą przez GUS (2011) definiuje się jako: „zespoły osób spokrewnionych ze sobą lub niespokrewnionych, mieszkających razem i wspólnie utrzymujących się (gospodarstwo domowe wieloosobowe), lub osoba utrzymująca się samodzielnie, bez względu na to, czy mieszka sama, czy też z innymi osobami (gospodarstwo domowe jednoosobowe)”. Ilość i jakość odpadów wytwarzanych w gospodarstwie domowych związana jest z różnymi cechami jego mieszkańców, takimi jak poziom dochodów, czy wiek poszczególnych osób. Jednak nie bez znaczenia pozostają również warunki zewnętrzne, w tym przede wszystkim zaplecze komunalne lokalu mieszkaniowego i pora roku (Tab. 2.3).

Tab. 2.3: Zestawienie najważniejszych czynników mogących wpływać na ilość i jakość odpadów komunalnych powstających na terenie miasta

Czynniki wpływające na ilość i jakość komunalnych odpadów	Charakter zależności / przykłady (publikacje)
Średnia wielkość gospodarstwa domowego (liczba osób/gosp. dom.)	— korelacja ujemna z ilością wytwarzanych odpadów na osobę (Dennison i in., 1996b; Dyson i Chang, 2005)
Zamożność mieszkańców (przychód/os./rok) posiadanie samochodu, pow. mieszkania/domu, liczba pokoi, tytuł prawny do posiadanej nieruchomości	— mieszkania wynajmowane – mniej odpadów (Dennison i in., 1996a) — większa zamożność — wzrost ilości generowanych odpadów (Gómez i in., 2009; Dyson i Chang, 2005)
Wiek	— przedział wiekowy 16 – 19 lat — większa ogólna ilość wytwarzanych odpadów plastikowych (Dennison i in., 1996a) - starsi — większa ilość wytwarzanych odpadów (Tonglet i in., 2004)
Status zatrudnienia	— udział w populacji studentów/emerytów/ rencistów — silna ujemna korelacja z ilością wytwarzanych odpadów (Dennison i in., 1996a)
Typ zabudowy mieszkaniowej	— różne ilości wytwarzanych odpadów (Skalmowski, 1992) oraz poszczególnych ich frakcji (Dennison i in., 1996a)
Przynależność do danej jednostki administracyjnej	— lokalne różnice w poziomie konsumpcji i przyjętych systemów zbiórki odpadów (Purcell i Magette, 2009)
Pora roku	— więcej odpadów w sezonie wiosna – lato (Żygadło, 2001a; Gómez i in., 2009; Grygorczuk-Petersons i Wiater, 2014),
System ogrzewania	— centralne ogrzewanie — więcej odpadów, mniej gdy kominiek bądź ogrzewanie elektryczne (Dennison i in., 1996a; Lebersorger i Beigl, 2011)

Badania dotyczące oddziaływania czynników społeczno-ekonomicznych na produkcję odpadów prowadzone w różnych miastach na całym świecie dowodzą, że nie zawsze te same aspekty odgrywają kluczową rolę. Jednak pewne prawidłowości są powtarzalne. Bardzo dobrze udokumentowany jest np. wzrost ilości odpadów komunalnych wraz ze wzrostem zamożności (Dennison i in., 1996a; Daskalopoulos i in., 1998; Dyson i Chang, 2005; Bandara i in., 2007; Gómez i in., 2009; Gellynck i in., 2011; Ibáñez i in., 2011), a to wiąże się pośrednio także z wiekiem mieszkańców, którego wzrost również wpływa dodatkowo na produkcję odpadów (Tonglet i in., 2004; Beigl i Wassermann, 2004; Martin i in., 2006). Z drugiej strony należy jednak podkreślić, że to właśnie osoby starsze chętniej segregują odpady (Martin i in., 2006).

Kolejną ważną zmienną jest liczba osób przypadająca na jedno gospodarstwo domowe (Dennison i in., 1996b; Dyson i Chang, 2005; Bandara i in., 2007; Beigl i in., 2008). Jeśli więcej osób zamieszkuje jedno gospodarstwo, ilość odpadów generowanych przez wszystkich domowników będzie mniejsza, niż gdyby każda z tych osób mieszkała osobno. Wiąże się to m. in. z mniejszą ilością odpadów kuchennych powstających w trakcie przygotowywania posiłków.

Wśród czynników komunalnych natomiast najważniejszy okazuje się typ zabudowy mieszkaniowej (Skalmowski, 1992; Dennison i in., 1996a). Wpływa on w sposób istotny na okoliczności, które mogą sprzyjać konkretnym zachowaniom np. mieszkańcy domków jedno- i kilkurodzinnych mają warunki, które umożliwiają efektywniejszą zbiórkę selektywną, ale też nielegalne spalanie odpadów w domowych kominkach (Lebersorger i Beigl, 2011). W kamienicach i blokach z kolei duże znaczenie ma gęstość rozmieszczenia punktów zbiórki związana bezpośrednio z tym, jak bardzo zwarta jest zabudowa. To z kolei może wpływać na skuteczność segregacji odpadów, która maleje wraz ze wzrostem odległości, jaka musi zostać pokonana, by dotrzeć od punktu zbiórki (Bach i in., 2004; Ibáñez i in., 2011).

Możemy oczywiście przypuszczać, że poza powyżej wymionymi aspektami, istotny wpływ mogą mieć również takie czynniki jak uwarunkowania kulturowe czy poziom wykształcenia społeczeństwa. Wpływ wykształcenia był co prawda analizowany przez Dennisona (1996a) i okazało się, że nie był on istotny dla całkowitej ilości wytwarzanych śmieci. Niemniej nie możemy na podstawie jednego badania wysnuwać pochopnych wniosków. Tym bardziej, że nie możemy analizować wpływu wykształcenia w oderwaniu od norm kulturowych funkcjonujących w danym społeczeństwie. Dodatkowym czynnikiem jest też edukacja prowadzona już od młodego wieku (przedszkole, szkoła podstawowa). Niestety autorka niniejszej pracy nie znalazła w toku prowadzonych badań innych przypadków analizujących wpływ wykształcenia na ilość generowanych w mieście śmieci. Nie udało się również dotrzeć do prac badających wpływ uwarunkowań kulturowych na to zjawisko. Należy jednak pamiętać, że uwzględnienie tego zagadnienia w badaniach jest trudnym zadaniem. Administracja publiczna nie dysponuje bowiem wystarczająco szczegółowymi danymi w tym zakresie. Jedynie pozyskując informacje z pojedynczych gospodarstw domowych byłibyśmy w stanie je wychwycić.

Należy natomiast zwrócić uwagę, że wszystkie wskazane powyżej czynniki (Tab. 2.3) są silnie związane z przestrzenią, a szczególnie złożona pod tym wzglę-

dem jest struktura dużych miast. Są one coraz częściej nazywane miastami wielkich kontrastów, głównie przez wzgląd na zróżnicowanie statusu społecznego ich mieszkańców. Jednak nie tylko zamożność jest czynnikiem, który charakteryzuje duże zróżnicowanie przestrzenne w obrębie miasta. Generalnie możemy zauważyć pewne prawidłowości związane ze specyfiką poszczególnych dzielnic, które chętniej zamieszkiwane są przez konkretną grupę ludzi, np. mniejszości etniczne. W mieście dużo bardziej skomplikowany jest również system ulic i zabudowy mieszkaniowej; wysokiej zabudowie wielorodzinnej często towarzyszą małe osiedla domów jednorodzinnych oraz gęsta sieć obiektów handlowo-usługowych. Zatem skoro wpływ charakterystyk społeczno-ekonomicznych mieszkańców i struktury miasta na produkcję odpadów został już niejednokrotnie udowodniony, należałoby je również uwzględnić jako czynniki przestrzenne w modelowaniu ilości wytwarzanych śmieci.

2.3. Prognozowanie ilości wytwarzanych odpadów – przegląd literatury

2.3.1. Świat

Według raportu opublikowanego w roku 2012 (Raport Banku Światowego 2012), wytwarzano wówczas w miastach ok. 1,2 kg/ M/d odpadów komunalnych (czyli ok. 1,3 miliarda ton na rok). Szacowano w nim, że do roku 2025 wartości te wzrosną do 1,42 kg/ M/d , co daje 2,2 miliarda ton na rok. Należy jednocześnie pamiętać, że informacje te są niekompletne i nie zawsze do końca wiarygodne. Jednak nawet takie dane dają już pojęcie o skali zjawiska i wielkości problemu, z którym wszyscy musimy się zmierzyć. Sytuacja ta wymusza coraz bardziej wyrafinowane podejście do kwestii odpowiedniego zarządzania odpadami komunalnymi nie tylko ze strony osób odpowiedzialnych za ich utylizację, ale również przedstawicieli świata nauki.

Pierwsze prace badawcze dotyczące tego zagadnienia zaczęły pojawiać się na początku lat 90-tych i dotyczyły głównie efektywności zbiórki selektywnej (Floz, 1991; Platt i in., 1991). Był to czas oczekiwania na gruntowne zmiany w zakresie szeroko rozumianej ochrony środowiska, które miał przynieść rok 1992. Oczy całego świata były w tym czasie skierowane na Rio de Janeiro, gdzie na konferencji, w duchu globalnej odpowiedzialności za losy Ziemi, narodziła się koncepcja zrównoważonego rozwoju. Wdrożenie jej w życie wymagało podjęcia szeregu działań w różnych obszarach, a jednym z nich była tzw. zrównoważona gospodarka odpadami komunalnymi nastawiona na ich odzysk, a w konsekwencji na minimalizację ilości wytwarzanych śmieci.

Środowisko naukowe niemal natychmiast zareagowało na nowe trendy, jakie pojawiły się w polityce międzynarodowej. Powstają wówczas kolejne prace dotyczące recyklingu, zachowania mieszkańców w tym zakresie i czynników, które mogą mieć dla tego zagadnienia kluczowe znaczenie (Everett i Pierce, 1993; Belton i in., 1994; Coggins, 1994; Chung i Poon, 1994; Noehammer i Byer, 1997).

Na szczególną uwagę zasługują badania przeprowadzone w Dublinie w roku 1996 (Dennison i in., 1996a,b), które nie dotyczyły już bezpośrednio samej sku-

teczności zbiórki selektywnej, ale szczegółowej charakterystyki „producentów odpadów”, czyli mieszkańców. Polegały na analizie ilościowej i jakościowej odpadów pochodzących bezpośrednio z gospodarstw domowych, których mieszkańcy zostali poddani ankietyzacji. Była to jedna z pierwszych prób określenia wpływu czynników społeczno-ekonomicznych na ilość i rodzaj wytwarzanych odpadów. W jej wyniku zaproponowano wskaźniki, które umożliwiły nie tylko dokładniejsze prognozowanie ilości wytwarzanych odpadów, ale również pozwoliły na przedstawienie skali różnicowania produkcji odpadów w przestrzeni miasta. Stały się inspiracją dla wielu kolejnych prac skupiających się na rozpoznaniu czynników istotnych dla ilości wytwarzanych odpadów komunalnych (Beigl i Wassermann, 2004; Bach i in., 2004; Purcell i Magette, 2009) .

Na przełomie wieku XX i XXI badania na rzecz efektywnej gospodarki odpadami komunalnymi zyskują jeszcze bardziej na popularności. Obok kolejnych prac dotyczących zbiórki selektywnej (Bruvoll i in., 2002; Jenkins i in., 2003; Barr i in., 2003; Martin i in., 2006), coraz częściej pojawia się temat ograniczenia ilości wszystkich wytwarzanych odpadów (Daskalopoulos i in., 1998; Chung i Poon, 1999; Ebro i Vining, 2001), czyli „zapobiegania” zjawisku, a nie jedynie „leczenia” jego skutków. Oczywiście wiadomo, że całkowicie nie jesteśmy w stanie wyeliminować odpadów z naszego codziennego życia, niemniej ich ilość może być znacząco ograniczona. Szczególnie dużo uwagi poświęcono temu zagadnieniu w Europie, gdzie w roku 1999 uchwalona zostaje przez Parlament Europejski nowa dyrektywa w sprawie składowisk odpadów (Dyrektywa Rady UE 1999/31/WE). Określa ona między innymi limity dotyczące ilości odpadów ulegających biodegradacji, jakie mogą być składowane. Wraz z nowymi ograniczeniami, nad wszystkimi krajami Unii Europejskiej pojawiło się widmo kar, grożących za niewypełnienie na czas określonych przez dyrektywę warunków.

Należy jednak pamiętać, że spełnienie unijnych wymagań zależy nie tylko do rządów poszczególnych Państw, lecz też od decyzji podejmowanych na co dzień przez mieszkańców pojedynczych miast i wsi. Rozpoznanie stanu gospodarki odpadami na terenach małych gmin wiejskich i miejsko-wiejskich oraz wprowadzenie odpowiedniego planu działania, choć wymaga odpowiedniego przygotowania samorządów lokalnych, to nie jest jednak bardzo skomplikowanym zadaniem. Prawdziwe wyzwanie dotyczy dużych aglomeracji miejskich, które są złożone zarówno pod względem struktury urbanistycznej, jak i charakterystyki społeczno-ekonomicznej mieszkańców. Wielu europejskich naukowców rozpoczęło zatem intensywne badania dotyczące czynników odpowiedzialnych za ilość i jakość odpadów powstających w dużych miastach (Beigl i Wassermann, 2004; Tonglet i in., 2004; Dahlén i in., 2007).

Obecnie wpływ polityki Unii Europejskiej na kierunek, w którym zmiernają badania naukowe dotyczące gospodarki odpadami komunalnymi, jest zauważalny jeszcze wyraźniej. Po uchwaleniu nowej Dyrektywy Odpadowej (Dyrektywa Rady UE 2008/98/WE) jeszcze większy nacisk położony został na właściwą hierarchię postępowania z odpadami. Opracowanie dobrej strategii, która pozwoli na jej pełne wdrożenie, zależy między innymi od właściwego rozpoznania kluczowych czynników wpływających na ilość wytwarzanych odpadów oraz efektywność zbiórki selektywnej. Zagadnienie to stało się tym samym jednym z największych wyzwań współczesnej nauki poświęconej gospodarce odpadami,

a koncentruje się głównie na opracowywaniu coraz bardziej wiarygodnych modeli prognostycznych.

Do niedawna podstawą prognozowania ilości wytwarzanych odpadów były proste interpolacje danych historycznych (Chung, 2010). Obecnie jednak coraz częściej opracowywane są bardziej zaawansowane modele prognostyczne, które wykorzystują charakterystykę społeczno-ekonomiczną mieszkańców (Hung i in., 2007; Beigl i in., 2008). Na szczególną uwagę zasługują tutaj próby wykorzystania modeli sieciowych, wykorzystujące informację o lokalizacji dróg dla rozwiązywania problemów związanych z transportem (Karamidas i in., 2005; Ghose i in., 2006; Chalkias i Lasaridi, 2009; Karadimas i Loumos, 2008; Peixoto, 2012) jak również teorii zbiorów rozmytych (Karadimas i in., 2006). Tak skonstruowane modele dają możliwość optymalizacji systemu zbiórki i transportu odpadów. Umożliwiają również identyfikację czynników determinujących efektywność zbiórki selektywnej (Gellynck i in., 2011).

Niemniej efektywności takich narzędzi zależy od właściwego doboru zmiennych niezależnych uwzględnianych w modelu oraz poprawnego zdefiniowania relacji zachodzących między nimi, a ilością wytwarzanych odpadów. Również uwzględnienie przestrzennego zróżnicowania wpływu czynników społeczno-ekonomicznych na produkcję odpadów zwiększa efektywność modeli prognostycznych, co zostało już udowodnione w badaniach prowadzonych w skali kraju (Keser i in., 2012). Badania Kesera były realizowane na terenie 81 tureckich prowincji przy wykorzystaniu metody Regresji Ważonej Geograficznie (GWR), która uwzględniała lokalną zmienność parametrów modelu. Gdy porównano tak otrzymane wartości ilości odpadów z rzeczywistymi danymi pochodzącymi z oficjalnych raportów okazało się, że rozwiązanie to znacznie poprawiło wyniki modelowania w porównaniu z dwoma innymi zastosowanymi wcześniej przez Kesera modelami: mieszanym regresyjno-przestrzennym, autoregresyjnym SAR oraz regresyjnym wykonanym metodą zwykłych najmniejszych kwadratów (OLS). Jak dotąd nie sprawdzono jednak, czy podobne zależności można zaobserwować w obrębie jednego miasta. Szczególnie dużym wyzwaniem w tym przypadku jest pozyskanie szczegółowych i rzetelnych danych wejściowych.

2.3.2. Polska

W aktualnym, na czas prowadzonych badań, Krajowym Planie Gospodarki Odpadami 2014 z 2010 roku (KPGO2014)¹² czytamy, że ilość wytwarzanych w Polsce odpadów komunalnych w roku 2008 osiągnęła wartość 6248 tys. Mg (czyli ok. 0,46 kg/M/d). Ponieważ 45% z wytwarzanych odpadów powstaje w dużych miastach, zamieszkałych przez ponad 50 tys. mieszkańców, możemy szacować, że ilość zebranych z nich odpadów wyniosła 2811,6 tys. Mg. To daje ok. 0,54 kg/M/d. Jeżeli przyjęte w KPGO 2014 założenia nie uległy znaczą-

¹² Krajowy Plan Gospodarki Odpadami jest dokumentem planistycznym, wymaganym przez prawo polskie od momentu wejścia w życie Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 o odpadach (Dz. U. 2001 nr 62, poz. 628) i był uwzględniany w kolejnych nowelizacjach tej ustawy. Rada Ministrów uchwałała go do tej pory dwukrotnie — w roku 2006 i 2010. Jego głównym zadaniem jest analiza stanu gospodarki odpadami w Polsce, prognozowanie zmian w tym zakresie i wyznaczenie kierunków, do których powinno zmierzać efektywne zarządzanie odpadami na poziomie regionalnym i lokalnym. Tworzony jest w oparciu o sprawozdania z realizacji wojewódzkich planów gospodarki odpadami. Obecnie wszystkie plany gospodarki odpadami wymagają aktualizacji nie rzadziej niż co 6 lat.

cym zmianom w ciągu minionych lat, to zgodnie z prognozami, ilość odpadów zebrana w Polsce w roku 2013 powinna wzrosnąć do 0,47 kg/*M/d*. Jednak w rzeczywistości wskaźnik ten osiągnął w roku 2013 wartość 0,44 kg/*M/d* (GUS Bank Danych Lokalnych). W skali całego kraju zauważono zatem spadek ilości odebranych od mieszkańców odpadów, co wcale nie musi być równoznaczne z rzeczywistym spadkiem ilości odpadów wytworzonych, lecz z nierzetelnie prowadzoną sprawozdawczością (Alankiewicz, 2009; Wysocka, 2011), bądź też — z rosnącą ilością odpadów trafiających na tzw. dzikie wysypiska (por. rozdział 5.3.3).

Problem gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce nie jest zatem jeszcze tak palący, jak w większości krajów Unii Europejskiej, co też ma swoje odzwierciedlenie w niewielkiej ilości poświęconych temu publikacji naukowych. Wynika to głównie z niedługo, w porównaniu w naszymi zachodnimi sąsiadami (por. rozdział 2.1.2), doświadczenia dotyczącego planowanej gospodarki odpadami oraz z ciągle niskiej świadomości społecznej odnośnie jej znaczenia dla ochrony środowiska (Kulczycka i in., 2011).

Jedną z pierwszych prac badawczych dedykowanych bezpośrednio gospodarce odpadami komunalnymi na poziomie lokalnym była praca Skalmowskiego z roku 1992. Wraz z wdrożeniem w Polsce pierwszych regulacji dotyczących gospodarki odpadami komunalnymi (Dz. U. 1996, Nr 132, poz. 622) zaczęły stopniowo pojawiać się kolejne istotne publikacje (Rosik-Dulewska, 2000; Żygadło, 2001a,b; Grodzinska-Jurczak, 2003; D'Obyrn i Szalińska, 2005; Bilitewski i in., 2006; Jędrzak i Szpadt, 2006; Grygorczuk-Petersons i Tałała, 2007). Miały one na celu przede wszystkim pomóc lokalnym władzom we wprowadzeniu planowanej gospodarki odpadami na terenach ich gmin. Z czasem ukazywały się również prace, w których próbowano ocenić istniejącą sytuację i wyciągnąć z niej wnioski na przyszłość (Alankiewicz, 2009; Boer i in., 2010; Wysocka, 2011; Jamroz i Generowicz, 2012). Jedną z najbardziej innowacyjnych metod badawczych stosowanych w polskich pracach dotyczących gospodarki odpadami była ocena ich cyklu życia — *Life Cycle Assessment* (Macias, 2001; Kelejian i Prucha, 2010).

Nie poruszono jednak dotychczas zagadnienia zmienności przestrzennej w obrębie jednego miasta, chociaż wielokrotnie badany był wpływ różnych typów środowisk miejskich na ilość wytwarzanych odpadów komunalnych (Skalmowski, 1992; Rosik-Dulewska, 2000; Jędrzak i Szpadt, 2006). Samorządy lokalne również opracowują swoje prognozy głównie w oparciu o dane historyczne, nie uwzględniając wpływu czynników społeczno-ekonomicznych, nie mówiąc już o ich zróżnicowaniu w przestrzeni miasta.

2.4. Wskaźnik nagromadzenia odpadów

Wagowy lub objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów jest miarą ilości odpadów produkowanych przez jednego mieszkańca w przyjętej jednostce czasu. Na potrzeby niniejszej pracy wagowy wskaźnik nagromadzenia odpadów (*WWN*) wyraża się w kilogramach na mieszkańca na dzień [kg/*M/d*], zaś obję-

tościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów (*OWN*) – w litrach na mieszkańca na dzień [$l/M/d$].

Wartości *WWN* i *OWN* mogą różnić się znacznie pomiędzy państwami (por. rozdział 2.1.2), między obszarami wiejskimi i miejskimi (KPGO2014), wreszcie w obrębie samego miasta (Tab. 2.4).

W przypadku badań dotyczących zmienności przestrzennej ilości odpadów wytwarzanych skali miasta dużo łatwiej jest pozyskać informację odnośnie wagowego niż objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów. Wynika to ze sposobu pozyskiwania danych o odpadach.

Zgodnie z procedurami obowiązującymi w Polsce od 1987 roku (norma BN-87/9103-04), informacja odnośnie objętości odpadów komunalnych pozyskiwana jest na podstawie: wiedzy odnośnie liczby pojemników opróżnionych na wybranej trasie zbiórki odpadów, ich objętości i stopnia wypełnienia i czasu jaki upłynął od ich poprzedniego opróżnienia. Po opróżnieniu wszystkich pojemników ważona jest zawartość pojazdu odbierającego odpady, a w przypadku badań jakościowych — również ich skład morfologiczny.

Przeliczenie wagi opadów na objętość jest trudnym zadaniem. Wszystko zależy od gęstości nasypowej.¹³ W praktyce, zależy ona od składu opadów i stopnia ich ugniecenia w pojemniku. To zaś związane jest ściśle z typem zabudowy. Na przykład w typowych blokowiskach przeważają pojemniki o pojemności 1100l. Doświadczenie jednej z warszawskich firm zajmujących się odbiorem odpadów wskazuje, że w takim środowisku standardowo masa odpadów w pojemniku wynosi ok 60–70 kg (informacja ustna, anonimowy pracownik). Jednak jeśli bloki są wyposażone w komory wysypowe, wówczas stopień ugniecenia odpadów w pojemniku jest zdecydowanie większy i standardowa masa odpadów w pojemniku przeważnie przekracza 100 kg. Zupełnie inna sytuacja ma miejsce w zabudowie jednorodzinnej, gdzie znów inne czynniki będą w sposób istotny wpływać na skład jakościowy odpadów, a w konsekwencji — na ich masę, np. typy ogrzewania stosowanego w mieszkaniu¹⁴, segregacja odpadów zielonych itp.

Ten system daje możliwość pozyskania informacji odnośnie ilości odpadów wytwarzanych w obrębie całego miasta, bądź wybranych ulic, wzdłuż których następuje zbiórka odpadów. Nie jesteśmy jednak w stanie określić dokładnej ilości odpadów odbieranych w danym punkcie zbiórki. Najnowsze technologie w zakresie gospodarki odpadami pozwalają jednak na uzyskanie tej informacji.

Trzeba też podkreślić, iż wartość wskaźnika nagromadzenia odpadów waha się znacząco w skali tygodnia, miesiąca, a także roku (Jędrzak i Szpadt, 2006; Żygadło, 2001a). Stąd badania ilości odpadów wytwarzanych w gospodarstwach domowych powinny uwzględniać aspekt zmienności czasowej.

¹³ Własność materiałów sypkich, rozumiana jako ich masa dzielona przez objętość. Może się zmieniać wraz ze zmieniającymi się właściwościami materiału — jego wilgotnością i objętości przestrzeni pomiędzy cząsteczkami (czy w przypadku omawianego zagadnienia — wolnych przestrzeni między odpadami).

¹⁴ Największy wpływ ma ogrzewanie kominkowe; częstym składnikiem odpadów w takim przypadku jest popiół, który mocno zwiększa wagę odpadów.

Tab. 2.4: Ilości odpadów produkowanych w ciągu doby i przypadających na jednego mieszkańca w miastach Polski — zestawienie danych zaczerpniętych z literatury

charakterystyka obszaru	$OWN [l/M/d]$	$WWN [kg/M/d]$	źródło
Zabudowa wysoka w miastach (osiedlowa)	2,52	0,44	Rosik-Dulewska (2000)
Zwarta zabudowa dzielnic śródmiejskich	3,62	0,92	za: Skalmowski (1992)
Zabudowa jednorodzinna w obszarach miejskich	3,97	1,01	
Średnia wartość współczynnika w miastach	3,70	0,68	Rosik-Dulewska (2000)
Średnia wartość współczynnika dla Warszawy w latach 2003 – 2004	7,45	0,73	Jędrczak i Szpadt (2006) za: Skalmowski (2005)
Duże miasta (powyżej 100 tys. mieszkańców)	4,94 – 6,85	0,60 – 1,1	Grygorczuk-Peterson i Tałała (2007) za: D’Obryn i Szalińska (2005)
Poznań – zabudowa jednorodzinna stara (ul. Na Murawie)	3,60	0,66	
Poznań – zabudowa jednorodzinna nowa (os. Lotników Wlkp. i os. Smochowice)	3,10	0,66	Mamelka (2008)
Poznań – zabudowa wielorodzinna wysoka (os. Kopernika)	8,10	0,69	
Poznań – zabudowa wielorodzinna niska – stara (dzielnica Jeżyce)	9,70	1,20	

2.5. Metody pozyskiwania informacji o odpadach

Najpełniejszą wiedzę dotyczącą ilości odpadów wytwarzanych w poszczególnych punktach miasta dają systemy wagowe zamontowane na pojazdach odbierających odpady (Pottebaum i Inalsingh, 2004). System waży masę odpadów bezpośrednio u źródła w momencie opróżniania pojemnika. Planowanie systemu gospodarki odpadami oparte o takie systemy pomiarowe daje wiele możliwości takich jak optymalizacja trasy zbiórki czy naliczanie opłaty za dokładną ilość wytworzonych przez mieszkańców odpadów. Takie zintegrowane zestawy pomiarowe są dość popularne np. na obszarach podmiejskich w Niemczech. Przeszło 1/3 niemieckich landów korzysta z tego typu rozwiązań. Niestety są one dość drogie, stąd w Polsce ciągle mało popularne. W Wielkopolsce takie systemy używane są np. w gminie Pobiedziska.

W Poznaniu systemy wagowe nie były dotąd stosowane, jednak po zmianach ustawy o utrzymaniu porządku i czystości w gminach z roku 2011, ZM GOAP (Związek Międzygminny "Gospodarka Odpadami Aglomeracji Poznańskiej") wprowadził wymóg, by firmy obsługujące aglomerację poznańską wyposażone były w minimum jeden pojazd posiadający systemy wagowe. Ma to umożliwić raz na kwartał badania ilościowe we wszystkich sektorach zbiórki i pozwolić na lepsze rozeznanie zmienności przestrzennej wagowego wskaźnika nagromadzenia odpadów w obrębie całej aglomeracji.

Systemy te nie dają jednak wiedzy odnośnie objętości odpadów, a ta informacja jest nawet istotniejsza dla planowania systemu zbiórki. Należy pamiętać, że gęstość odpadów różni się w sposób znaczący pomiędzy poszczególnymi punktami zbiórki, czy wręcz pojemnikami, w zależności od składu jakościowego odpadów. Trudne jest zatem zastosowanie jednolitego przelicznika wagi odpadów na ich objętość, a to objętość właśnie decyduje o ilości i pojemności pojemników, które powinny znaleźć się w poszczególnych punktach zbiórki i częstotliwości ich opróżniania.

Pomiar wypełnienia pojemników odpadami, który pozwoliłby na określenie objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów dla danego obszaru, jest zadaniem zdecydowanie bardziej czasochłonnym. Niemniej jednak jest to informacja, którą w przypadku braku pojazdów wyposażonych w odpowiednie systemy wagowe, łatwiej jest pozyskać. Dlatego też zdecydowano się oprzeć własne badania właśnie o objętościowy wskaźnik wagowy. Należy jednak jeszcze raz podkreślić, że jest to bardzo czasochłonne, a wiarygodność uzyskanych wyników mocno zależy od przyjętej metody zbierania danych w terenie.

Powstało także kilka innych rozwiązań, które pozwalają usprawnić pozyskiwanie informacji na temat wypełnienia pojemników odpadami. W 1992 we Francji zaproponowano zastosowanie prasy hydraulicznej (Yehezkiely, 1992). Czujniki te były jednak dedykowane nie tyle monitoringowi objętości wytworzonych odpadów, co pozyskaniu informacji o momencie wypełnienia pojemnika. Projektowane były jako element bardziej rozbudowanych systemów, które służą organizacji zbiórki zmieszanych odpadów komunalnych (Luxford, 2014; Yehezkiely, 1992), zbieranych selektywnie (Colin, 2003; Jacobsen, 2003; Mucha i Schluter, 1994) oraz wielkogabarytowych (Dangelemyr, 1995). Dostarczają zatem bardzo ograniczoną informację odnośnie stopnia wypełnienia pojemnika

odpadami. Sygnalizują jedynie ogólny stan sytuacji w danym pojemniku np. przez przesyłanie następujących sygnałów: pusty, do połowy pełny lub pełny (Colin, 2003; Boucher i Martin, 2003; Yehezkiely, 1992). Ich podstawowym zadaniem jest wysłanie informacji do stacji odbierającej sygnały ze wszystkich punktów zbiórki, o konieczności opróżnienia danego pojemnika.

Zdecydowanie więcej możliwości daje zastosowanie czujników fotoelektrycznych (Colin, 2003; Jacobsen, 2003) i ultradźwiękowych (Boucher i Martin, 2003; Luxford, 2014). Są to czujniki stacjonarne monitorujące na bieżąco stopień wypełnienia pojemników odpadami. Jednak systemy te nie dość, że dostarczają jedynie ogólnej informacji (sygnalizują czy jest pełny, do połowy pełny czy pusty), to są kosztownym rozwiązaniem, głównie ze względu na przesył danych za pośrednictwem sieci telekomunikacyjnych (Colin, 2003; Luxford, 2014) lub fal radiowych (Boucher i Martin, 2003). Poza tym zastosowanie czujników bezpośrednio na/w pojemniku jest związane z ryzykiem kradzieży bądź dewastacji. Czujnik również musi być odporny na wstrząsy, zapylenie, ekstremalne temperatury ($<0^{\circ}\text{C}$) i wysoką wilgotność. Zabezpieczenia tych urządzeń wiąże się zatem z koniecznością stosowania dodatkowych, kosztownych systemów ochronnych. Zdarzają się jednak przypadki wdrażania takich rozwiązań w praktyce np. we Francji proponuje je swoim klientom firma aEnergis. W Polsce próbę zastosowania takich urządzeń podjęły władze Gdańska, które zakupiły od firmy XTrack 3 pojemniki (2 naziemne o pojemności 2m^3 oraz jeden podziemny mieszczący 3m^3 śmieci), wyposażone w czujniki połączone z satelitą. Ciągłe jest to jednak rozwiązanie bardzo drogie — koszt ich zakupu to ok. 19 tys. zł netto.¹⁵

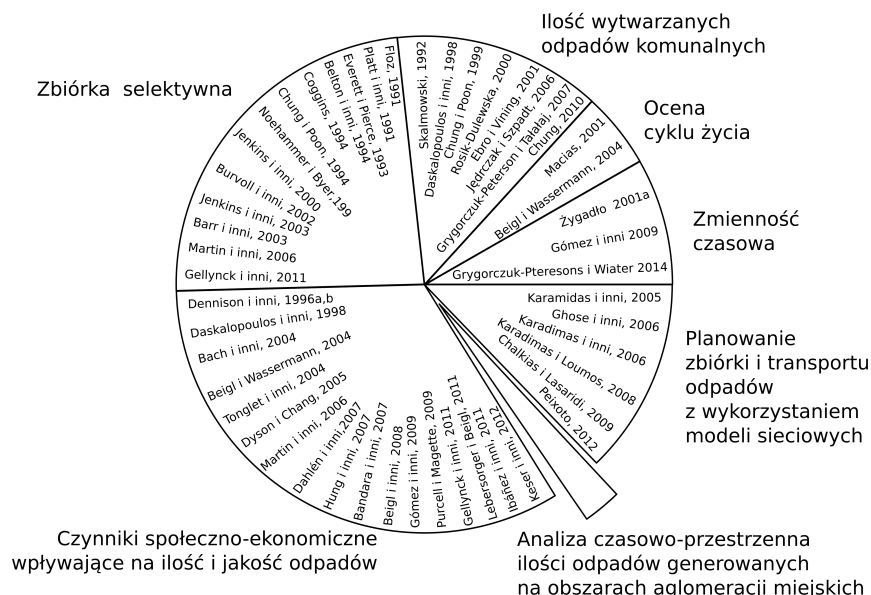
¹⁵ Więcej o tej inwestycji można poczytać na stronie miasta <http://www.gdansk.pl/nasze-miasto,512,39309.html>.

Rozdział 3

Problem badawczy: cel, zakres i teren badań

3.1. Znaczenie problemu

Efektywne zarządzanie gospodarką odpadami w dużych miastach, jak zostało wykazane w poprzednim rozdziale, jest bardzo złożonym problemem. Wszystkie wspomniane w nim prace badawcze, dotyczące produkcji odpadów komunalnych, można zasadniczo podzielić na 6 głównych kategorii tematycznych (Ryc. 3.1).



Ryc. 3.1: Umieszczenie opisywanego problemu badawczego na tle istniejącej literatury naukowej, dotyczącej ilości i jakości odpadów komunalnych wytwarzanych na obszarach dużych miast

Największą grupę stanowią w nich analizy koncentrujące się na czynnikach społeczno-ekonomicznych, wpływających na ilość i jakość odpadów odbieranych od mieszkańców. Również dużo uwagi poświęcano dotychczas zagadnieniu skuteczności zbiórki selektywnej. Problematyka ta była poruszana jednak jedynie w projektach realizowanych poza granicami Naszego kraju. Natomiast w polskiej literaturze przedmiotu dominują zagadnienia takie jak: szacowanie ilości opadów komunalnych wytwarzanych w miastach (w tym prace uwzględniające wpływ typu zabudowy na intensywność tego zjawiska), badanie sezonowej zmienności produkcji śmieci oraz ocena cyklu życia odpadów. Zarówno w Polsce, jak i na świecie nie podjęto się jednak dotąd kwestii zmienności

czasowo-przestrzennej ilości odpadów powstających na terenie dużych miast, takich jak Poznań. Praca ta jest odpowiedzią na to wyzwanie. Jej wyniki mają uzupełnić przede wszystkim braki metodyczne w tym zakresie. Stosunkowo niewielka liczba prac poruszających problem ilości odpadów wytwarzanych w skali jednego miasta wynika przede wszystkim z trudności związanych z badaniem tego zjawiska.

Najbardziej wiarygodnym źródłem informacji odnośnie produkcji odpadów zdają się być w tym przypadku sami mieszkańcy. Wydaje się zatem, że najlepszym rozwiązaniem jest zaangażowanie samych mieszkańców w monitoring wytwarzanych przez nich śmieci, jak zrobił to Dennison (1996a; 1996b). Jednak nawiązanie współpracy z pojedynczymi gospodarstwami domowymi, które będą reprezentatywne dla całej populacji a jednocześnie zapewnią losowość badanej próby jest dużym wyzwaniem. Dodatkowo pozyskanie wystarczająco dużo ankietowanych do przeprowadzenia analiz przestrzennych może być w takim przypadku zadaniem niezwykle trudnym i pracochłonnym (a do tego bardzo kosztownym, w przypadku badań płatnych). Wśród analiz przeprowadzonych w Poznaniu odnotowano tylko jedną taką próbę tego typu, podjętą przez studentów Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza (Szymczak, 2013). Ograniczono się niestety wówczas jedynie do gospodarstw domowych zamieszkałych przez studentów. Nie podjęto też próby uchwycenia zmienności przestrzennej lub czasowej tego zjawiska.

Dodatkowo należy zauważyć, że najczęściej używaną miarą ilości odpadów powstających na terenie miasta jest ich masa (Wysocka, 2011). Nie uwzględnia się natomiast przeważnie objętości, którą zdecydowanie trudniej jest zmierzyć. Istnieje kilka rozwiązań, jakie w tym zakresie próbowano dotychczas wprowadzić na świecie (por. rozdział 2.5). Nie znalazły one jednak szerszego zastosowania. Tymczasem to właśnie wiedza odnośnie objętości odpadów ma kluczowe znaczenie dla efektywnej gospodarki odpadami komunalnym w zakresie planowania ich zbiórki i transportu. O ile w przypadku jednolitych frakcji zbieranych selektywnie możemy na podstawie masy odpadów dokonać pewnych szacunków odnośnie ich objętości, to już w przypadku odpadów zmieszanych nie jest to takie proste. Problem ten można zauważyć między innymi w pracach Rosik-Dylewskiej (2000) i Mamełki (2008).

Kolejnym ograniczeniem, z którym dotychczas się borykano, jest ocena w konkretnych lokalizacjach zmienności sezonowej ilości odbieranych śmieci. Dotychczasowe badania wskazują jasno, że pora dnia, tygodnia czy roku może mieć istotne znaczenie dla otrzymanych wartości wskaźnika nagromadzenia odpadów (Jędrzak i Szpadt, 2006; Żygadło, 2001b; Grygorczuk-Petersons i Wiater, 2014). Zmienność sezonową tego zjawiska możemy łatwo uchwycić analizując ilości odpadów trafiających na wysypiska w kolejnych miesiącach. Sprawa jednak nie jest już taka prosta, gdy chcemy zaobserwować zmienność tygodniową czy dobową. Tymczasem tylko na przykładzie Poznania widzimy, że prowadzone dotychczas badania dotyczące ilości odpadów, powstających w konkretnych lokalizacjach, dotyczyły pojedynczych badań. Zabrakło wśród nich chociażby próby przeprowadzenia serii pomiarowych, które pozwoliłyby wykluczyć przypadkowość uzyskanych wyników (Bogajewski, 2000; Mamełka, 2008; Szymczak, 2013). Tak prowadzony monitoring uniemożliwia zatem wiarygodne wniosko-

wanie co do przestrzennej zmienności tego zjawiska. Nie możliwym jest bowiem porównywanie między sobą wyników otrzymanych dla poszczególnych lokalizacji pochodzących z różnych dni czy pór dnia. Wiedza ta mogłaby mieć natomiast kluczowe znaczenie dla zwiększenia efektywności istniejącego systemu zbiórki.

W pracy podjęto próbę odpowiedzi na powyższe wyzwania. Przedstawiono w niej szczegółowe informacje odnośnie objętości odpadów powstających w Poznaniu. Zaproponowano trzy różne metod, jakie pozwoliły na monitoring objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów. Porównano je, a zdobyte przy ich pomocy informacje posłużyły do wskazania czasowo-przestrzennej zmienności ilości odpadów powstających w obrębie miasta.

3.2. Cele pracy i hipoteza badawcza

Istotą pracy jest zbadanie zmienności czasowo-przestrzennej ilości odpadów wytwarzanych w Poznaniu. Pozyskanie tej informacji ma umożliwić w przyszłości bardziej efektywną gospodarkę odpadami komunalnymi na terenach dużych aglomeracji miejskich, uwzględniającą zmienność lokalną tego zjawiska. Z przeglądu dotychczasowej literatury przedmiotu wynika, że na produkcję śmieci może mieć wpływ wiele czynników (por. rozdział 2.3), dlatego też **hipoteza badawcza** postawiona w pracy brzmi:

Ilość odpadów komunalnych, powstających w gospodarstwach domowych na terenie miasta, w związku z przestrzennym zróżnicowaniem czynników komunalnych, społecznych i ekonomicznych, zależy w znacznym stopniu od lokalizacji tych gospodarstw.

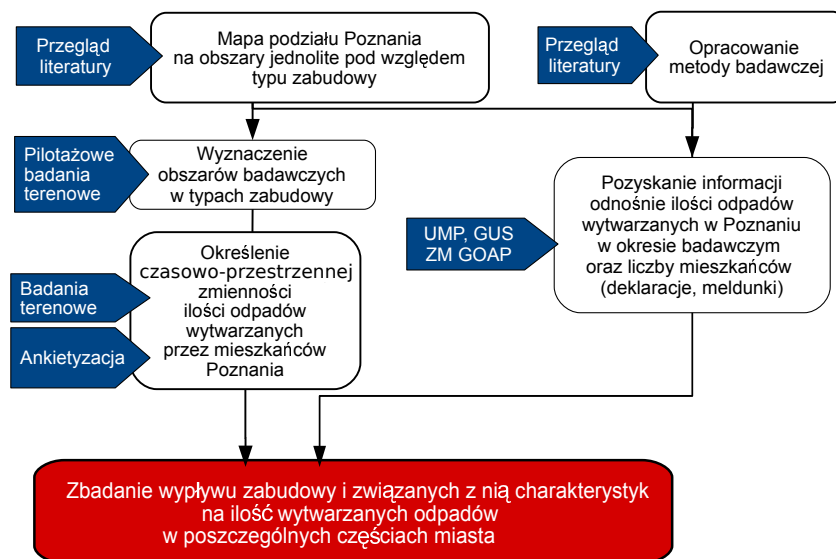
Ponieważ istniejące źródła danych o zróżnicowaniu produkcji odpadów w obrębie miast są niewystarczające do zweryfikowania prawdziwości tej hipotezy, zdecydowano się w pracy na realizację dwóch **głównych celów badawczych**:

1. opracowanie metody pozyskania informacji odnośnie ilości odpadów, jakie powstają w poszczególnych częściach miasta;
2. określenie czasowo-przestrzennej zmienności ilość odpadów komunalnych wytwarzanych w Poznaniu, w wydzielonych obszarach, zróżnicowanych pod kątem typu zabudowy mieszkaniowej.

Przeprowadzenie badań opisanych w pracy było możliwe dzięki finansowaniu Narodowego Centrum Nauki (grant nr 2012/05/N/HS4/00509 pt. „Modelowanie ilości odpadów komunalnych powstających w przestrzeni miejskiej (na przykładzie Poznania)”).

3.3. Schemat postępowania badawczego

Realizacja celów postawionych w pracy wymagała podjęcia szeregu celów i zadań badawczych (Ryc. 3.2).



Ryc. 3.2: Schemat postępowania badawczego

Cele szczegółowe:

1. Opracowanie metody badawczej, w oparciu o:
 - przegląd dostępnej literatury naukowej,
 - przygotowaną samodzielnie bazę danych, dotyczącą wybranych charakterystyk mieszkańców, zamieszkujących obszary jednolite pod względem zabudowy,
 - opracowanie metodyki pozwalającej na pozyskanie szczegółowych danych odnośnie wypełnienia pojemników odpadami.
2. Opracowanie cyfrowej mapy podziału Poznania pod względem typu zabudowy, poprzez:
 - wyznaczenie typów zabudowy uwzględnianych w badaniu na podstawie przeglądu literatury,
 - opracowanie mapy typów zabudowy Poznania na podstawie danych pozyskanych z Zarządu Geodezji i Katastru Miejskiego GEOPOZ (jednostka administracyjna UMP).
3. Określenie czasowo-przestrzennej zmienności ilości odpadów wytwarzanych przez mieszkańców Poznania w wybranych obszarach badawczych, na podstawie danych uzyskanych dzięki:
 - badaniom terenowym OWN przeprowadzonym w punktach zbiórki odpadów z zastosowaniem czujników umożliwiających monitoring wypełnienia pojemników odpadami (opracowanych specjalnie na potrzeby realizacji projektu),
 - badaniom terenowym OWN przeprowadzonym w pojedynczych gospodarstwach domowych za pośrednictwem tzw. „geoankietyzacji”,
 - porównaniu wiarygodności otrzymanych wyników, na podstawie badań przeprowadzonym bezpośrednio w gospodarstwach domowych z zastosowaniem specjalnie opracowanego w tym celu kwestionariusza.

4. Identyfikacja czasowo-przestrzennych prawidłowości zmienności produkcji odpadów komunalnych, w oparciu o:
 - opisowe analizy statystyczne,
 - analizy przestrzenne.

3.4. Teren badań

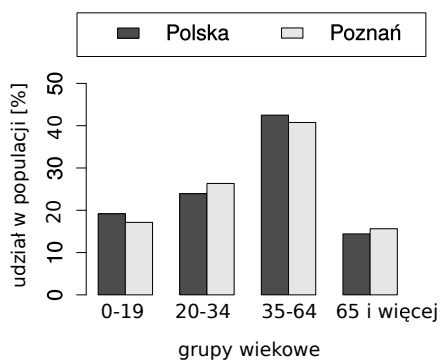
Jako obszar badań wybrano Poznań. Jest to jedno z największych miast w Polsce; siódme pod względem powierzchni (261,91 km²), porównywalne pod tym względem z Gdańskiem, Wrocławiem i Łodzią, które wyprzedzają go w tym rankingu. Na terenie miasta mieszka ok. 545 680 osób, wg danych meldunkowych z jesieni 2013 roku (WSO). Jest to jedno z najgęściej zaludnionych polskich miast (2082 os./km²). Należy jednocześnie podkreślić, że w rzeczywistości liczby te mogą być znacznie większe. W Poznaniu, dużym ośrodku akademickim, przez znaczną część roku mieszkają też studenci, których nie uwzględniają dane meldunkowe.

Jest to również jedno z najbogatszych miast w Polsce, choć w roku 2013 zajęło w takim rankingu dopiero 23 miejsce. W tym czasie dochód budżetu Poznania w przeliczeniu na jednego mieszkańca wynosił 4852,90 zł (GUS Departament Badań Społecznych i Warunków Życia 2014). Przeciętne gospodarstwo domowe miało, zgodnie z ostatnią analizą sytuacji gospodarstw domowych w Poznaniu, średnio do dyspozycji 1,5 tys. zł. na osobę (Urząd Miasta Poznania 2009). Sam Poznań zaś pozostaje zaś jednym z najprężniej rozwijających się miast w kraju, obok takich aglomeracji jak Katowice czy Warszawa (Berube i in., 2015).

Według danych GUS (Bank Danych Lokalnych 2013) większość mieszkańców miasta (53,4%) stanowią kobiety, natomiast udział poszczególnych grup pokoleniowych w populacji miasta jest zbliżony do generalnego rozkładu dla całej Polski¹. Należy jednak zauważyć, że Poznań charakteryzuje nieco większy udział studentów i absolwentów, jak również osób starszych. Widać natomiast, że liczba rodzin z dziećmi jest tutaj niższa, niż w innych polskich miastach. Wyraża się to w mniejszym w porównaniu z nimi udziale w strukturze wiekowej dzieci i młodzieży oraz osób w wieku średnim (Ryc. 3.3).

Zgodnie z najbardziej aktualnymi informacjami dotyczącymi gospodarstw domowych, zebranymi w czasie NSP2011 i opublikowanymi przez Departament Badań Demograficznych i Rynku Pracy (2014), w Polsce znajduje się 13 568 tys. gospodarstw domowych, które przeciętnie zamieszkuje 2,84 osób. Przeszło 67% z nich zlokalizowanych jest na terenach miejskich (gdzie przeciętnie na gospodarstwo domowe przypada trochę mniej mieszkańców — 2,6 osoby). Najczęściej mamy zatem do czynienia z gospodarstwami dwu i w drugiej kolejności — jednoosobowymi. W miastach te dwa typy stanowią 55% wszystkich gospodarstw. W miastach mniejsze jest znaczenie gospodarstw, w których mieszkają 4 i więcej osób (stanowią one łącznie 23% wszystkich przypadków).

¹ Dane dotyczące struktury wiekowej poznaniaków są przez GUS agregowane do 5-letnich przedziałów wiekowych. Ze względu na specyfikę przeprowadzonych badań informacja ta została zgrupowana do 4 klas, zbliżonych do przedziałów wykorzystanych w trakcie prac badawczych: dzieci i młodzież do 19 roku życia, studenci i młodzi absolwenci w wieku od 20 do 34 lat, osoby w wieku średnim od 35 do 59 roku życia oraz osoby starsze, które ukończyły 60 lat lub więcej.



Ryc. 3.3: Struktura wiekowa mieszkańców Poznania według stosowanych przez GUS grup wiekowych — Poznań na tle całego kraju (na podstawie danych GUS dla 2014 r.)

kaniowe, które (w ramach płaconej comiesięcznie przez mieszkańców opłaty czynszowej) dbają o zaplecze techniczno-administracyjne m.in.: utrzymanie czystości budynków, remonty, reagowanie w przypadku awarii czy odbiór odpadów komunalnych.

Parysek i Mierzejewska (2006) wyróżniają w obrębie miasta 3 sektory: strefę centralną, pierścień zewnętrzny miasta i część peryferyjną. Część centralna obejmuje Stare Miasto i Ostrów Tumski, wraz z częścią okalających ich osiedli — Wildy, św. Łazarza, Jeżyc, Sołacza i Winograd. Jest to najgęściej zaludniony obszar miasta o zwartej zabudowie, pełniący głównie funkcję usługowo-handlową. Miejscami jest on mocno zdegradowany, z dużym udziałem starego budownictwa — kamienice z drugiej połowy XIX i początku XX wieku.

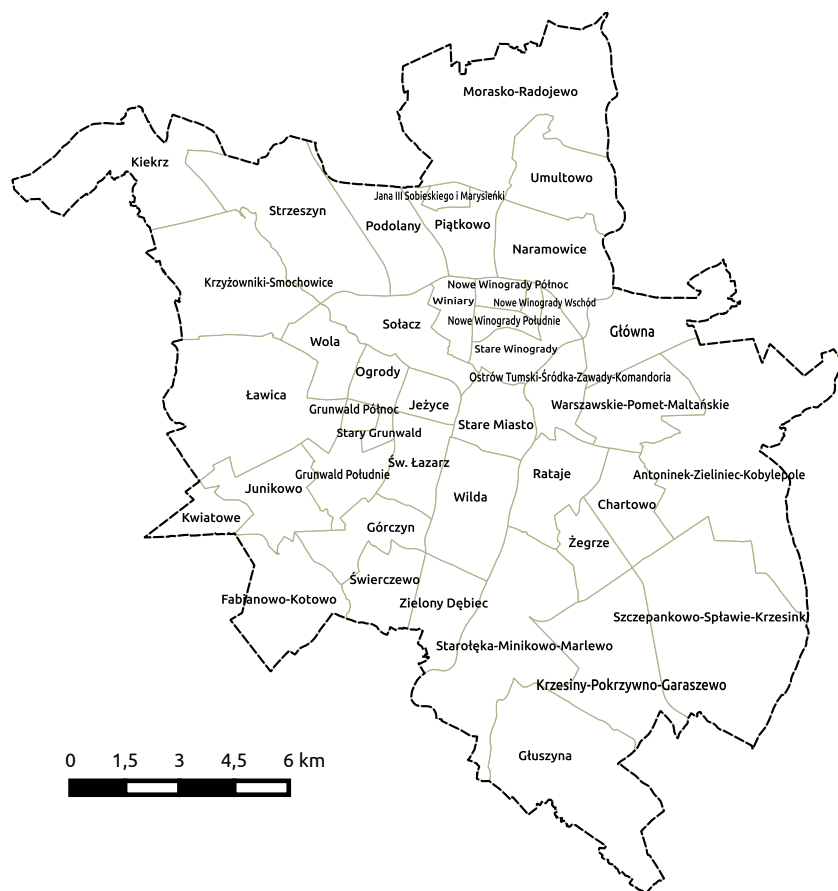
Funkcję mieszkalno-przemysłową spełnia pierścień zewnętrzny miasta. Przeplatają się w nim stare i nowe osiedla mieszkaniowe. Obejmuje on przede wszystkim Rataje, Żegrze, osiedle Warszawskie, część Starołęki, Wildę, Dębiec, Grunwald, Górczyn, Jeżyce, Ogrody, Wołę oraz Piątkowo. Dominuje tutaj zabudowa blokowa, gdzieś przycinana przez gęste osiedla domków jednorodzinnych oraz rzędy kamienic typowych dla zabudowy śródmiejskiej.

Pozostała część miasta, czyli strefa peryferyjna, spełniała do niedawna jedynie funkcję rekreacyjną i rolniczą. Niemniej, coraz dynamiczniej rozwijają się na niej nowe osiedla; głównie w luźnej zabudowie jednorodzinnej.

Przedstawiony powyżej podział Poznania jest jednak zdecydowanie niewystarczający, by oddać różnorodność urbanistyczną miasta i zróżnicowanie przestrzenne zabudowy mieszkaniowej, jak również cech charakterystycznych grup społecznych zamieszkujących poszczególne osiedla. W mieście tuż obok siebie znajdują się atrakcyjne i kosztowne lokalizacje, takie jak Sołacz, z zatopioną w zieleni architekturą willową, pięknie architektonicznie, choć miejscami mocno zaniedbane kamienice śródmieścia oraz niska zabudowa blokowa, w której niejednokrotnie znajdują się mieszkania socjalne. Osiedla mieszkaniowe pierścienia zewnętrznego są również bardzo zróżnicowane pod względem zabudowy. Obok przeplatających się wysokich i niskich blokowisk spory jest także udział zabudowy jednorodzinnej, w tym również osiedli powstałych na terenach byłych

Poznań podzielony jest na 5 dzielnic: Stare Miasto (pn.), Nowe Miasto (wsch.), Wilda (pd.), Jeżyce (pn.-zach.) i Grunwald (pd.-zach.). Każda z nich podzielona jest z kolei na tzw. jednostki pomocnicze miasta, nazywane też osiedlami — łącznie jest ich 41 (Ryc. 3.4). Są one zarządzane przez rady osiedli wybierane spośród ich mieszkańców. Do ich zadań należy między innymi dbanie o ład przestrzenny, troski o zielen miejską i ochronę środowiska. Na terenie osiedli często działają spółdzielnie miesz-

ogródków działkowych (patrz rozdz. 5.2). Do tego dochodzą stale rozbudowujące się peryferia, coraz bardziej przenikające się z gminami ościennymi.



Ryc. 3.4: Podział Poznania na jednostki pomocnicze miasta

W roku 2006 Europejska Agencja Środowiska opracowała na podstawie zdjęć satelitarnych szczegółową bazę danych dotyczącą użytkowania terenu dla 305 najbardziej zaludnionych miast w Europie. Wśród nich znalazł się również Poznań. Opracowanie to w skali 1:10 000 uwzględniało obiekty o minimalnej powierzchni 0,25 ha i obejmowało 20 kategorii związanych z różnymi formami pokrycia terenu. Analiza tych danych wskazuje, że największy udział w granicach administracyjnych Poznania mają tereny rolnicze, które zajmują przeszło 28% tego obszaru. Zabudowa mieszkaniowa stanowi ledwo 15%, podobnie jak obszary leśne, które wraz z zielenią miejską tworzą historycznie ukształtowany układ klinowo – pierścieniowy. Duży jest natomiast udział obszarów przemysłowych, usługowych i wojskowych, które stanowią prawie 11% terenów znajdujących się w granicach administracyjnych Poznania. Zabudowa mieszkaniowa jest bardzo zróżnicowana, a dominuje w niej zabudowa o średniej gęstości (Ryc. 3.6).

Porównując Poznań z pozostałymi miastami, dla których powstała w 2006 baza danych Urban Atlas (Gdańsk, Kielce, Kraków, Lublin, Łódź, Olsztyn, Radom, Toruń, Warszawa) należy zauważyć, że udział terenów przemysłowych, usługowych i wojskowych jest tutaj zdecydowanie największy. Drugie miejsce

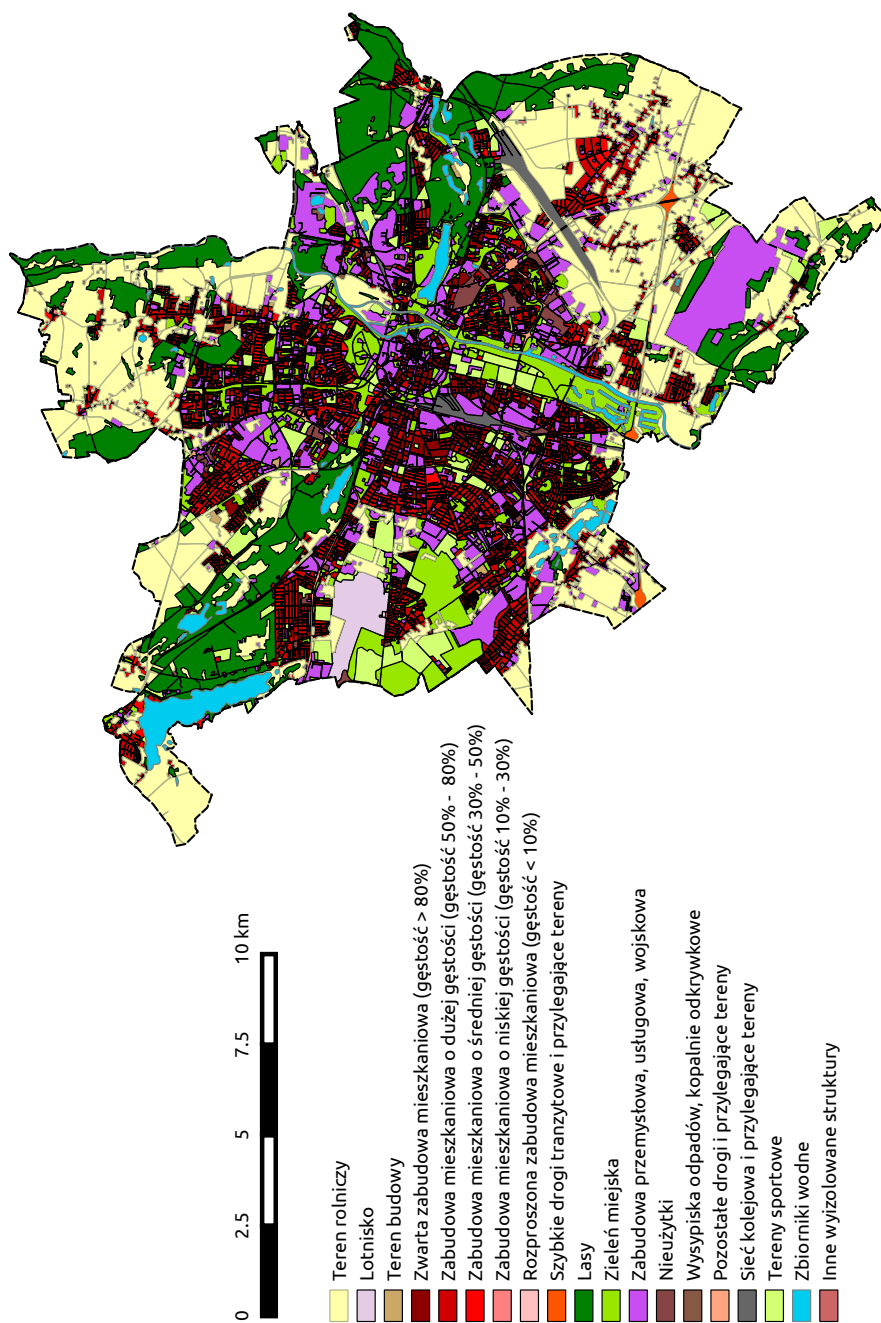
pod tym względem zajmuje Kraków, a Warszawa jest dopiero na trzeciej pozycji. Poznań też jednym z najmniej „zielonych miast”, a udział terenów rolniczych jest w nim zbliżony do Torunia i jest to średnia wartość na tle pozostałych miast. Jest on jednak najbardziej zróżnicowany pod względem zabudowy mieszkaniowej — występują tu wszystkie kategorie wyróżniane w Urban Atlas (Ryc. 3.5). Z pośród pozostałych polskich miast, dla których powstała ta baza danych, podobna sytuacja ma miejsce tylko w przypadku Gdańska. W Gdańsku dominuje jednak zabudowa zwarta².



Ryc. 3.5: Przykłady typów zabudowy mieszkaniowej występujące w Poznaniu według Urban Atlas 2006: a) zwarta (gęstość > 80%), b) o dużej gęstości (50% – 80%), c) o średniej gęstości (30% – 50%), d) o niskiej gęstości (10% – 30%), e) rozproszona (< 10%) (źródło: Street View)

Wszystkie te cechy czynią Poznań ciekawym obiektem badawczym. To właśnie duże miasta najbardziej borykają się z problemem odpadów. Z jednej strony śmieci powstaje w nich zdecydowanie więcej, z drugiej strony zaś duże jest też zróżnicowanie charakterystyk ich mieszkańców. Wreszcie sama zabudowa mieszkaniowa nastręcza wiele trudności w trakcie tworzenia i zarządzania całym systemem zbiórki. Dzieje się tak, ponieważ inne podejście do gospodarki odpadami dominuje w zabudowie jednorodzinnej, inne w wielorodzinnej. Specyficzne środowisko stanowią również kamienice w obrębie starego miasta, w których dostęp do pojemników bywa utrudniony zarówno dla mieszkańców, jak i firm, które je obsługują. Zatem bez mała każda dzielnica wymaga innych rozwiązań w tym zakresie. Miasto takie jak Poznań stanowi zatem duże wyzwanie w zakresie gospodarki odpadami.

² W czasie realizowania badań zakończono już program Urban Atlas 2012, jednak na stronie Europejskiej Agencji Środowiska opublikowano w pierwszej kolejności dane dla miast nieobjętych wcześniej badaniem, a dane dla Poznania nie były jeszcze wówczas dostępne.



Ryc. 3.6: Typy użytkowania terenu występujące na obszarze Poznania wg Urban Atlas 2006 (źródło: Europejska Agencja Środowiska — <http://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>)

Rozdział 4

Opis metody badawczej

4.1. Metodyka podziału Poznania na obszary jednolite pod względem zabudowy

Ilość odpadów komunalnych produkowanych przez mieszkańców miasta może zależeć od wielu czynników. Zgodnie jednak z istniejącymi w tym zakresie wytycznymi (Żygadło, 2001a; Jędrzak i Szpadt, 2006), podstawową zmienną jaka powinna zostać wzięta pod uwagę jest charakterystyka „środowiska miejskiego”. Wynika ona bezpośrednio z dominującego na danym terenie typu zabudowy mieszkaniowej. Dlatego właśnie planując badania terenowe zdecydowano, że wytypowane obszary testowe muszą być jak najbardziej jednorodne pod tym względem.

Jędrzak i Szpadt (2006) sugerują rozróżnienie minimum 3 typów środowisk, które korespondują z trzema typami zabudowy mieszkaniowej rozróżnianymi w Polsce przez administrację publiczną¹:

- środowisko I — zabudowa wielorodzinna, wielokondygnacyjna, o pełnym wyposażeniu w urządzenia infrastrukturalne, z centralnym ogrzewaniem z lokalnych lub centralnych kotłowni i ciepłowni,
- środowisko II — zabudowa wielorodzinna, starsza, z reguły zlokalizowana w centralnych częściach miast, z mieszanym systemem ogrzewania, od indywidualnego (piece domowe, etażowe c.o.) do centralnego i zróżnicowanym wyposażeniem w urządzenia infrastrukturalne, znaczną liczbą sklepów, obiektów gastronomii itp.,
- środowisko III — zabudowa jednorodzinna, niska, peryferyjna, z ogrodami przydomowymi i mieszanym systemem zaopatrzenia w ciepło, jednak z przewagą indywidualnego ogrzewania z wykorzystaniem paliwa stałego (drewno, węgiel, koks), gazowego i olejowego.

Autorzy powyższego opracowania podkreślają jednak, że w gospodarce odpadami komunalnymi podział ten powinien być dopasowany do specyficznej charakterystyki każdego miasta i w związku z tym może być modyfikowany.

W najważniejszych badaniach, jakie były do tej pory przeprowadzone w Poznaniu i uwzględniały wpływ typu zabudowy mieszkaniowej (Bogajewski, 2000; Mamelka, 2008), za każdym razem stosowano inne kryterium wydzielenia obszarów testowych (por. rozdział 2.1.5). W przypadku prac prowadzonych na

¹ Typy zabudowy mieszkaniowej rozróżniane przez administrację publiczną to: zabudowa typu śródmiejskiego, blokowa i zabudowa o przewadze wolno stojącej. Definicje każdej z nich znajdują się w obowiązującym Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych (Dz.U. 2011 nr 279 poz. 1642).

zlecenie Urzędu Miasta Poznania (Mamełka, 2008) był on mocno zbliżony, do wytycznych Jędrzaka i Szpadta (2006). Wyróżnione wówczas typy, to:

- zabudowa wielorodzinna nowa (wysoka, blokowa) — z udziałem powierzchniowym infrastruktury usługowo-handlowej na poziomie 15% w testowanym obszarze,
- zabudowa wielorodzinna stara (niska, śródmiejska) — z udziałem powierzchniowym infrastruktury usługowo-handlowej na poziomie 75% w testowanym obszarze,
- zabudowa jednorodzinna nowa — z systemem selektywnej zbiórki „u źródła” i z udziałem powierzchniowym infrastruktury usługowo-handlowej na poziomie 9% w testowanym obszarze,
- zabudowa jednorodzinna starsza — z punktami zbiórki selektywnej i z udziałem powierzchniowym infrastruktury usługowo-handlowej na poziomie 10% w testowanym obszarze.

W Niemczech cały system zbiórki funkcjonuje w oparciu o standardy określone w dokumencie opracowanym przez INTECUS Dresden GmbH na zlecenie Federalnego Urzędu Środowiskowego (Umweltbundesamt, 2010)². Zgodnie z nimi, w gospodarowaniu odpadami komunalnymi należy uwzględnić następujące typy zabudowy:

- wielorodzinna zabudowa wysoka, blokowa (często bloki z tzw. wielkiej płyty, składające się z wielu lokali mieszkaniowych) — mało przestrzeni pozwalających na gromadzenie odpadów zbieranych selektywnie; często obecność czynnych szybów zsypanych,
- zabudowa wielorodzinna niska (przeważnie 3–6 pięter) — zlokalizowana głównie w centrum miasta, stąd często jest to zwarta zabudowa kamieniczna, ale też blokowa; przeważnie też w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań jest niewiele wolnej przestrzeni do gromadzenia odpadów,
- zabudowa jedno lub kilku rodzinna, gęsta, niska, niejednokrotnie z małymi ogródkami; posiadająca dobrą infrastrukturę,
- typowa zabudowa jednorodzinna — charakterystyczna dla obszarów wiejskich, rzadko występująca na terenach dużych miast jako pojedyncze domki lub „bliźniaki” na obrzeżach, czasami z gorszym dostępem do infrastruktury.

Ostatecznie, dokonując podziału Poznania na obszary jednolite pod względem zabudowy mieszkaniowej, zdecydowano się stworzyć klasyfikację będącą połączeniem zasad obowiązujących zarówno w Polsce, jak i w Niemczech. Przyjęto podział na trzy typy środowisk za przykładem Jędrzaka i Szpadta (2006), jednak zastosowano niemieckie kryteria ich wydzielenia. W kryteriach tych warunki lokalowe pojedynczego gospodarstwa domowego (związane bardziej z charakterystyką społeczną mieszkańców), odgrywają ważniejszą rolę, niż istniejące zaplecze komunalne (system ogrzewania) i udział infrastruktury usługowo-handlowej:

- typ I — zabudowa wielorodzinna wysoka, blokowa (8 pięter lub więcej) — dominują mniejsze gospodarstwa domowe, lokale o niewielkiej powierzchni

² Europejskim liderem w zakresie nowoczesnej gospodarki odpadami są zdecydowanie Niemcy. Dzieje się tak zarówno ze względu na szybko rozwijające się tam nowe technologie, jak i z powodu długiej tradycji dotyczącej planowanej i zrównoważonej gospodarki odpadami (por. rozdział 2.1.2). Zatem planując metodykę podziału Poznania na obszary badawcze brano pod uwagę nie tylko polskie standardy, ale szukano również inspiracji u naszych zachodnich sąsiadów.

utrudniające selektywną zbiórkę odpadów; niejednokrotnie wyposażona w komory zsypowe,

- typ II — zabudowa wielorodzinna niska, (śródmiejska lub blokowa do 7 pięter) — zróżnicowana zarówno ze względu na wielkość gospodarstw domowych, jak i powierzchnię lokali; często zwarta zabudowa, utrudniająca lokalizację większej liczny punktów zbiórki selektywnej; brak komór zsypowych,
- typ III — zabudowa jednorodzinna lub kilkurodzinna — duża powierzchnia lokalowa i dogodne warunki do segregacji (zwłaszcza zbiórki selektywnej „u źródła“), oraz dodatkowe możliwości odzysku odpadów biodegradowalnych (przodomowe kompostowniki).

W przypadku dwóch pierwszych typów zabudowy, podstawą do ich rozróżnienia jest różnica w przeciętnej wysokości budynku. W warunkach polskich w dalszym ciągu często wysokie bloki są wyposażone w szyby zsypowe. Występują one jednak jedynie w budynkach o wielu kondygnacjach (8 pięter lub więcej). Dodatkowo przeważnie są tam mieszkania o mniejszym metrażu. Oba czynniki mogą mieć istotny wpływ na zachowania mieszkańców dotyczące postępowania z odpadami (Ryc. 4.1).



Ryc. 4.1: Przykłady obszarów znajdujących się w każdym, z wyróżnionych w niniejszej pracy, trzech typów zabudowy mieszkaniowej: a) typ I (os. Wichrowe Wzgórze), b) typ II (ul. Kościuszki), c) typ III (ul. Winogrady)

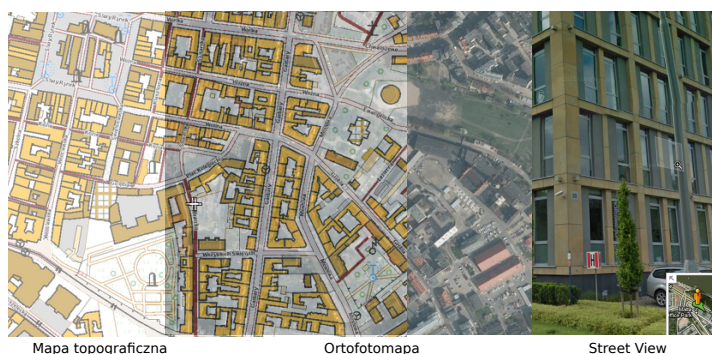
Podstawą do podziału Poznania na obszary jednolite pod względem zabudowy była mapa z granicami jednostek pomocniczych miasta (osiedlami) oraz baza danych obiektów topograficznych z roku 2013 pochodząca z Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej.

Przyjęto założenie, że każdy wydzielony obszar musi zawierać się w całości w obrębie jednej z 42 jednostek administracyjnych miasta. Miało to ułatwić pozyskiwane dodatkowych informacji pochodzących z administracji publicznej.

Baza danych obiektów topograficznych zawiera m.in. takie informacje, jak lokalizacja poszczególnych typów zabudowy mieszkaniowej oraz liczba kondy-

gnacji poszczególnych budynków. Dzięki niej z łatwością wydzielono obszary zabudowy wielorodzinnej z podziałem na typ I i II (na podstawie informacji o liczbie kondygnacji) oraz większość obszarów zdominowanych przez zabudowę jednorodzinną.

Poprawność mapy wynikowej sprawdzono przy użyciu zdjęć satelitarnych z Google Maps i aplikacji Street View (Ryc. 4.2). Okazało się, że na niektórych terenach zwarta, szeregowa zabudowa jednorodzinna została zaklasyfikowana przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej jako zabudowa śródmiejska. Przy przyjętej w pracy badawczej typologii konieczne było zatem wprowadzenie na tych terenach korekty podziału.



Ryc. 4.2: Sprawdzenie poprawności mapy podziału Poznania na obszary jednolite pod względem zabudowy — źródła danych: Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT), ortofotomapa dostępna w Google Maps — dane aktualne na rok 2013 (<https://www.google.pl/maps/>) i widok pochodzący z Google Street View — funkcji dostępnej w Google Maps (dostępne ujęcia pochodziły z 2011 r.)

4.1.1. Wybór obszarów testowych w obrębie Poznania

Przeprowadzenie badań terenowych OWN na terenie całego Poznania byłoby w ramach realizowanego projektu niewykonalne, dlatego należało dokonać selekcji obszarów testowych. Zakładano, że otrzymane wyniki mogą zostać zastosowane do prognozowania ilości odpadów w pozostałych obszarach z wykorzystaniem modelowania przestrzennego. Przyjęto zatem, że w celu uzyskania w przyszłości wiarygodnych modeli, powinno ich być minimum 50³. Ich wyboru dokonano, starając się zapewnić możliwie największą reprezentatywność próby, przy

³ Liczba obszarów badawczych wpływa na jakość macierzy odległości niezbędnej w przestrzennych modelach regresyjnych. Przyjmuje się, że najlepsze wyniki osiągnąć można przy zastosowaniu w modelu min. 60 obszarów (Griffith, 1996). Niemniej, nie zawsze osiągnięcie takiej liczby jest możliwe np. jeśli do modelowania wykorzystuje się dane statystyczne gromadzone w określonych jednostkach administracyjnych (np. 48 stanów kontynentalnych w USA). Zdały się zatem w literaturze również próby modelowania przestrzennego w oparciu o małe próby. Takiego zadania podjęli się m.in. Anselin i Florax (1995) a także Florax i Rey (1995). Florax i Rey przetestowali w oparciu o liczne symulacje parametry modeli, otrzymanych na podstawie różnych macierzy odległości. Prównali między sobą wyniki pochodzące z 4 prób o różnych liczebnościach (16, 25, 36 i 49). Jak się okazało wielkość próby odegrała w nich drugorzędne znaczenie. Większy wpływ na otrzymane wyniki miało prawidłowe obliczenie macierzy wag. Należy w tym miejscu nadmienić, że przyjęta w opisywanej pracy metodyka badawcza oznaczała trudne i czasochłonne badania terenowe. Obawiano się tym samym, że przyjęcie zalecenia Griffith'a (1996) może być w praktyce nie realne do zrealizowania. Opierając się zatem o wyniki Florax'a i Rey'a (1995) przyjęto największą możliwą wg zespołu badawczego liczebność próby czyli 50 obszarów.

jednoczesnym uwzględnieniu trudności związanych z dostępem do pojemników znajdujących się w zamkniętych punktach zbiórki oraz na prywatnych posesjach. Najpierw zdecydowano się wybrać 100 obszarów testowych metodą próbkowania losowego, stratyfikowanego typem zabudowy mieszkaniowej — procentowy udział każdego z typów zabudowy wśród obszarów testowych odpowiadał ich procentowemu udziałowi w zabudowie mieszkaniowej całego miasta. Następnie przeprowadzono na wybranych tym sposobem terenach wizje lokalne i próbne badania. Umożliwiło to ocenę typu i dostępności pojemników. Nawiązano też kontakty z częścią mieszkańców zabudowy jednorodzinnej, gospodarzami poszczególnych budynków oraz administracjami zarządzającymi spółdzielniami mieszkaniowymi. Na tej podstawie dokonano ostatecznego wyboru 50 obszarów badawczych, na których nie było szczególnych utrudnień w dostępie do pojemników na śmieci. Wśród wybranych obszarów zachowany został jednakże procentowy udział poszczególnych typów zabudowy, taki jak w całym mieście.

4.2. Badania ilości odpadów wytwarzanych w gospodarstwach domowych

Ponieważ w literaturze przedmiotu brak jest publikacji w których dokonano by wiarygodnej oceny zmienności ilości odpadów produkowanych przez gospodarstwa domowe w Poznaniu, w niniejszej pracy zdecydowano się na przeprowadzenie pomiarów bezpośrednich. Były to badania dodatkowe, które miały jedynie uzupełnić wiedzę odnośnie zachowań mieszkańców miasta w tym zakresie. Jednak ponieważ ich wyniki miały istotne znaczenie dla przyjętej metodyki prac terenowych, dlatego też metodę pozyskania tych danych omówiono w pierwszej kolejności.

Badanie ilości odpadów wytwarzanych w gospodarstwach domowych jest zadaniem trudnym, którego realizacją zajmowało się niewielu badaczy (Dennison i in., 1996b,a; Gómez i in., 2009; Szymczak, 2013). Z tej właśnie przyczyny na początku realizacji niniejszego projektu, nie planowano wykonywania takich badań. Jedną z przyczyn trudności są problemy ze skłonieniem odpowiednio dużej i reprezentatywnej próby mieszkańców do współpracy. W konsekwencji, istnieje spore ryzyko, iż nie uda się zgromadzić wystarczającej liczby gospodarstw domowych biorących udział w badaniu oraz zapewnić reprezentatywność badanej grupy.

Jednak, mimo wspomnianych trudności, ostatecznie zdecydowano się przeprowadzić dodatkowe badania ilości odpadów zmieszanych wytwarzanych w gospodarstwach domowych. Informację na ten temat pozyskano z wykorzystaniem dwóch metod: ankietyzacji przeprowadzonej za pośrednictwem internetu oraz monitoringu ilości odpadów wytwarzanych w wybranych gospodarstwach.

W obydwu przypadkach OWN był szacowany na podstawie częstotliwości wyrzucania śmieci w tygodniu $L(tyg)_i$, standardowej pojemności worka na śmieci $V(w)^4$ oraz liczby osób w gospodarstwie domowym GD . Informacje te pozwoliły

⁴ respondent miał do wyboru pomiędzy trzema standardowymi wielkościami worków, jakie są dostępne na rynku: 35l, 60l, 120l; zostawiono jednak opcję dodania własnego typu worka; przyjęto również założenie, że pojemność standardowej reklamówki ze sklepów spożywczych odpowiada pojemności worka 35l.

na oszacowanie ilości odpadów zmieszanych wytwarzanych w każdym z przebadanych gospodarstw domowych (4.1).

$$OWN = \frac{V(w) \times L(tyg)_i}{GD} \quad (4.1)$$

Informacje obejmujące charakterystyki gospodarstwa domowego, mogły być z kolei istotne dla interpretacji wyników. Zadano zatem dodatkowe pytania, które dotyczyły: typu gospodarstwa domowego, wieku osób je zamieszkujących i rozporządzalnego przychodu na osobę w gospodarstwie domowym. Pozyskano również informację odnośnie prowadzonej zbiórki selektywnej (czy jest prowadzona oraz jakie frakcje śmieci są segregowane).

Typologię gospodarstw domowych, jaką zdecydowano się uwzględnić w badaniu, oparto na standardach stosowanych przez Departament Badań Demograficznych i Rynku Pracy GUS (2014) w trakcie narodowego spisu powszechnego w 2011 r. Zrezygnowano jednakże z używania pojęcia „rodzina“ (gospodarstwa jedno- i wielorodzinne itp.), gdyż kojarzy się ono w społeczeństwie z małżeństwem. Tymczasem często mamy do czynienia z sytuacją, gdy para żyje od dawna w stałym związku, prowadząc wspólne gospodarstwo domowe, ale nie utożsamia się z „rodziną“. Zatem by uniknąć błędów w trakcie wypełnienia ankiety związanej z różnym rozumieniem stosowanych pojęć zdecydowano się na sformułowanie „para będąca w stałym związku“. Natomiast pojęcie gospodarstwa „dwo- trzy- i więcej rodzinne“, które przeważnie dotyczą osób już spokrewnionych, zastąpiono powszechniej stosowanym terminem „rodziny wielopokoleniowe“.

Dodatkowo, uwzględniając wpływ obecności dzieci na ilość i jakość odpadów komunalnymi w gospodarstwie domowym (Dennison i in., 1996a,b) wprowadzono rozróżnienie na gospodarstwa domowe „z“ i „bez“ niepełnoletnich dzieci. Biorąc również pod uwagę specyfikę mieszkań studenckich (Szymczak, 2013; Dennison i in., 1996a,b) zdecydowano się na zastąpienie „nierodzinnych wieloosobowych gospodarstw“⁵ przez dwie rozdzielne kategorie: „często zmieniający się współlokatorzy“ (typowe mieszkanie studenckie lub częściowo studenckie, w którym trudno o wypracowanie akceptowanych przez wszystkich lokatorów zasad prowadzenia wspólnego gospodarstwa domowego) oraz „rzadko zmieniający się współlokatorzy“.

W konsekwencji zastosowano następujący podział dotyczący typów badanych gospodarstw domowych:

- typ A — gospodarstwo jednoosobowe,
- typ B — para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci,
- typ C — para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi,
- typ D — rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci,
- typ E — rodziny wielopokoleniowe, z czego co najmniej jedna z niepełnoletnimi dziećmi,
- typ F — wielu, często zmieniających się współlokatorów,
- typ G — rzadko zmieniający się współlokatorzy,
- typ H — inne, jakie:

⁵ określenie stosowane w opracowaniu Departamentu Badań Demograficznych i Rynku Pracy GUS (2014) np. na stronie 37

Kolejna informacja, jaką pozyskano od respondentów, dotyczyła grup pokoleniowych zamieszkujące dane gospodarstwo domowe. W badaniach prowadzonych przez GUS (np. w trakcie NSP2011) wyróżniano 3 grupy pokoleniowe: osoby młode (w przedziale wieku 0–29 lat), w średnim wieku (30–59 lat) i starsze (w wieku 60 lat i więcej).

W przypadku opisywanego badania wzorowano się na tym podziale. Zdecydowano się jednak przesunąć granicę wiekową „osób młodych“ do 35 lat. Podjęto taką decyzję, gdyż w polskim społeczeństwie obserwuje się coraz późniejsze wchodzenie przez młodych ludzi w tzw. dorosłość (Lipska i Zagórska, 2011). Coraz później zawierane są związki małżeńskie, a w konsekwencji przesuwa się również wiek, kiedy para decyduje się na pierwsze dziecko. Obecnie więcej osób kończy też studia trzeciego stopnia i z tego powodu, często moment ustatkowania się jest odwlekany w czasie. Ma to też wpływ na sposób prowadzenia gospodarstwa domowego, a w konsekwencji — wyrabianie nawyków dotyczących postępowania z odpadami. Granicę 35 lat wybrano arbitralnie, sugerując się różnymi państwowymi programami stypendialnymi, konkursami i projektami, które są dedykowane osobom do 35 roku życia. Dodatkowo zdecydowano się wyróżnić grupę studentów pierwszego, drugiego i trzeciego stopnia, stąd pokolenie osób młodych obejmuje dwie grupy wiekowe: 0 – 18 lat i 19 – 34 lat.

Ostatnią pozyskaną informacją dotyczącą ankietowanych gospodarstw domowych był rozporządzalny dochód na osobę w gospodarstwie domowym⁶. W tym przypadku zdecydowano się przyjąć podział na 4 klasy: najuboższą, średniozamożną (zarobki wszystkich domowników poniżej przeciętnego dochodu na osobę), zamożną (zarobki wszystkich domowników powyżej przeciętnego dochodu na osobę) oraz najbogatszą. Problem stanowiło określenia wartości progowych między poszczególnymi klasami dla mieszkańców Poznania.

Ostatnie badania dotyczące dochodów w gospodarstwach domowych GUS przeprowadził w roku 2013. Jego szczegółowe wyniki zostały opublikowane w zestawieniu dla obszaru całej Polski (GUS Departament Badań Społecznych i Warunków życia 2014). Niestety nie ma dostępnych takich danych, obejmujących jedynie miasto Poznań. UMP wydał co prawda w latach wcześniejszych kilka opracowań przedstawiających ogólną kondycję finansową mieszkańców miasta (UMP 2006, 2009). Wszystkie te informacje są jednak tylko częściowe. Zawierają na przykład dane o rozporządzalnym dochodzie na całe gospodarstwo domowe, a nie na osoby będące jego członkami (UMP 2009), bądź też nie przedstawiają danych odnośnie przeciętnego przychodu (UMP 2006). Również informacje pojawiające się w raportach o stanie miasta (publikowanych w biuletynie informacji publicznej), oraz w opublikowanej przez Urząd Statystyczny w Poznaniu (2011) prognozie dotyczącej sytuacji w gospodarstwach domowych dla całego województwa wielkopolskiego są zbyt ogólne.

W rezultacie postanowiono oszacować wartości progowe dla poszczególnych klas w oparciu o dane dla całego kraju (GUS Departament Badań Społecznych i

⁶ Zgodnie z definicją GUS (2011) dochód rozporządzalny jest to: „suma bieżących dochodów gospodarstwa domowego z poszczególnych źródeł pomniejszona o zaliczki na podatek dochodowy od osób fizycznych płacone przez płatnika w imieniu podatnika (od dochodów z pracy najemnej oraz od niektórych świadczeń z ubezpieczenia społecznego i świadczeń pozostałych), o podatki od dochodów z własności, podatki płacone przez osoby pracujące na własny rachunek, w tym przedstawicieli wolnych zawodów i osób użytkujących gospodarstwo indywidualne w rolnictwie oraz o składki na ubezpieczenia społeczne i zdrowotne.“

Warunków życia 2014). Uwzględniono m.in fakt, iż w miastach o liczbie mieszkańców przekraczającej 500 tysięcy osób przeciętny dochód rozporządzalny był w roku 2014 o 65% wyższy niż przeciętnie w całym kraju. Sprawdzone również jaki był w roku 2013 dochód na mieszkańca w 30 najbogatszych miastach Polski. Poznań uplasował się na 23 pozycji, a wysokość dochodu była poniżej średniej dla najbogatszych miast (stanowił 91,2% średniej).

Uwzględniając te informacje i zakładając, iż utrzyma się dotychczasowy wzrost rozporządzalnego dochodu na gospodarstwo domowe, dokonano przeliczenia, w wyniku którego otrzymano ostateczny podział na 4 klasy (Tab. 4.1).

Tab. 4.1: Zestawienie danych dotyczących przeciętnego rozporządzalnego dochodu na osobę w Polsce w roku 2013 (Departament Badań Społecznych i Warunków życia GUS 2014) z jego szacunkowymi wartościami dla Poznaniu w roku 2015

Klasa	Polska (2013)	Szacunkowe wartości dla Poznania w roku 2015
20% najuboższych mieszkańców	do 399	do 645
mieszkańcy średnio zamożni	400 – 1299	646 – 1875
mieszkańcy zamożni	1300 – 2700	1876 – 3790
20% najbogatszych mieszkańców	powyżej 2700	powyżej 3790

4.2.1. Monitoring ilości odpadów w wybranych gospodarstwach domowych

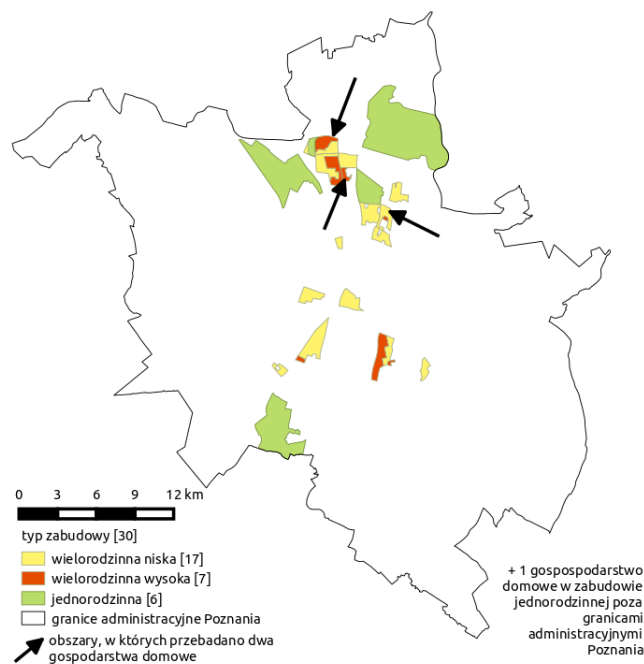
Dane pozyskane tą drogą nie były wykorzystywane bezpośrednio w modelowaniu. Służyły natomiast jako ważna informacja referencyjna. Na ich podstawie bowiem możliwe było stwierdzeniem, jakie wartości w rzeczywistości przyjmuje OBN w pojedynczych gospodarstwach domowych znajdujących się na terenie Poznania i w jego okolicach. Z tej przyczyny ważna była nie tylko reprezentatywność próby, ale przede wszystkim rzetelność pozyskanych danych. Osoby, które zdecydowały się wziąć udział w badaniu, musiały być godnymi zaufania, by pozyskana tą drogą informacja budziła jak najmniej wątpliwości. Stąd też badane gospodarstwa domowe nie były wybrane drogą losowania. Byli to bliźsi i dalsi znajomi osób należących do zespołu badawczego. Starano się jednak, by znaleźli się wśród nich mieszkańcy każdego z analizowanych typów gospodarstw domowych, znajdujących się w różnych częściach miasta i wszystkich typów zabudowy mieszkaniowej, branych pod uwagę we wcześniej przeprowadzonych badaniach terenowych (Ryc.4.3).

Samo badanie trwało minimum 3 tygodnie. Tydzień to najkrótszy czas, jaki jest potrzebny do określenia średniej ilości odpadów generowanych w gospodarstwie domowym (Żygadło, 2001a). Jednak by zwiększyć dokładność otrzymanych wyników zdecydowano się powtórzyć tygodniową serię pomiarową trzykrotnie, a otrzymaną w ten sposób zsumowaną objętość odpadów podzielono przez liczbę dni pomiarowych (4.2). Osoby zaangażowane w badania przez cały ten czas zapisywały dzień i godzinę wyrzucenia śmieci na specjalnie przygotowanym do tego celu formularzu (Dodatek A, str. 177).

$$OWN = \frac{V(w) \times \sum_i^3 (L(tyg))}{liczba\ dni \times GD} \quad (4.2)$$

Formularz zawierał również zestaw pytań dotyczących charakterystyki gospodarstwa domowego biorącego udział w badaniu, analogiczne do pytań zadawanych w trakcie geoankietyzacji (por. rozdział 4.2.2). Ilość odpadów wytworzonych w każdym z przebadanych gospodarstw domowych szacowano zatem na podstawie uzyskanych od mieszkańców informacji. Łącznie w badaniu wzięło udział 30 gospodarstw. Data rozpoczęcia badań w poszczególnych gospodarstwach był różna, jednak całość badań zamknęła się w czasie od połowy lutego do połowy marca 2015 r.

Dodatkowo uczestnikom badania zadano jeszcze jedno pytanie dotyczące średniej liczby worków ze śmieciami, które są wyrzucane w ciągu tygodnia w ich gospodarstwie domowym. Miało to miejsce po upływie przeszło miesiąca od zakończenia okresu badawczego. Było to dokładnie takie samo pytanie, na które odpowiadali respondenci geoankiety. Dzięki niemu spróbowano oszacować błąd, jaki popełniają ankietowani próbując oszacować liczbę wyrzucanych przez nich worków ze śmieciami.



Ryc. 4.3: Obszary z gospodarstwami domowymi w których prowadzono monitoring ilości odpadów. W każdym obszarze, jeżeli nie wskazano inaczej, zlokalizowane było jedno gospodarstwo

4.2.2. Internetowe badania ankietowe z użyciem interaktywnej mapy (geoankietyzacja)

Celem pozyskania informacji o odpadach metodą alternatywną do bezpośrednich rejestracji dokonywanych w gospodarstwach domowych, zdecydowano się na przeprowadzenie na wiosnę 2015 roku badań ankietowych. W tym celu we współpracy z firmą „Recoded Dariusz Walczak“, zajmującą się tworzeniem opro-

gramowania stosowanego w PPGIS⁷, opracowana została geoankieta⁸. Pozwoliła ona na zebranie informacji nie tylko o ilości, ale również miejscu wytwarzania odpadów. Mieszkańcy byli zachęceni do wzięcia udziału w badaniu przez druki bezadresowe, informację w mediach oraz za pośrednictwem internetu: strony projektu (www.wastemodeling.amu.edu.pl) i portalu społecznościowego Facebook.

Łącznie wysłano ok. 8 000 bezadresowych zaproszeń do gospodarstw domowych znajdujących się w wytypowanych obszarach badawczych. Ponieważ w niektórych sąsiadujących ze sobą obszarach (zwłaszcza na osiedlach domków jednorodzinnych) istniało ryzyko, że liczba odpowiedzi będzie zbyt mała, zdecydowano się niektóre z sąsiadujących ze sobą obszarów połączyć. Zdecydowano się na to jednak jedynie w pojedynczych przypadkach, gdy dominujące typy zabudowy w obydwu obszarach były do siebie zbliżone. Stąd liczba wydzielonych obszarów objętych badaniem wyniosła 47. Bazując na wcześniejszych doświadczeniach firmy (Czepakiewicz i in., 2015, 2016), przyjęto założenie, że uda się osiągnąć ok. 8% zwrotów. Liczba zaproszeń wysłanych na poszczególne osiedla zależała od szacunkowej liczby gospodarstw domowych znajdujących się na danym terenie — starano się uzyskać odpowiedzi od min. 30 gospodarstw z każdego obszaru. Zaproszenia były kierowane do średnio 22% gospodarstw domowych z obszaru. Procent ten wahał się jednak od 5% w zabudowie wielorodzinnej (zwłaszcza wielorodzinnej wysokiej), gdzie liczba gospodarstw domowych przekraczała nawet 4 000, do 100% w przypadku bardzo niewielkiego osiedla „Różany Strumień“ w zabudowie jednorodzinnej, czy małego osiedla w zabudowie wielorodzinnej niskiej na Górczynie. Nie było możliwości wysłania zaproszeń do mieszkańców jednego z wytypowanych obszarów, który obejmował osiedle domów studenckich tzw. „Babilon“ przy ulicy Dożynkowej. Do ich mieszkańców próbowano dotrzeć z prośbą o wzięcie udziału w badaniu głównie za pośrednictwem internetu.

Pierwszą informacją, którą respondent musiał podać na stronie z ankietą, było wskazanie swojego obszaru zamieszkania. Informacja zbierana była jedynie od mieszkańców z wytypowanych od samego początku obszarów badawczych. Należy także podkreślić, iż link do ankiety dedykowanej mieszkańcom biorącym udział w badaniu dzięki zaproszeniu bezadresowemu, był indywidualnie określony dla każdego uwzględnionego obszaru. Oznacza to, że mieszkańcy osiedla Przyjaźni mieli osobną ankietę dedykowaną tylko dla nich, to samo dotyczyło osób mieszkających w pozostałych obszarach. Dzięki temu ograniczono możliwość popełnienia przez respondentów pomyłki. Takie ryzyko istniało jednakże w przypadku osób, które dowiedziały się o badaniu innymi kanałami informacji.

W przypadku geoankietyzacji respondenci byli wprost pytani o częstość wyrzucania śmieci w tygodniu $L(\text{tyg})$. Pozyskano od nich również te same informacje, które zbierano w przypadku badań przeprowadzonych w wybranych gospodarstwach domowych. Tak pozyskane dane pozwoliły na oszacowanie objętościowego wskaźnik nagromadzenia odpadów według wzoru (4.3).

⁷ Partycypacyjny GIS (public participation GIS) zajmuje się rozwijaniem narzędzi, ułatwiających udział społeczeństwa w decyzjach podejmowanych przez władze lokalne, dotyczących przestrzeni miejskiej (Kahila i Kytta, 2008).

⁸ Ankieta internetowa umożliwiająca nanoszenie obiektów na interaktywną mapę. Jest to narzędzie często stosowane w ramach PPGIS (Czepakiewicz i Snabb, 2013).

$$OWN = \frac{V(w) \times \sum_i^1 (L(tyg))}{7 \times GD} \quad (4.3)$$

Poza pytaniami dotyczącymi sposobu postępowania z odpadami oraz charakterystyki gospodarstwa domowego, zadano jeszcze pytania dodatkowe na temat wieku i płci respondenta. Zakładano, że młode osoby chętniej wezmą udział w tego typu badaniu, stąd konieczne było określenie, jaki był procentowy udział odpowiedzi osób reprezentujących poszczególne grupy wiekowe. Również płeć mogła mieć tutaj znaczenie.

Skorzystano również z możliwości, jakie daje geoankietyzacja, by określić precyzyjnie w obrębie danego obszaru miejsce zbiórki odpadów, z którego korzystają respondenci. Opcjonalnie mieli oni bowiem możliwość zaznaczenia, w obrębie obszaru swojego zamieszkania, punktu zbiórki, z którego korzystają najczęściej. W przypadku zabudowy jednorodzinnej znajduje się on zazwyczaj bezpośrednio przy domu ankietowanego. Istniała by zatem możliwość jego pośredniej identyfikacji, dlatego w takim przypadku możliwe było zaznaczenie jedynie pobliskiej ulicy. Informacja ta pozwala w przybliżeniu określić lokalizację przebadanych gospodarstw domowych, a to z kolei daje możliwość zbadania zróżnicowania odpowiedzi w obrębie obszaru, a także na granicy pomiędzy sąsiadującymi obszarami. Ankietyzacja ograniczona jedynie do porównania wyników osiągniętych dla poszczególnych obszarów badawczych nie dawałaby takich możliwości.

Pozostawiono też respondentom miejsce na dodatkowe uwagi odnośnie systemu gospodarki odpadami komunalnymi aktualnie funkcjonującego w Poznaniu.

Zbieranie odpowiedzi trwało przez trzy tygodnie od momentu rozesłania zaproszeń do gospodarstw domowych. Doświadczenie firmy „Recorded Dariusz Walczak“, która wcześniej prowadziła już na terenie Poznania inne badania tą metodą, wskazuje, że po tym czasie liczba odpowiedzi na pytania raptownie spada.

Należy podkreślić, iż geoankieta została przygotowana w taki sposób, iż odpowiedzi respondentów były rejestrowane już od samego początku. Pozwoliło to na uzyskanie najważniejszych informacji, nawet w przypadku, gdy ankietowany przerwał udział w badaniu nim zdążył odpowiedzieć na wszystkie pytania.

4.3. Badania terenowe objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów

Najczęściej stosowaną metodą pomiarową, która pozwala na oszacowanie *OWN*, są badania terenowe objętościowego wskaźnika nagromadzenia. W praktyce monitoring objętości odbywa się jednocześnie z badaniem *WWN* na wybranych trasach zbiórki odpadów, które obejmują kilka sąsiadujących ze sobą osiedli. Nie są to badania rutynowe — organizuje się je przeważnie na zlecenie władz miasta i odbywają się zazwyczaj sporadycznie (raz na kilka lat). Pozyskiwane tą drogą dane dają najczęściej jedynie ogólną informację odnośnie ilości wytwarzanych odpadów. Po pierwsze, choć pozwalają na rozróżnienie

wpływu typu zabudowy na produkcję śmieci, to nie uwzględniają zmienności przestrzennej tego zjawiska. Po drugie w ogóle nie pozwalają na uchwycenie jego zmienności czasowej. Tymczasem badania realizowane w ramach opisywanego projektu uwzględniały oba powyższe aspekty. Podjęto również próbę przeprowadzenia badań porównawczych *OWN* i *WWN* w sąsiadującej z Poznaniem gminie Pobiedziska.

4.3.1. Zróżnicowanie przestrzenne w obszarach testowych

Do obliczenia *OWN* konieczne było zdobycie informacji odnośnie liczby dni, jakie minęły od ostatniego wywozu odpadów z danego punktu zbiórki $L(d)$ oraz liczby osób zameldowanych pod danym adresem $L(m)_i$ lub na danym obszarze $L(m)_j$. Objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów, dla obszaru j , obliczany był na dwa sposoby.

W zabudowie jednorodzinnej oraz w zabudowie wielorodzinnej śródmiejskiej wartości *OWN* obliczono osobno dla każdego z n punktów zbiórki (4.4). Następnie zaś obliczono medianę z wartości otrzymanych dla całego obszaru.

$$OWN_i = \frac{V(o)_i}{L(d) \times L(m)_i} \quad (4.4)$$

W zabudowie wielorodzinnej natomiast sumowano objętość odpadów wytworzonych w każdym punkcie zbiórki, a uzyskaną wartość przeliczano w stosunku do liczby osób zamieszkujących dany obszar (4.5).

$$OWN_j = \frac{\sum_{i=1}^n V(o)_i}{L(d) \times L(m)_j} \quad (4.5)$$

Najtrudniejszym zadaniem było zaplanowanie cyklu pomiarów terenowych, które pozwoliły na uzyskanie informacji odnośnie ilości odpadów wytwarzanych w każdym z obszarów badawczych. Pierwsza próba wyjścia w teren odbyła się na jesieni 2013 roku, kiedy przetestowano sprzęt i sprawdzono w praktyce dostępność pojemników na 100 losowo wybranych obszarach testowych. Właściwe pomiary w 50 ostatecznie wyznaczonych obszarach badawczych miały miejsce w sezonie wiosna – lato 2014. Największa część badań odbyła się latem w miesiącach lipiec i sierpień oraz początek września ze względu na dyspozycyjność studentów biorących udział projekcie. To dzięki ich pomocy możliwe było pozyskanie tak dokładnej informacji odnośnie ilości odpadów wytwarzanych w różnych obszarach miasta.

Zabudowa wielorodzinna W każdym z obszarów testowych zlokalizowanych na terenie zabudowy wielorodzinnej wykonano 3 niezależne serie pomiarowe wypełnienia pojemników w punktach zbiórki. Pomiary odbywały się w różnych dniach, by na tej podstawie możliwe było wyciągnięcie najbardziej reprezentatywnej wartości *OWN*. Dla każdego obszaru była to mediana z trzech powtórzeń, by uniknąć zbyt dużego wpływu przypadkowych wartości odstających.

Zabudowa jednorodzinna W obszarach testowych znajdujących się na terenach zabudowy jednorodzinnej również dokonano trzech powtórzeń. Odbiór odpadów z tych gospodarstw domowych następuje zdecydowanie rzadziej — raz

na tydzień, bądź raz na dwa tygodnie. Z tej przyczyny wyciąganie wartości średniej dla zabudowy jednorodzinnej w wielu przypadkach miało się z celem. Ponieważ większość pomiarów została wykonana w trakcie letniego cyklu badawczego kolejne pomiary zostały dokonane w czasie, w trakcie którego firmy zajmujące się wywozem nie zdążyły jeszcze odebrać odpadów od mieszkańców. Należy również nadmienić, że osoby mieszkające w domkach jednorodzinnych mają dużo większe możliwości gromadzenia odpadów na terenie swoich posesji. Stąd różnice w ilości odpadów wytworzonych między jednym a drugim pomiarem, które były wykonywane w różnych odstępach czasu.

Dodatkową trudność stanowił fakt, iż badania były wykonywane w czasie kiedy trwał wydłużony okres przejściowy (por. rozdział 2.1.4), w trakcie którego nie wdrożono jeszcze w życie nowego systemu zbiórki odpadów. W konsekwencji czego jeden obszar był w dalszym ciągu obsługiwany przez wiele firm zajmujących się odbiorem odpadów. Sytuacja ta uniemożliwiała zaplanowanie prac terenowych w obszarach testowych w taki sposób, by móc przeprowadzić serię 3 powtórzeń, które odbywałyby się w dłuższych odstępach czasu. Oczywiście spore znaczenie ma także różnica w ilości śmieci między pojedynczym gospodarstwem domowym w zabudowie jednorodzinnej, a punktem zbiórki obsługującym wiele gospodarstw w zabudowie wielorodzinnej. Stąd zakładano, że pierwszy pomiar miałby się odbyć tuż po zbiórce odpadów, kolejny po kilku lub kilkunastu dniach, a ostatni tuż przed kolejną zbiórką. Takie przeprowadzenie badań miało pozwolić na uchwycenie zmienności czasowej OVN w poszczególnych gospodarstwach domowym. Zrealizowanie tego planu wymagało jednak, by na całym obszarze funkcjonował jeden harmonogram odbierania odpadów od mieszkańców (co zakładał nowy system). Przedłużanie się okresu przejściowego sprawiło jednak, że w trakcie badań każdy z mieszkańców mógł być w dalszym ciągu obsługiwany przez inną firmę i w konsekwencji dla każdej posesji znajdującej się w zabudowie jednorodzinnej mógł obowiązywać inny harmonogram zbiórki.

Zatem w tym typie zabudowy potrójne wyjście w teren miało jedynie pozwolić na uzyskanie możliwie najbardziej obiektywnej wartości objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów. W zależności od sytuacji, jaka panowała w trakcie prac terenowych w danym dniu (obecności mieszkańców na terenie ich posesji, warunków pogodowych itp.) badania były powtarzane w wybranych wcześniej punktach testowych, bądź też na bieżąco nawiązywano współpracę z nowymi mieszkańcami. W konsekwencji udało się pozyskać dane z większej liczby gospodarstw domowych, niż początkowo zakładano. Ostatecznie, za informacje dotyczące ilości odpadów powstających w zabudowie jednorodzinnej w danym punkcie zbiórki $V(o)_i$ przyjęto w dalszych obliczeniach objętość odpadów pochodzącą z najdłuższego odcinka czasu od ostatniego wywozu, jaki miał miejsce w danym punkcie zbiórki.

Jak zostało już wyżej wspomniane, w czasie kolejnych prac terenowych prowadzonych na danym obszarze nie zawsze udawało się powtórzyć pomiar w tym samym gospodarstwie domowym. Niejednokrotnie udawało się jednak dotrzeć do mieszkańców, którzy nie brali udziału w poprzedniej serii pomiarowej. Zatem, by wyznaczyć OVN dla całego obszaru, korzystano ze wszystkich pozyskanych informacji, nawet pojedynczych pomiarów. Dzięki temu pozyskano informację z większej liczby gospodarstw domowych. Wartością OVN przyjętą

dla całego obszaru, była mediana OWN uzyskana dla poszczególnych gospodarstw domowych.

4.3.2. Zmienność czasowa produkcji odpadów w obszarach testowych

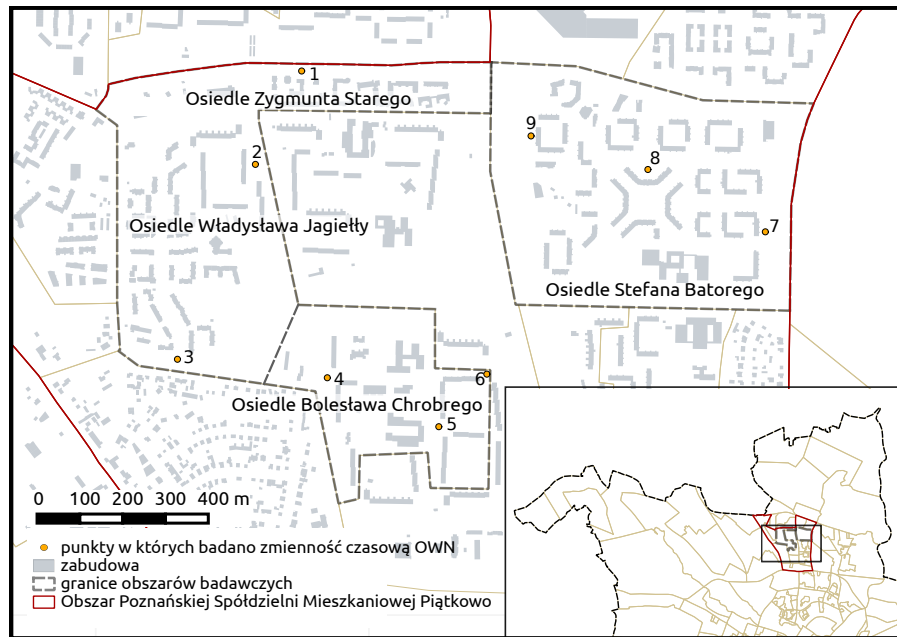
Jak już zostało to wykazane w przeglądzie literatury, na otrzymane wyniki prac terenowych wpływ może mieć zarówno pora roku jak i dzień tygodnia, czy nawet pora dnia w której wykonywany był pomiaru. Konieczne było zatem przebadanie dodatkowo zmienności czasowej ilości wytwarzanych przez mieszkańców miasta odpadów. Była ona analizowana na różnych etapach prowadzonych badań. Oszacowano zarówno zmienność tygodniową, jak i sezonową ilości wytwarzanych odpadów. Sprawdzono również, kiedy w ciągu dnia najczęściej wyrzucane są śmieci.

Zmienność dobową, tygodniową i sezonową w zabudowie wielorodzinnej

Badania zmienności dobowej, tygodniowej i sezonowej ilości śmieci produkowanych w zabudowie wielorodzinnej były realizowane przez Jędrzeja Polakowskiego w ramach jego pracy magisterskiej (Polakowski, 2016). Prowadzono je na trzech sąsiadujących ze sobą osiedlach, podobnych pod względem zabudowy mieszkaniowej. W każdym bowiem przypadku była to niska zabudowa blokowa. Osiedla te zlokalizowane są w północnej części Poznania i należą do Poznańskiej Spółdzielni Mieszkaniowej Piątkowo. Znaczący odsetek mieszkańców stanowią, ze względu na bliskie sąsiedztwo kampusu Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, studenci. Co prawda ich udział jest trudny do wychwycenia, ale dzięki obejmującemu cały rok kalendarzowy (a zatem zarówno okres zajęć na uczelniach, jak i wakacji) cyklowi pomiarowemu realizowanemu na tych osiedlach istnieje możliwość zaobserwowania wpływu, jaki studenci mogą wywierać na ilość wytwarzanych na tych obszarach odpadów.

Wybór osiedli do analizowania zmienności czasowej ilości odpadów produkowanych w Poznaniu był zdeterminowany różnymi ograniczeniami w prowadzeniu badań. Zaobserwowanie wpływu studentów na produkcję odpadów wymagało przeprowadzenia badań w zabudowie wielorodzinnej zlokalizowanej w bliskim sąsiedztwie budynków dydaktycznych należących do Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza. Badania zmienności tygodniowej z kolei wymagały dostępności pojemników zarówno w dni pracy administracji osiedla, jak i w weekendy. Stąd konieczny był wybór osiedli w niskiej zabudowie wielorodzinnej z otwartymi punktami zbiórki⁹. Osiedla musiały być też zlokalizowane blisko siebie, by zmniejszyć możliwy błąd, wynikający z różnicy w czasie wykonywania pomiarów. Jednocześnie nie chciano ograniczać badań do jednego osiedla, by nie zmniejszać reprezentatywności otrzymanych wyników. Wszystkie te aspekty sprawiły, że wybór padł na Osiedle Batorego, Osiedle Zygmunta Starego i Władysława Jagiełły oraz Osiedle Bolesława Chrobrego.

⁹ W zabudowie wysokiej w dalszym ciągu często występują zsypy, które przeważnie są niedostępne dla osób trzecich.



Ryc. 4.4: Lokalizacja punktów zbiórki odpadów monitorowanych od grudnia 2013 do listopada 2014

Na każdym z wyżej wymienionych osiedli wybrano losowo 3 punkty zbiórki (Ryc. 4.4), w których przez rok był prowadzony monitoring ilości odpadów wyrzucanych przez mieszkańców. Polegał on na tym, że w każdym miesiącu wybierano losowo jeden tydzień, w trakcie którego wykonano w monitorowanych punktach zbiórki, pomiary przy zastosowaniu czujników mierzących stopień wypełnienia pojemników odpadami. Badania zmienności tygodniowej i sezonowej trwały od grudnia 2013 do listopada 2014.

By możliwe było przeliczenie objętości zgromadzonych odpadów na jednego mieszkańca, konieczne było oszacowanie ilości „użytkowników” każdego z monitorowanych punktów zbiórki. W przeliczeniach wykorzystano dane pochodzące z Wydziału Spraw Obywatelskich UMP, a dotyczące liczby osób zameldowanych w poszczególnych blokach. Na podstawie położenia punktów zbiórki w obrębie osiedla oraz dokonanych obserwacji oszacowano, że z wybranych punktów korzystają osoby, które mieszkają w klatkach schodowych znajdujących się nie dalej, jak w odległości 90 m od pojemników. Zdecydowano się zatem arbitralnie przypisać poszczególnym punktom zbiórki tytuł „użytkowników”, ile osób było zameldowanych w promieniu 90 m od ich lokalizacji.

Obliczenia *OWN* dokonano analogicznie, jak w przypadku badań dotyczących zmienności przestrzennej (4.6).

$$OWN = \frac{\sum_{i=1}^n V(o)_i}{L(d) \times L(m)_j} \quad (4.6)$$

W wybrane dni (27.10.2014, 28.10.2014, 26.11.2014, 4.12.2014), sprawdzono również zmienność dobową ilości odpadów wyrzucanych do badanych punktów zbiórki. W trakcie badania mierzono ilość odpadów przybywających w pojemnikach w kolejnych porach dnia. Pomiarów dokonywano w następujących godzinach: 9:00–10:00, 12:00–13:00, 15:00–16:00, 18:00–19:00, 22:00–23:00.

Zmienność dobową i tygodniową w zabudowie jednorodzinnej

By sprawdzić, czy zachowania mieszkańców Poznania w zakresie ilości odpadów wyrzucanych w ciągu tygodnia, różnią się znacząco w zależności od tego, w jakim typie zabudowy znajduje się ich gospodarstwo domowe, dodatkowo przeprowadzono badania wśród mieszkańców zabudowy jednorodzinnej. Ponieważ monitoring zmienności dobowej na tym obszarze byłby bardzo trudny do wykonania¹⁰, zdecydowano się na badania ankietowe. Wzięły w nim udział osoby, które zezwoliły na przeprowadzenie prac terenowych na terenie swoich posesji. Zadano im pytanie o dni tygodnia oraz godziny, w których respondenci zazwyczaj to robią.

Mieszkańcy kolejnym dniom tygodnia mogli nadawać cyfry od 1 do 7, gdzie 1 oznaczało dzień, w którym zdecydowanie najczęściej wyrzucają odpady. Natomiast wartość 7 oznaczał dzień, w którym ankietowany raczej nie wyrzuca odpadów. Kolejne wartości z przedziału między 2 a 6 oznaczają malejącą częstotliwość wyrzucania śmieci w danym dniu. Jeśli mieszkańcom trudno było określić jeden konkretny dzień, w którym zdecydowanie najczęściej wyrzucają śmieci, ale potrafili wskazać kilka dni, w które przeważnie wyrzuca się odpady w ich gospodarstwie domowym, wówczas każdemu z tych dni przypisywano wartość 4. Jeżeli zaś dzień nie miał najmniejszego znaczenia, wszystkim dniom tygodnia przypisywano wartość 0.

Podobną zasadę przyjęto w przypadku badania dotyczącego pory dnia, w której ankietowani najczęściej wyrzucają śmieci. Mieszkańcy mogli wybierać między czterema porami dnia: 1) rano, przed wyjściem do pracy (czyli do ok. 9:00), 2) w trakcie dnia (między 9:00–16:00), 3) popołudniu, po powrocie z pracy (16:00 – 19:00) oraz 4) wieczorem (po 19:00). Każdej z powyższych por dnia mogli przypisać wartość od 1 do 4, gdzie 1 oznaczało porę, kiedy zdecydowanie najczęściej odpady są wyrzucane w ich gospodarstwie domowym, 4 zaś — kiedy najrzadziej. Gdy pora dnia nie miała dla ankietowanego znaczenia, przypisywano każdej z powyższych kategorii wartość 0.

Ankiety zostały przeprowadzone we wszystkich obszarach testowych, na których znajdowała się zabudowa jednorodzinna. Jednak nie wszyscy mieszkańcy, którzy zgodzili się na przeprowadzenie badań wypełnienia pojemników odpadami, wyrazili również chęć uczestniczenia w ankiecie. Łącznie ze wszystkich obszarów zebrano 142 ankiety.

Monitoring zmienności dobowej i tygodniowej bezpośrednio w gospodarstwach domowych

Zmienność tygodniową określono również dzięki wynikom pochodzącym z badań przeprowadzonych bezpośrednio w gospodarstwach domowych. Pozwoliły one na dokładną analizę zmienności dobowej ilości wyrzucanych przez mieszkańców odpadów oraz na sprawdzenie, czy istnieją jakieś relacje między dniem tygodnia i typem zabudowy.

¹⁰ Przeprowadzenie analogicznych jak w zabudowie wielorodzinnej badań wymagałoby codziennego dostępu do pojemników, co w większości przypadków wiązałoby się z koniecznością obecności właścicieli każdej z posesji, na której wykonywano pomiary. Poza tym zmienność tygodniowa i tak byłaby bardzo trudna do zaobserwowania ze względu na skalę prowadzonych badań (monitoring pojemników należących do pojedynczych gospodarstw domowych). Obserwacje należałoby zatem wielokrotnie powtarzać, co logistycznie byłoby bardzo trudne.

4.3.3. Relacja między objętościowym i wagowym wskaźnikiem nagromadzenia odpadów

Celem sprawdzenia, czy przyjęta metodyka pomiarów terenowych umożliwia przeliczanie wartości oszacowanego *OWN* na wartość *WWN*, dokonano, na terenie gminy Pobiedziska, badań porównawczych. W trakcie realizacji projektu nie było możliwości przeprowadzenia tego typu analiz w Poznaniu. Wymagały one bowiem wykorzystania pojazdu z wmontowanym systemem ważącym odpady w momencie opróżniania pojemników w punktach zbiórki. Takim taborem dysponował natomiast Zakład Komunalny w Pobiedziskach, z którym podjęto współpracę.

W dniach 25 i 26 września 2014 r. w trakcie dwóch serii pomiarowych zrealizowanych na terenie gminy zebrano informacje odnośnie objętości i wagi odpadów pochodzących zarówno z zabudowy jednorodzinnej, jak i wielorodzinnej niskiej. Pomiar pojemności każdorazowo dokonywano tuż przed opróżnieniem pojemników przez pracowników Zakładu Komunalnego (Ryc. 4.5). Ponieważ badania wydłużały planowy czas zbiórki zdecydowano się dokonać jedynie 100 pomiarów, pozwalających jednakże na wiarygodne wnioskowanie statystycznie. W analizowanych punktach zbiórki znajdowały się pojemniki o wszystkich trzech standardowych pojemnościach: 120, 240 i 1100 l.



Ryc. 4.5: Jednoczesne pomiary *OWN* i *WWN* wykonywane we wrześniu 2014 dzięki współpracy z Zakładem Komunalnym w Pobiedziskach

4.4. Czujniki wykorzystywane do pomiarów wypełnienia pojemników odpadami

Biorąc pod uwagę wszystkie uwarunkowania, jakie dotyczą monitoringu ilości odpadów komunalnych w punktach zbiórki (por. rozdział 2.5), zdecydowano się na potrzeby niniejszych badań wykorzystać autorskie, mobilne czujniki umożliwiające pomiar wypełnienia pojemników odpadami. Ułatwiły one znacząco przeprowadzenie prac terenowych i zwiększyły dokładność pomiarów. Wykorzystano w nich fale ultradźwiękowe, bazując na rozwiązaniach zaproponowanych przez Boucera i Martina (2003) oraz Luxforda (2014). Czujniki opisane we wspomnianych publikacjach mierzyły odległość do powierzchni odpadów, jednak służyły one określeniu jedynie ogólnego stopnia wypełnienia pojemnika odpadami (np. pojemnik pełny/pusty). Nie dawały one możliwości pozyskiwania szczegółowych informacji o ilości odpadów znajdujących się w punkcie zbiórki. Poza

tym były to czujniki stacjonarne, co wiązało się z różnymi wcześniej opisanymi utrudnieniami.

Wykorzystane w niniejszej pracy czujniki zostały opracowane we współpracy z mgr inż. Stanisławem Gardeckim, asystentem Zakładu Automatyki i Robotyki Politechniki Poznańskiej. Pozwalają na określenie z dużą precyzją odległości dzielącej moduł pomiarowy od powierzchni odpadów. Dokładność pomiarów może ulec pogorszeniu jedynie wtedy, kiedy odległość czujnika od powierzchni odpadów jest mniejsza niż 200 mm, to jest kiedy pojemnik jest całkowicie wypełniony.

Czujnik nie wymaga również przesyłu danych za pośrednictwem sieci telekomunikacyjnej, jak w przypadku innych, proponowanych wcześniej podobnych rozwiązań (Mucha i Schluter, 1994; Colin, 2003; Boucher i Martin, 2003; Lufford, 2014). Informacje są zapisywane na karcie microSD w formacie tekstowym.

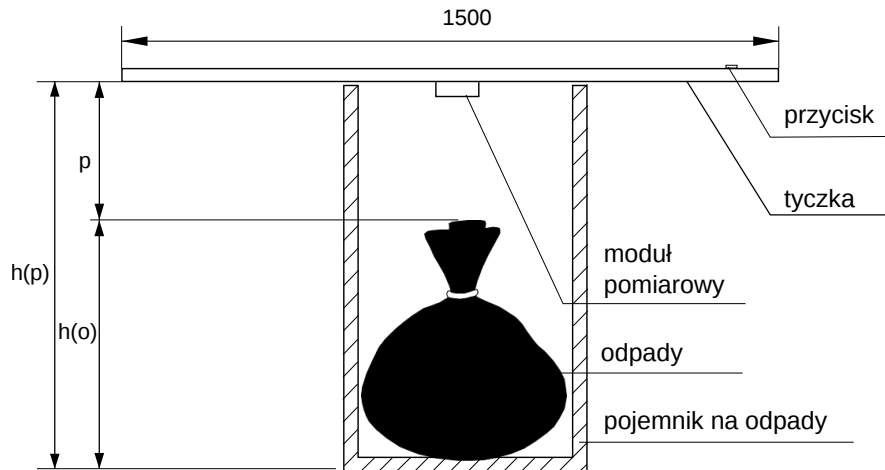
Urządzenie to może być wykorzystywane do wykonywania pomiarów, które pozwolą na porównanie ilości odpadów generowanych przez mieszkańców na różnych obszarach lub w różnym czasie. Ze względu na sposób pozyskiwanie i przechowywania danych, nie znajdzie ono raczej zastosowania w organizowanym na bieżąco systemie zarządzania zbiórki odpadów. Może być natomiast z powodzeniem wykorzystywane dla oceny stanu zbiórki odpadów komunalnych w obrębie badanego obszaru. Na takiej podstawie możliwe jest opracowywanie modeli prognostycznych, ułatwiających podejmowanie strategicznych decyzji dotyczących gospodarki odpadami komunalnymi.

4.4.1. Opis techniczny

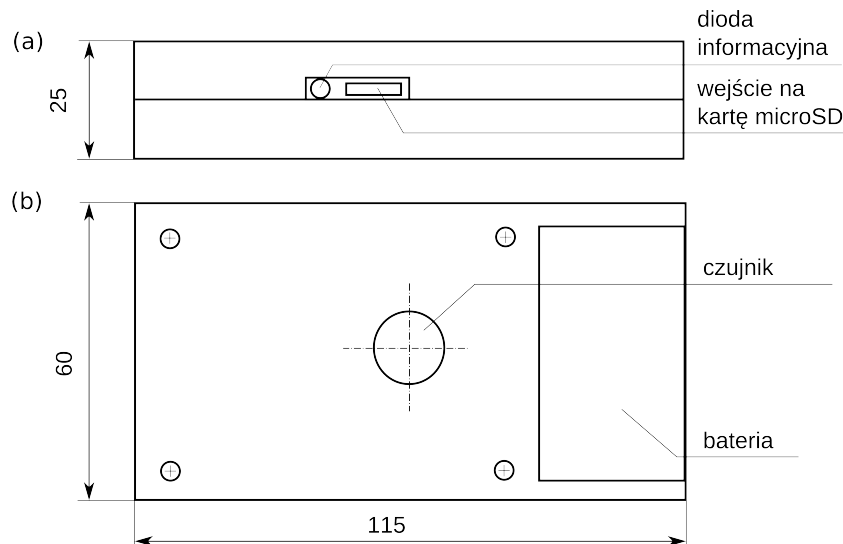
Urządzenie pomiarowe zamontowane jest na środku aluminiowej tyczki, której długości wynosi 1,5 m. Jest to optymalna długość, pozwalająca na swobodne dokonanie pomiaru, gdy tyczkę kładzie się na otwartym pojemniku/kontenerze dowolnego typu. Pozwala to na dokonanie pomiaru zawsze dokładnie na tej samej wysokości. U nasady tyczki znajduje się przycisk uruchamiający pomiar. W tym momencie, czujnik wysyła falę ultradźwiękową, która odbija się od powierzchni odpadów w pojemniku (Ryc. 4.6) i wraca do modułu pomiarowego (Ryc. 4.7).

Fala ta wysyłana jest kilkakrotnie, aż urządzenie pomiarowe oszacuje odległość dzielącą czujnik od powierzchni odpadów p . Znając wysokość, na której dokonany został pomiar $h(p)$, a także wymiary pojemnika/kontenera (wysokość $h(k)$, która często jest tożsama z wysokością dokonywanego pomiaru oraz objętość $V(k)$), jesteśmy w stanie wykorzystać tę informację dla oszacowania wysokości znajdujących się w nim odpadów ($h(o)$) i ich objętości ($V(o)$)(4.7)

$$V(o) = \frac{h(o) \times V(k)}{h(k)} = \frac{(h(p) - p) \times V(k)}{h(k)} \quad (4.7)$$



Ryc. 4.6: Schemat przedstawiający sposób wykonywania pomiaru wypełnienia pojemników odpadami, gdzie $h(o)$ – wysokość odpadów, $h(p)$ – wysokość, na której dokonany został pomiar, p – odległość dzieląca czujnik od powierzchni odpadów (wymiar podany jest w mm)



Ryc. 4.7: Schemat budowy modułu pomiarowego, mierzącego wypełnienie pojemników odpadami: (a) rzut z boku, (b) rzut z dołu (wymiar podany jest w mm)

Czujnik wykonuje pomiar z dokładnością 1 mm. Należy jednak zwrócić uwagę, że powierzchnia odpadów w pojemnikach jest bardzo nierównomierna, zwłaszcza tych o pojemności 1100 l i większych (Ryc. 4.8). Co prawda w trakcie pomiaru sygnał jest każdorazowo wysyłany w innym kierunku w obrębie pewnej powierzchni odpadów znajdujących się pod czujnikiem. Zatem uzyskana informacja nie jest punktowa, ale daje wiedzę o średniej wysokości odpadów znajdujących się w obrębie pewnej powierzchni. Promień tej powierzchni jest jednak zależny od odległości między czujnikiem a powierzchnią odpadów. Z tej przyczyny pomiar dokonywany na bliskich odległościach obejmuje stosunkowo niewielką powierzchnię odpadów znajdujących się bezpośrednio pod modulem pomiarowym. Zatem by wynik pomiaru był miarodajny i rzeczywiście oddawał stopień wypełnienia pojemnika odpadami, wykonywano go w trzech powtórze-

niach, za każdym razem w innym miejscu pojemnika. Następnie wyciągano z tych trzech wartości średnią. Dodatkowo zawartość pojemnika była za każdym razem fotografowana.

Zdjęcia wykorzystywano do weryfikacji pomiarów w przypadku wystąpienia nieoczekiwanych wyników, takich jak na przykład pojedynczej skrajnie różnej wartości jednego z trzech powtórzeń dokonywanych w pojemnikach o pojemności 1100 l.



Ryc. 4.8: Pomiar w terenie wypełnienia pojemników odpadami w terenie: (a) urządzenie położone na pojemniku o pojemności 1100 l; (b) przykładowe rozmieszczenie śmieci w pojemniku, które może generować skrajnie różne wartości pomiaru, w zależności od położenia czujnika

Źródłem energii w urządzeniu jest jedna bateria bądź akumulator 9V. Naładowany akumulator umożliwia wykonywanie pomiarów przez dwa dni, jest to mocno zależne od liczby wykonywanych pomiarów i pory roku. Wyniki pomiaru zapisywane są na karcie microSD. Moduł pomiarowy wyposażony jest w dodatkową diodę, która sygnalizuje wykonanie pomiaru oraz ewentualne nieprawidłowości: brak karty microSD w slotcie, błędy w pliku konfiguracyjnym, jaki znajduje się na karcie, bądź jego brak.

Plik konfiguracyjny to dokument tekstowy w formacie ASCII, który pozwalał na każdorazowe wprowadzenie informacji o dniu, godzinie i numerze czujnika. Informacje te są uwzględniane w pliku z danymi pomiarowymi, który zapisywany jest na karcie microSD również w formie dokumentu tekstowego ASCII.

Dane pomiarowe były wprowadzone do specjalnie przygotowanego do tego celu pliku arkusza kalkulacyjnego — osobnego dla każdego obszaru. W arkuszu znajdowały się wszystkie niezbędne informacje dotyczące wymiarów i pojemności pojemników oraz dni zbiórki odpadów.

Łącznie w badaniu wykorzystano 20 czujników opracowanych i wykonanych specjalnie dla potrzeb projektu.

4.4.2. Testowanie metody pomiarowej

Próbne pomiary zostały wykonane w 3 punktach zbiórki na osiedlu Kosmonautów, w których łącznie były 29 pojemników o objętości 1100 l. Badania były wykonywane w dniach 16, 17 i 18 lipca 2013 r. Sprawdzono wówczas ilości odpadów wyrzucanych przez mieszkańców osiedla w 4 porach doby: rano między 8:00 a 10:00, w środku dnia między 10:00 a 15:00, popołudniu między

15:00 a 19:00 oraz wieczorem między 19:00 a 23:00). Objętość znajdujących się w nich odpadów szacowano z wykorzystaniem testowanego czujnika, miarki centymetrowej (z której wysokość odpadów odczytywano, przykładając miarę każdorazowo do położonej na powierzchni pojemnika tyczki) oraz zdjęć. Odczyty pochodzące z czujnika ultradźwiękowego wykazywały sztuczne różnice pomiędzy pojemnikami, które przy porównaniu zdjęć i objętości określonych miarką były wypełnione w podobnym stopniu. Problem widoczny był również, gdy porównywano wyniki przyrostu odpadów w ciągu dnia. Analizując wyniki pomiarów wysokości dokonanych czujnikiem można było wnioskować, iż odpadów nieznacznie „ubyło“, gdy tak naprawdę zmieniło się jedynie ich rozmieszczenie w obrębie pojemnika. Stąd, by zestawienie wyników pomiędzy poszczególnymi punktami zbiórki było bardziej miarodajne zdecydowano się przeliczać wysokość odpadów na 20-centymetrowe klasy wysokości. Wartość progowa wynikała z zaobserwowanych różnic pomiaru wysokości odpadów mierzonej z pomocą czujnika przy zastosowaniu zwykłej miarki.

Różnice pomiarowe wyniosły średnio 5 cm. Wartości otrzymane z pomocą czujnika czasem były przeszacowane, a czasem niedoszacowane, największa różnica zaś wynosiła 25 cm. Przy czym taka różnica zdarzyła się tylko raz na 32 pomiary. Większość różnic mieściła się maksymalnie w wartości do +/- 10 cm. Niemniej, ze względu na zauważalne różnice, zdecydowano się stosować do dalszych przeliczeń 20-centymetrowe klasy wysokości, nie zaś precyzyjny pomiar wysokości odpadów.

W praktyce oznaczało to, że otrzymaną wysokość odpadów sprowadzano do wartości: 0 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, 100 cm i 1400 cm. Po dokonaniu takiego przeliczenia, różnice między pomiarami wykonanymi z pomocą miary i czujnika znacząco zmalały - otrzymane wartości wysokości różniły się tylko w 3 przypadkach. Natomiast w przypadku pojemników, w których uzyskano różne wyniki, rozbieżności wynosiły jeden przedział klasowy czyli 20 cm.

Efektywność czujników testowano również porównując wyniki pomiarów wypełnienia pojemników odpadami wykonanych przez 3 studentów na 5 różnych pojemnikach dwoma metodami. Studenci dokonali pomiaru przy zastosowaniu czujnika, a następnie szacowali wypełnienie pojemnika z użyciem miarki. Testy wykazały, że zastosowanie czujnika zmniejszyło odchylenie standardowe wyników uzyskanych przez studentów dla każdego z 5 pojemników. Średnie odchylenie standardowe wysokości odpadów w pojemnikach wynosiło bowiem: 5 cm w przy zastosowaniu czujnika i 6 cm przy zastosowaniu tradycyjnej miary. Przy czym w przypadku pomiarów wykonanych z pomocą czujników największa rozbieżność między wynikami otrzymanymi przez 3 studentów wyniosła 13 cm, natomiast przy zastosowaniu miarki wyniosła ona aż 32 cm. Zatem zastosowanie czujników pomiarowych skutecznie zmniejszyło błąd badacza.

Rozdział 5

Dane wykorzystane w analizach

5.1. Dane terenowe

Monitoring ilości odpadów wytwarzanych w obrębie miasta wymaga zbudowania odpowiedniej bazy danych. Powinna ona obejmować informacje o punktach zbiórki, w tym o typach pojemników, dostępności pojemników czy częstotliwości wywożenia opadów. Dopiero na tej podstawie możliwe jest opracowanie planu badań terenowych. W przypadku opisanej metody badawczej istotnym elementem jest również weryfikacja informacji odnośnie ilości wytwarzanych śmieci. Dokonano jej w oparciu o dane pochodzące od administracji publicznej i firm zajmujących się odbiorem odpadów. Natomiast porównanie wyników otrzymanych w poszczególnych obszarach było możliwe, dzięki danym odnośnie liczby mieszkańców Poznania, które udostępniły organy administracji publicznej.

5.1.1. Inwentaryzacja punktów zbiórki

Przed przystąpieniem do prac terenowych dokonano inwentaryzacji punktów zbiórki w wybranych obszarach badawczych. W przypadku zabudowy wielorodzinnej – blokowej uwzględniono i naniesiono na mapę wszystkie zlokalizowane w nich punkty. Sytuacja była niestety dużo bardziej skomplikowana w zabudowie wielorodzinnej – śródmiejskiej (stare kamienice). Punkty te z zasady są nie tylko trudno dostępne (zamknięte), ale również mają różnych gospodarzy i dostęp do każdego punktu wymaga obecności innej osoby w trakcie pomiaru. Z tej przyczyny na terenach tych udało się dotrzeć jedynie do tych punktów zbiórki, w których możliwe było nawiązanie kontaktu z gospodarzem. Udostępniał on każdorazowo pojemniki, co pozwoliło zarówno na ich zinwentaryzowanie, jak również późniejsze pomiary.

5.1.2. Informacje dotyczące odpadów komunalnych

Informacja dotycząca wypełnienia pojemników odpadami pochodziła z prac badawczych prowadzonych od kwietnia do września 2014. Była ona podstawą do obliczenia wartości OWN dla każdego z 50 wyznaczonych w pracy obszarów. Pozyskane tą drogą dane zostały uzupełnione w kolejnym roku dzięki dodatkowym badaniom. Przeprowadzono je za pośrednictwem ankiety internetowej oraz bezpośrednio w 30 gospodarstwach domowych, których mieszkańcy zgodzili się przez 3 tygodnie monitorować ilość wytwarzanych przez siebie śmieci. Informacje te były zbierane zgodnie z opisaną wcześniej metodyką badawczą (por. rozdział 4).

5.2. Dane pozyskane od organów administracji publicznej

5.2.1. Liczba mieszkańców

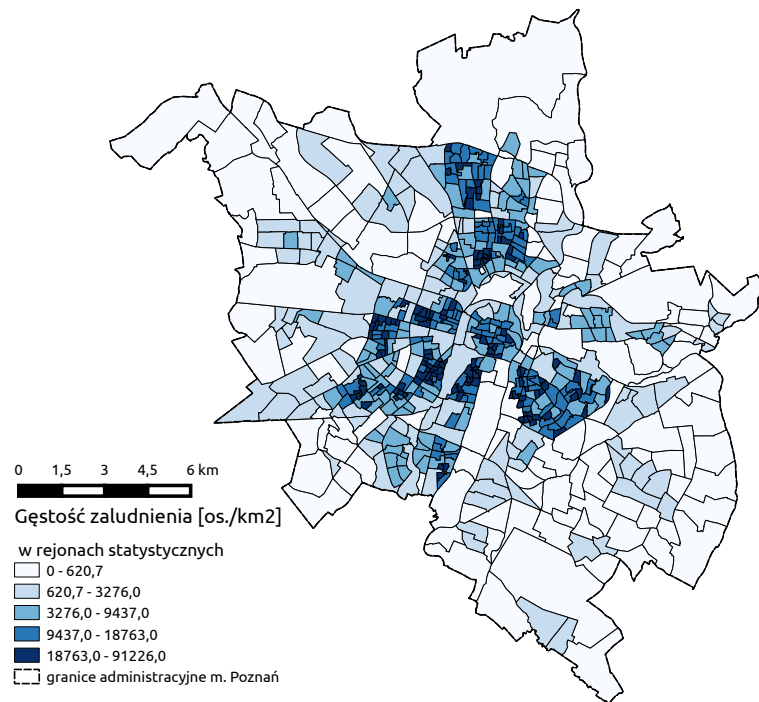
Informacja odnośnie liczby osób generujących w Poznaniu odpady komunalne pochodziła z trzech źródeł. Pierwszym były dane meldunkowe, które zostały udostępnione przez Wydział Spraw Obywatelskich (WSO) Urzędu Miasta Poznania. Dotyczyły one liczby osób zameldowanych na pobyt stały w konkretnych punktach adresowych — stan z jesieni 2013r. W kolejnych etapach budowania bazy danych informacje te zagregowano do wyznaczonych arbitralnie obszarów o jednolitym typie zabudowy mieszkaniowej.

Drugim źródłem wiedzy o liczbie mieszkańców były dane pochodzące z GUS. Zostały one udostępnione w formie danych zagregowanych do dwóch typów obszarów: 636 rejonów spisowych (zawierających również informacje o płci i strukturze wiekowej mieszkańców) oraz 2613 obwodów spisowych. Opracowano je w oparciu o wyniki Narodowego Spisu Powszechnego, jaki miał miejsce w roku 2011 (Ryc. 5.1).

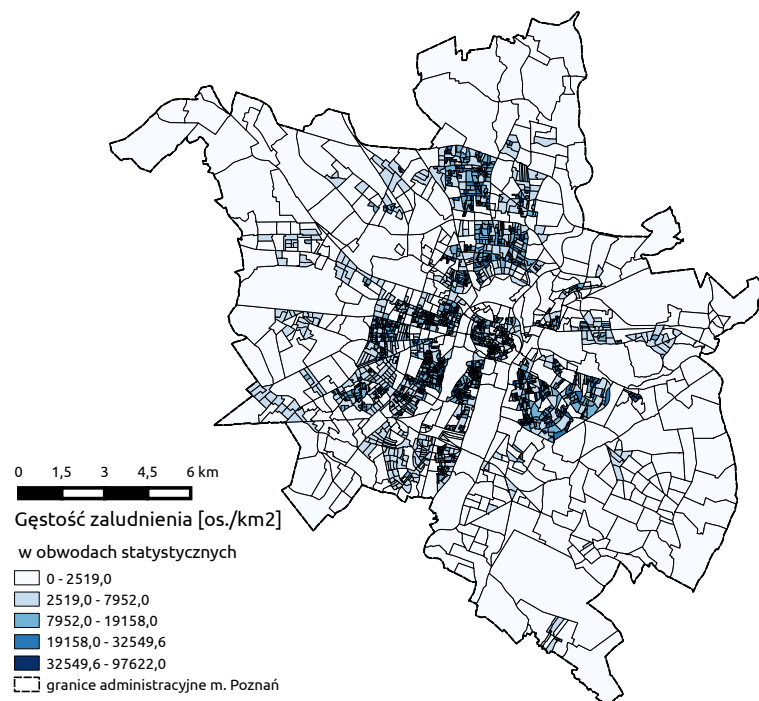
Informacje odnośnie liczby mieszkańców pochodziły również z deklaracji wypełnianych, oraz na bieżąco aktualizowanych przez mieszkańców. Właściciele gospodarstw domowych są zobowiązani przez ZM GOAP do ich składania od momentu wejścia w życie nowego systemu zbiórki odpadów. Takie rozwiązanie miało pozwolić na weryfikację rzeczywistej liczby mieszkańców miasta, a w konsekwencji — na dokładne prognozowanie ilości wytwarzanych w nim odpadów. Mogłoby się zatem wydawać, że jest to najdokładniejsze źródło wiedzy o liczbie osób mieszkających w Poznaniu. Ich dokładność jest jednak dyskusyjna.

Niestety, to ostatnie źródło informacji o liczbie mieszkańców okazało się być obciążone największą niepewnością. Na przykład sytuacja mieszkaniowa panująca na stacjach studenckich zmienia się dynamicznie. Naturalną więc tendencją będzie zaniżanie liczby zamieszkujących je osób. Na deklarowaną liczbę mieszkańców danej posesji bezsprzecznie wpływa również opłata za wywóz odpadów. Stąd można było przypuszczać, że deklarowana liczba mieszkańców będzie znacznie zaniżona i tak też było (Ryc. 5.2).

Dane udostępnione przez ZM GOAP, już po naniesieniu niezbędnych korekt do składanych przez mieszkańców deklaracji, pokazują, że teoretycznie system zbiórki odpadów powinien objąć jedynie 446 478 osób, nie zaś przeszło 500 tysięcy, jak wynikałoby to z danych WSO i GUS, dotyczących tego samego okresu (WSO podaje 506 847 a GUS — 548 028). Dodatkowo w zabudowie wielorodzinnej dane te są dostępne jedynie dla całych jednostek administracyjnych, nie zaś z dokładnością do punktu adresowego, jak to ma miejsce w przypadku danych pochodzących z WSO. Lokalne administracje nie udzieliły bowiem zgody na przekazanie ZM GOAP tak szczegółowej informacji o swoich mieszkańcach i dostarczyły dalej jedynie dane zbiorcze. Związek Międzygminny dysponuje zatem szczegółowymi danymi przestrzennymi jedynie dla gospodarstw domowych znajdujących się w zabudowie jednorodzinnej, które składały deklaracje bezpośrednio.

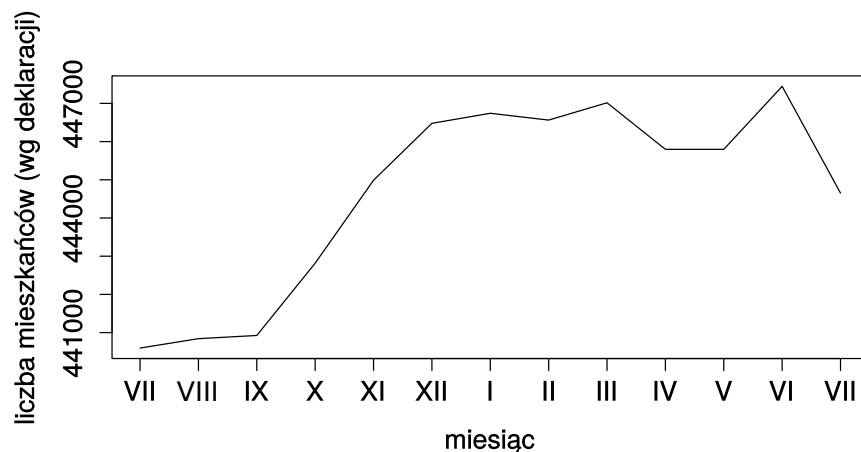


(a)



(b)

Ryc. 5.1: Rozkład gęstości zaludnienia Poznania w oparciu o podział na a) rejonów statystycznych, b) obwody statystyczne. Klasyfikacji liczby mieszkańców/km² w poligonach dokonano metodą tzw. naturalnych granic Jenksa (Jenks, 1967). Opracowano na podstawie danych GUS z NSP2011



Ryc. 5.2: Liczba osób zamieszkujących Poznań w kolejnych miesiącach od lipca 2013 do lipca 2014 r. wg złożonych do ZM GOAP deklaracji — stan danych na dzień 5.09.2014 (źródło: ZM GOAP)

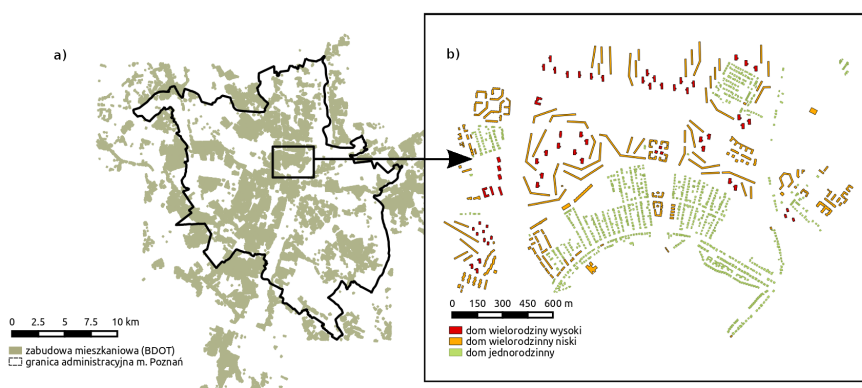
Po uzyskaniu tak różnych informacji dotyczących liczby mieszkańców należało podjąć decyzję, które z wyżej wymienionych danych będą stanowić podstawę do dalszej analizy. Ponieważ część badań prowadzona była w wybranych gospodarstwach domowych, bądź kamienicach (w przypadku zwartej zabudowy śródmiejskiej), konieczne było posiadanie szczegółowej informacji odnośnie liczby mieszkańców zamieszkujących posesje zlokalizowane pod danymi punktami adresowymi. Ponadto większa część badań była realizowana na arbitralnie wyznaczonych obszarach jednolitych pod względem zabudowy. Zatem szacowanie liczby mieszkańców dla tych obszarów, nawet na podstawie danych pochodzących z obwodów spisowych, byłoby obarczone dużym błędem. Z tej przyczyny zdecydowano, że dalsze przeliczenia wskaźników nagromadzenia odpadów będą prowadzone na podstawie danych pochodzących z WSO, choć mogą być to dane niekompletne.

Ponadto, mówiąc o liczbie mieszkańców Poznania należy zauważyć, że jest to miasto akademickie. Według GUS (BDL) ogólna liczba studentów w Polsce w roku 2013 wyniosła 402 na 10 tys. mieszkańców. Ośrodki akademickie znajdujące się na terenie województwa Wielkopolskiego zajmują 5 pozycję pod względem liczby studentów na 10 tys. mieszkańców. W tym rankingu prowadzą uczelnie województwa Mazowieckiego i Małopolskiego, zaraz za nimi znajdują się kolejno województwo dolnośląskie, oraz pomorskie. Jednak już sam Poznań (w którym działa 28 szkół wyższych) zajmuje miejsce w ścisłej czołówce. Jak podają władze miasta (Urząd Miasta Poznania Wydział Rozwoju Miasta, 2013) w roku akademickim 2012/2013 w Poznaniu studiowało łącznie 128,9 tys. osób. Oznacza to, że na 100 mieszkańców przypadło w tym czasie ok. 23,5 studenta. Z tej liczby, zgodnie z danymi GUS, osoby zameldowane na terenie miasta, będące w wieku studenckim, to przeszło 53 tys. młodych ludzi, którzy stanowią łącznie 9,6% wszystkich mieszkańców. Oczywiście nie wszystkie z tych osób zdecydowały się po liceum na studia wyższe. W Polsce jest to jednak obecnie powszechnie panująca tendencja. Są zatem podstawy do przypuszczeń, że ponad połowa wszystkich studentów pochodzi spoza granic Poznania. Uzasadnione też

jest założenie, że zdecydowana większość poznaniaków w wieku 19 – 25 lat jest obecnie na studiach i że studenci przyjeżdżający do Poznania z różnych zakątków Polski w większości nie zmieniają miejsca swojego zameldowania nawet na pobyt czasowy. Z tego względu należy szacować, że nie jesteśmy w stanie zidentyfikować miejsca zamieszkania nawet 50 tys. młodych osób. To z kolei może mieć istotne znaczenie dla interpretacji otrzymanych wyników. Między innymi może to wpływać na pojawianie się ekstremalnych wartości OWN w obszarach licznie zamieszkałych przez niezameldowanych na nim studentów.

5.2.2. Informacje odnośnie zabudowy mieszkaniowej

Informacje odnośnie typu zabudowy pochodziły z Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT) pozyskanej z Zarządu Geodezji i Katastru Miejskiego GEOPOZ UMP w roku 2013. Dane te były wykorzystywane jedynie jako informacja dodatkowa przy tworzeniu własnego podziału miasta na obszary jednolite pod względem zabudowy mieszkaniowej. Pozwoliły na łatwiejsze wyselekcjonowanie obszarów, na których znajdują się budynki pełniące funkcję mieszkaniową. Ułatwiły również rozróżnienie zabudowy wielorodzinnej od jednorodzinnej. Dzięki zawartej w bazie danych informacji o liczbie kondygnacji możliwa była też szybsza identyfikacja budynków wysokich, w których przypuszczalnie nadal mogą istnieć czynne szyby zsypane (Ryc. 5.3). Ponadto dzięki BDOT pozyskano również informację o lokalizacji budynków pełniących funkcję usługowo-handlową, która pozwoliła na obliczenie udziału procentowego tej zabudowy w całkowitej powierzchni każdego z wydzielonych obszarów.



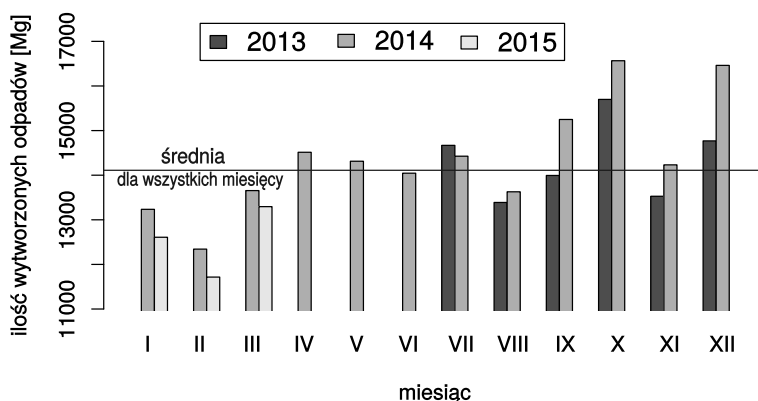
Ryc. 5.3: Lokalizacja budynków mieszkalnych na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT) — widok całego Poznania (a) i przykładowego wycinka znajdującego się na terenie administracji Stare Winogrody (b)

5.3. Dane dotyczące odpadów komunalnych

5.3.1. Oficjalne raporty – dane dla całego miasta i poszczególnych sektorów

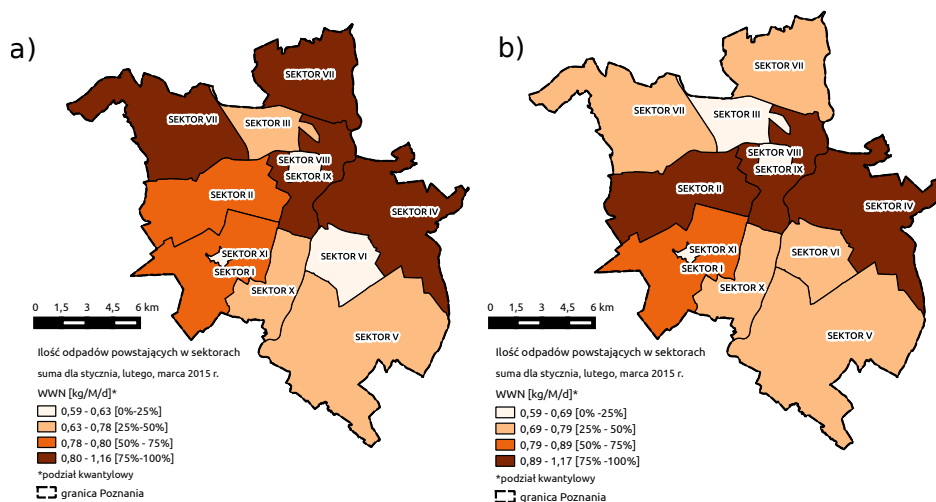
Dane odnoszące się do rzeczywistej ilości odpadów komunalnych zebranych w Poznaniu w okresie badawczym pozyskano z oficjalnych raportów opubliko-

wanych przez ZM GOAP. Niestety w okresie przejściowym (czyli do grudnia 2014), Związek Międzygminny otrzymywał od firm obsługujących obszar miasta jedynie zbiorczą informację o całkowitej ilości zbieranych przez nie odpadów komunalnych. Była ona jednak wystarczająca, by ocenić zmienność czasową WVN w okresie od lipca 2013 do marca 2015, czyli w czasie trwania prac terenowych realizowanych w ramach opisywanych badań (Ryc.5.4).



Ryc. 5.4: Ilość odpadów powstałych w Poznaniu na w okresie od lipca 2013 do marca 2015 (źródło: ZM GOAP)

Z początkiem roku 2015 wszedł w życie obowiązek oddzielnego raportowania danych o ilości zebranych odpadów dla każdego z 11 sektorów. Informację tę pozyskano dla miesięcy od stycznia do marca 2015 i na jej podstawie obliczono WVN dla każdego z sektorów. Wartość tego wskaźnika różni się nieco w zależności od źródła informacji odnośnie liczby mieszkańców. Największą zmianę można zauważyć w przypadku sektora VIII (Ryc. 5.6).



Ryc. 5.5: Wartości WVN obliczone dla poszczególnych sektorów na podstawie danych o liczbie mieszkańców, pochodzących z: a) GUS, b) WSO

Zestawienie to wydaje się być jeszcze jednym dowodem potwierdzającym większą wiarygodność danych meldunkowych, którymi dysponuje WSO. Nawet jeśli dane te nie uwzględniają informacji odnośnie części mieszkańców, to jednak są one bardziej aktualne, bo pochodzą z roku 2013. Miało to bardzo duże znaczenie. W ostatnich latach miał miejsce w Polsce dynamiczny rozwój zabudowy mieszkaniowej. Dotyczy to w szczególności północnej części miasta (m.in. Radojewo). Powstają tam całe osiedla, co w istotny sposób wpływa zarówno na ilość powstających w tej części miasta odpadów, jak i wzrost liczby mieszkańców. Te zmiany jesteśmy w stanie uchwycić tylko korzystając z danych meldunkowych, dlatego wszystkie kolejne informacje odnośnie ilości powstających odpadów są podawane w przeliczeniu na mieszkańca w oparciu o dane pochodzące z WSO.

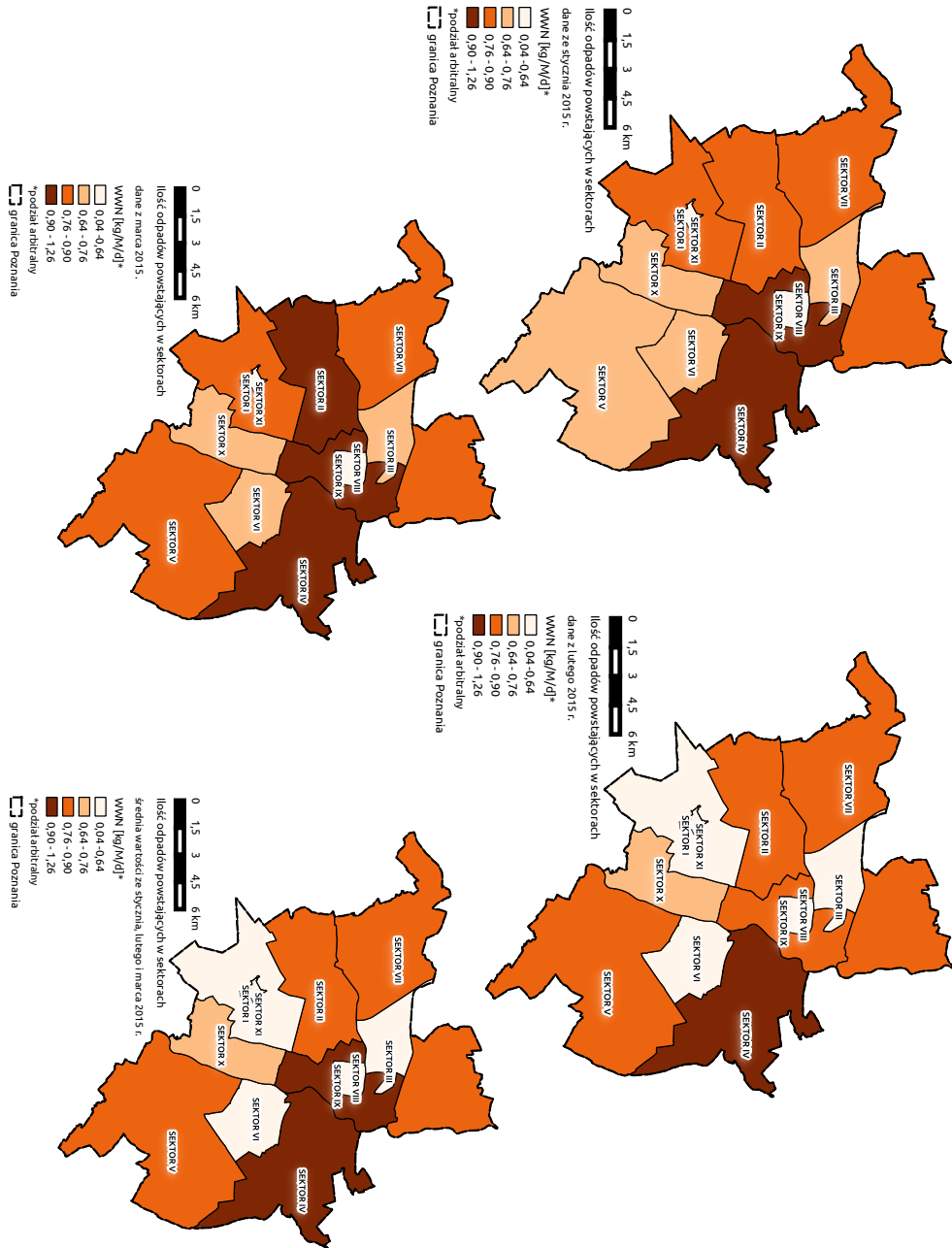
Pobieżna analiza informacji pochodzących z 11 sektorów zbiórki pozwala na zaobserwowanie terenów charakteryzujących się zwiększoną produkcją odpadów. Są to między innymi: obszar Starego Miasta, Winograd, czy wschodnia część Poznania aż po Antoninek, Zieleniec i Kobylepole (Ryc. 5.6). Dane te mają charakter zbyt ogólny, by móc analizować źródła tej zmienności przestrzennej. Jednak po przeliczeniu tych wartości na OWN, będą one mogły służyć jako dane referencyjne dla wyników prac terenowych i badań ankietowych.

5.3.2. Dane szczegółowe w wybranych punktach zbiórki odpadów

Poza ogólnymi informacjami odnośnie ilości odpadów komunalnych, odbieranych od mieszkańców Poznania, udało się również pozyskać dokładniejsze informacje z pojedynczych punktów zbiórki. Było to możliwe dzięki współpracy z firmą FBService, jedną z dwóch firm odpowiedzialnych obecnie za odbiór odpadów od mieszkańców Poznania. Wraz z wejściem w życie nowego systemu gospodarki odpadami komunalnymi na firmy te został nałożony obowiązek podawania ilości odpadów powstających w poszczególnych punktach zbiórki. Monitoring taki musi się odbywać dwa razy do roku. W związku z tym na terenie miasta pojawiły się pojazdy wyposażone w dynamiczne systemy wagowe pozwalające na ważenie odpadów "u źródła". Pierwsze takie pomiary zostały wykonane w roku 2015. Na potrzeby niniejszej pracy firma FBService udostępniła wybrane dane o wadze odpadów pochodzących z VI sektora zbiórki. Na obszarze tym zostały wykonane w sierpniu 2015 cztery serie pomiarowe (Ryc. 5.7).

Jednak niektóre z przedstawionych punktów, w których wykonano pomiar, dotyczyły jedynie pojemników dedykowanych zbiórce odpadów selektywnych (plastików). Tych danych nie wykorzystano do dalszych analiz. Nie brano też pod uwagę pomiarów wykonanych w zabudowie jednorodzinnej ze względu na nie zawsze dokładną informację odnośnie miejsca wykonania pomiaru. Śmieciarki są co prawda wyposażone w system GPS, jednak w przypadku gdy pomiar był wykonywany na granicy posesji trudno jest przypisać otrzymane wyniki do konkretnego punktu adresowego. Z tej przyczyny zrezygnowano w tym przypadku z wyników pomiarów pochodzących z zabudowy jednorodzinnej.

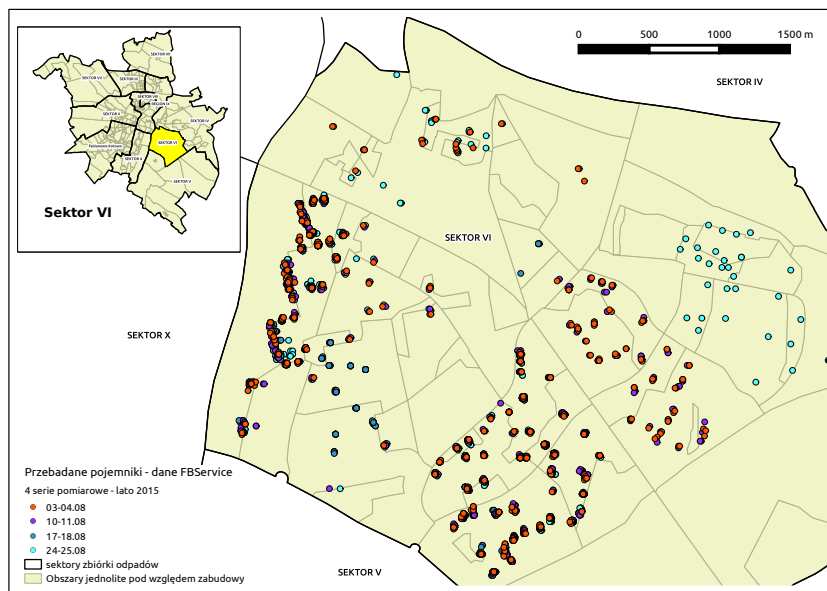
Natomiast dane dotyczące odpadów komunalnych zmieszanych zebranych z zabudowy wielorodzinnej zagregowano do 13 obszarów, które były jednolite pod względem zabudowy i dla których możliwe było określenie ilości mieszkańców na podstawie danych meldunkowych z Wydziału Spraw Obywatelskich.



Ryc. 5.6: Masa odpadów (wyrażona przez WWN), zebranych w poszczególnych sektorach w pierwszych trzech miesiącach 2015 roku (źródło: ZM GOAP)

Tym sposobem udało się pozyskać kolejne dane umożliwiające weryfikację wyników przedstawionych w pracy.

Łącznie firma FBService wykonała 2000 pojedynczych pomiarów, które zostały wykorzystane w pracy. Większość pojemników była badana każdorazowo w trakcie wszystkich 4 pomiarów, zatem wartość WVN dla każdego z 13 obszarów stanowiła średnią ze wszystkich powtórzeń. Pomiarów uwzględnione w pracy dotyczyły zabudowy wielorodzinnej, zarówno niskiej, jak i wysokiej.



Ryc. 5.7: Lokalizacja punktów zbiórki, z których pozyskano dane dotyczące wagi odpadów z zastosowaniem dynamicznych systemów wagowych

5.3.3. Informacje dotyczące nielegalnych wysypisk odpadów

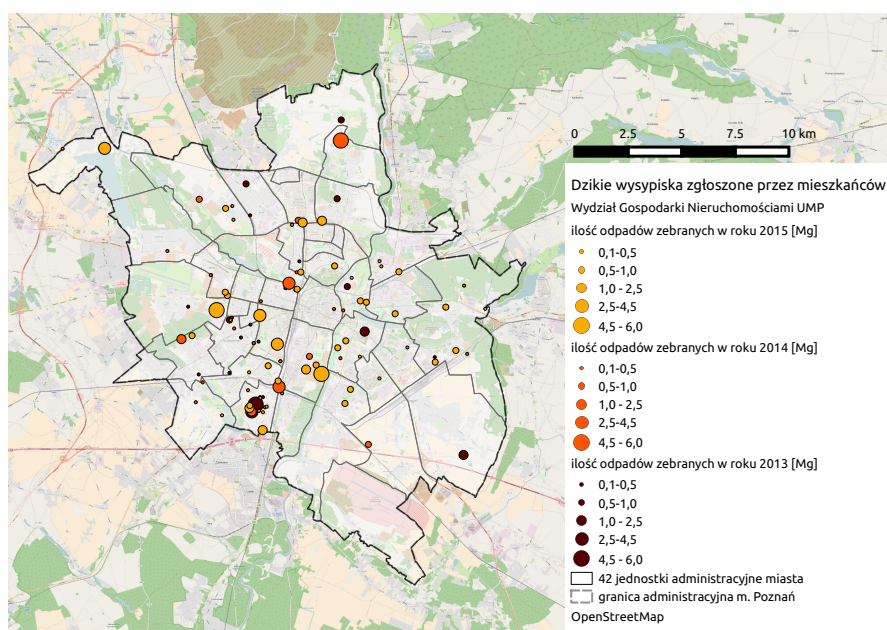
Nowe przepisy w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi miały stanowić rozwiązanie licznych problemów z nimi związanych, w tym kwestii tzw. „dzikich wysypisk”. Zakładano, że uszczelnienie systemu sprawi, iż nielegalne wyrzucanie odpadów przestanie być opłacalne. Tak się jednak nie stało. Przy najmniej w pierwszym roku po wprowadzonych zmianach legislacyjnych nie zauważono żadnej poprawy w tym zakresie.

Porównując dane dotyczące interwencji, jakie podejmował w czasie od marca 2013 do listopada 2014 Wydział Gospodarki Nieruchomościami UMP, by zlikwidować pojawiające się nielegalnie wysypiska, widoczne jest raczej nasilenie się tego zjawiska. Całkowita ilość odpadów zebrana w roku 2013 wyniosła 25,9 Mg. Odnotowano w tym czasie 26 interwencji. W kolejnym roku zjawisko to przybrało na sile — liczba interwencji odnotowanych tylko do listopada 2014 roku wzrosła do 28, a całkowita masa zlikwidowanych odpadów osiągnęła wartość 29,2 Mg. Natomiast w roku 2015 odnotowanych interwencji było już prawie dwa razy więcej. W ich wyniku usunięto 51 „dzikich wysypisk” o łącznej masie 60,8 Mg.

Trzeba jednak pamiętać, że rok 2014 miał w Poznaniu charakter przejściowy ponieważ mimo że opłaty za odbiór odpadów były już pobierane przez ZM GOAP, to odbieranie odpadów odbywało się ciągle wedle starych schematów.

Zajmowały się nim wciąż te same firmy, które dotychczas były za to zadanie odpowiedzialne. Dopiero od 2015 roku nowy system wszedł w pełni w życie. Trudno jednak wyrokować, czy przybywająca liczba nielegalnych składowisk odpadów to efekt źle wdrożonych zmian. Istnieje możliwość, że zjawisko wcale nie przybrało na sile. Zwiększyła się jedynie liczba zgłoszeń od mieszkańców, nie zaś faktyczna ilość wyrzucanych nielegalnie śmieci. Dopiero informacje pochodzące z kolejnych lat dadzą nam pełniejszy obraz sytuacji i odpowiedź na pytanie, czy udało się choć trochę ograniczyć ilość powstających nielegalnie składowisk odpadów.

Na podstawie tych danych można już jednak zauważyć, że w Poznaniu istnieją takie obszary, na których odpady komunalne są regularnie wyrzucane nielegalnie. Zjawisko to powtarza się najczęściej na Grunwaldzie, a w szczególności w okolicach Świerczewa (Ryc. 5.8).



Ryc. 5.8: Lokalizacja nielegalnych wysypisk śmieci w obrębie Poznania (dane z lat 2013 – 2014). Wielkość wysypiska wyrażono w masie usuniętych odpadów [Mg]. Klasyfikacji ilości odpadów (usuniętych w czasie interwencji) dokonano w oparciu o naturalne granice – metodą Jenksa (Jenks, 1967). Opracowano na podstawie informacji pozyskanej z Wydziału Gospodarki Nieruchomościami UMP

Wiedza odnośnie lokalizacji „dzikich wysypisk”, będzie istotna w trakcie interpretacji wyników, prezentowanych w niniejszej rozprawie, prac terenowych. Informacja ta może się okazać szczególnie ważna w trakcie wnioskowania odnośnie przyczyny mniejszej ilości odpadów odbieranych od mieszkańców w poszczególnych obszarach miasta.

Rozdział 6

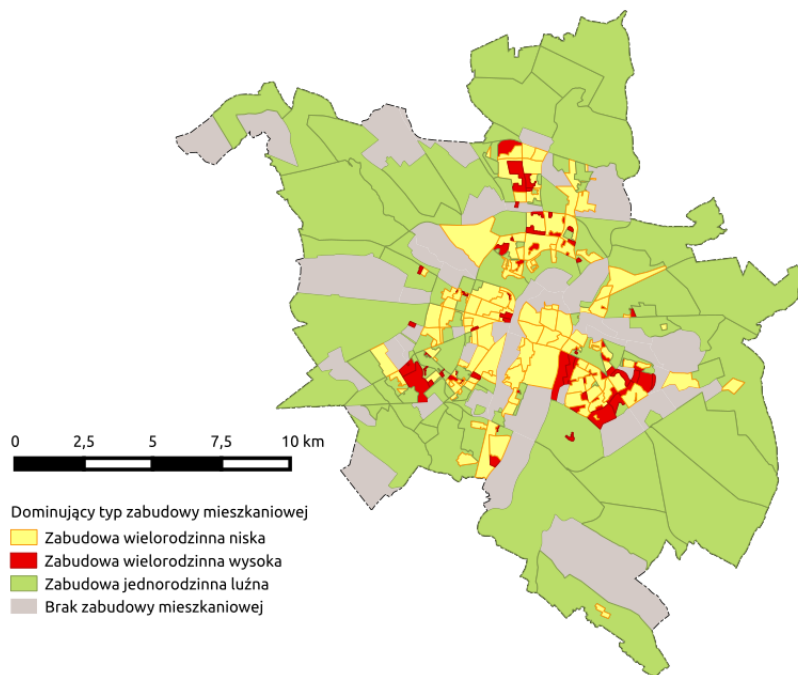
Wyniki

6.1. Podział Poznania ze względu na typ zabudowy

Typ zabudowy jest jednym z podstawowych czynników determinujących ilość i jakość wytwarzanych przez mieszkańców odpadów (Skalmowski, 1992; Dennison i in., 1996a). Zatem ważnym etapem prowadzonych prac było podzielenie Poznania na obszary jednolite pod względem zabudowy. Zgodnie z przyjętymi założeniami (por. rozdział 4.1) wyróżniono na terenie miasta 342 obszarów, na których dominował jeden z 3 branych pod uwagę typów zabudowy:

- typ I – zabudowa wielorodzinna wysoka (67 obszary),
- typ II – zabudowa wielorodzinna niska (131 obszary),
- typ III – zabudowa jednorodzinna (100 obszary).

Pozostałe 44 obszary stanowią inne tereny, na których zabudowy mieszkaniowej nie ma np.: duże parki, lasy miejskie, terasy zalewowe, torowiska, port lotniczy Ławica itp. (Ryc. 6.1).

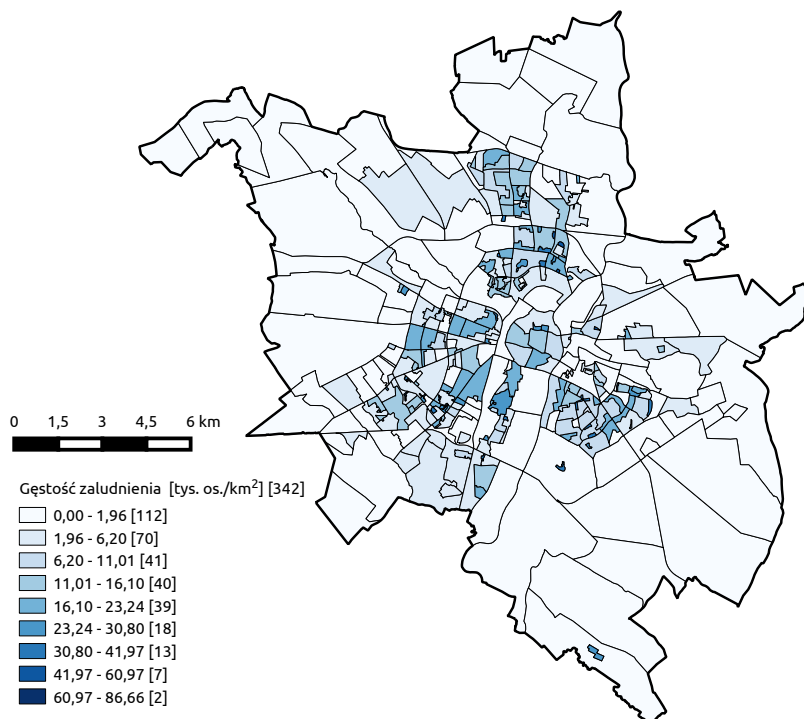


Ryc. 6.1: Przyjęty w niniejszym opracowaniu podział Poznania na obszary, na których dominował jeden z trzech wyznaczonych typów zabudowy

6.1.1. Charakterystyka wydzielonych obszarów

Danych dotyczących ilości wytwarzanych przez mieszkańców odpadów w poszczególnych obszarach nie można by było porównać bez przeliczenia ich na *OWN*. Konieczne było zatem określenie liczby osób je zamieszkujących, czego dokonano na podstawie danych meldunkowych (por. Rozdział 5.2.1). Warto w tym kontekście zaznaczyć, że gdyby zdecydowano się jednak oszacować liczbę mieszkańców np. na podstawie danych pochodzących z obwodów spisowych (na podstawie wyznaczonych dla tych obwodów centroidów), to 28 obszarów określono by jako pozbawione zaludnienia (brak mieszkańców). Natomiast łączna liczba mieszkańców zameldowanych na tych obszarach według danych WSO, wynosi ponad 5 tys. Stąd wskazane jest wykorzystywanie w tego typu analizach informacji odnośnie liczby osób zameldowanych w konkretnych punktach adresowych.

Na podstawie danych meldunkowych obliczono również gęstość zaludnienia w poszczególnych obszarach (Ryc. 6.2). Gdyby ilość generowanych odpadów była wprost proporcjonalnie zależna jedynie od liczby mieszkańców to informacja ta powinna odzwierciedlać zróżnicowanie przestrzenne produkcji odpadów na km² w obrębie Poznania. Byłoby tak jednak jedynie wtedy, gdyby wpływ innych czynników mogących oddziaływać na intensywność tego zjawiska okazał się być mało istotny.



Ryc. 6.2: Rozkład gęstości zaludnienia w 342 obszarach wyróżnionych ze względu na dominujący na nich typ zabudowy. Podział na klasy gęstości zaludnienia dokonano metodą Jenksa (Jenks, 1967). Opracowano na podstawie danych WSO

Obok typu zabudowy istnieje jednakże wiele innych czynników, które mogą mieć znaczący wpływ na powiązane z gospodarką odpadami zachowania mieszkańców. Niestety dane o nich nie są ogólnie dostępne z wystarczającym poziomem szczegółowości. Odnosi się to m.in. do danych dotyczących zamożności, czy wykształcenia. Udało się jednak pozyskać pewne informacje, które mogą mieć znaczącą wartość interpretacyjną. Należą do nich: struktura wiekowa mieszkańców poszczególnych obszarów, udział powierzchniowy infrastruktury usługowo-handlowej oraz liczba i lokalizacja nielegalnych wysypisk zidentyfikowanych w ostatnich latach na terenie Poznania. Wymienione wyżej dane zostały zaagregowane do wydzielonych obszarów, na których dominował jeden z 3 branych pod uwagę typów zabudowy.

Struktura wiekowa mieszkańców Struktura wiekowa mieszkańców każdego z obszarów została oszacowana na podstawie informacji udostępnionej przez GUS dla rejonów statystycznych. Dane te przetworzono do postaci procentowego udziału każdej z 4 grup pokoleniowych wykorzystywanych w badaniach. Następnie zostały one przeliczone dla obszarów jednolitych pod względem zabudowy. Wartość otrzymaną dla każdego z 342 obszarów obliczono na podstawie średniej ważonej z rejonów statystycznych znajdujących się w obrębie danego obszaru. Wagą była liczba osób zamieszkująca poszczególne rejony spisowe (Ryc. 6.3).

Wizualizacja wyników pokazuje obszary najczęściej zamieszkiwane przez studentów i absolwentów — obszar Piątkowa oraz częściowo Nowe Winogrody i Naramowice, czyli Stare Miasto i otoczenie uniwersytetu im. Adama Mickiewicza. Również popularne są obszary położone blisko śródmieścia i Politechniki Poznańskiej — os. Warszawska-Pomet-Maltańska. Obecność osób starszych jest mocno związana z osiedlami znajdującymi się na Ratajach oraz w starszych dzielnicach miasta — Grunwald Południe i część Starych Winograd. Osoby w średnim wieku natomiast, w tym często rodziny z dziećmi, osiedlają się na obrzeżach Poznania — zwłaszcza w jego północnej i zachodniej części.

Udział infrastruktury usługowo-handlowej Obecność obiektów pełniących funkcję usługowo-handlową może w znacznym stopniu wpływać na ilość wytwarzanych na danym obszarze odpadów. Jeżeli w jej pobliżu zlokalizowane są łatwo dostępne punkty zbiórki, istnieje ryzyko, że do znajdujących się w nich pojemników będą trafiać odpady, których nie wytworzyli okoliczni mieszkańcy. Takie zjawisko zaobserwowano kilkakrotnie w trakcie prowadzenia badań. Przeważnie były to odpady opakowaniowe, które w znaczny sposób zwiększają wypełnienie pojemników.

Problem prawdopodobnie dotyczy stosunkowo niewielkich obiektów, takich jak pawilony znajdujące się na terenie wielu poznańskich osiedli, głównie w północnej części miasta (Ryc. 6.4). Większe punkty, takie jak hipermarkety (zwłaszcza sieciowe), domy towarowe czy centra handlowe mają przeważnie własne, dobrze zorganizowane miejsca do gromadzenia wytwarzanych przez siebie odpadów. Udział powierzchni budynków pełniących funkcję usługowo-handlową obliczono na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych. Trzeba jednak pamiętać, że baza ta niestety nie uwzględnia szeregu drobnych punktów

usługowo-handlowych, które niejednokrotnie znajdują się w blokach czy kamienicach.

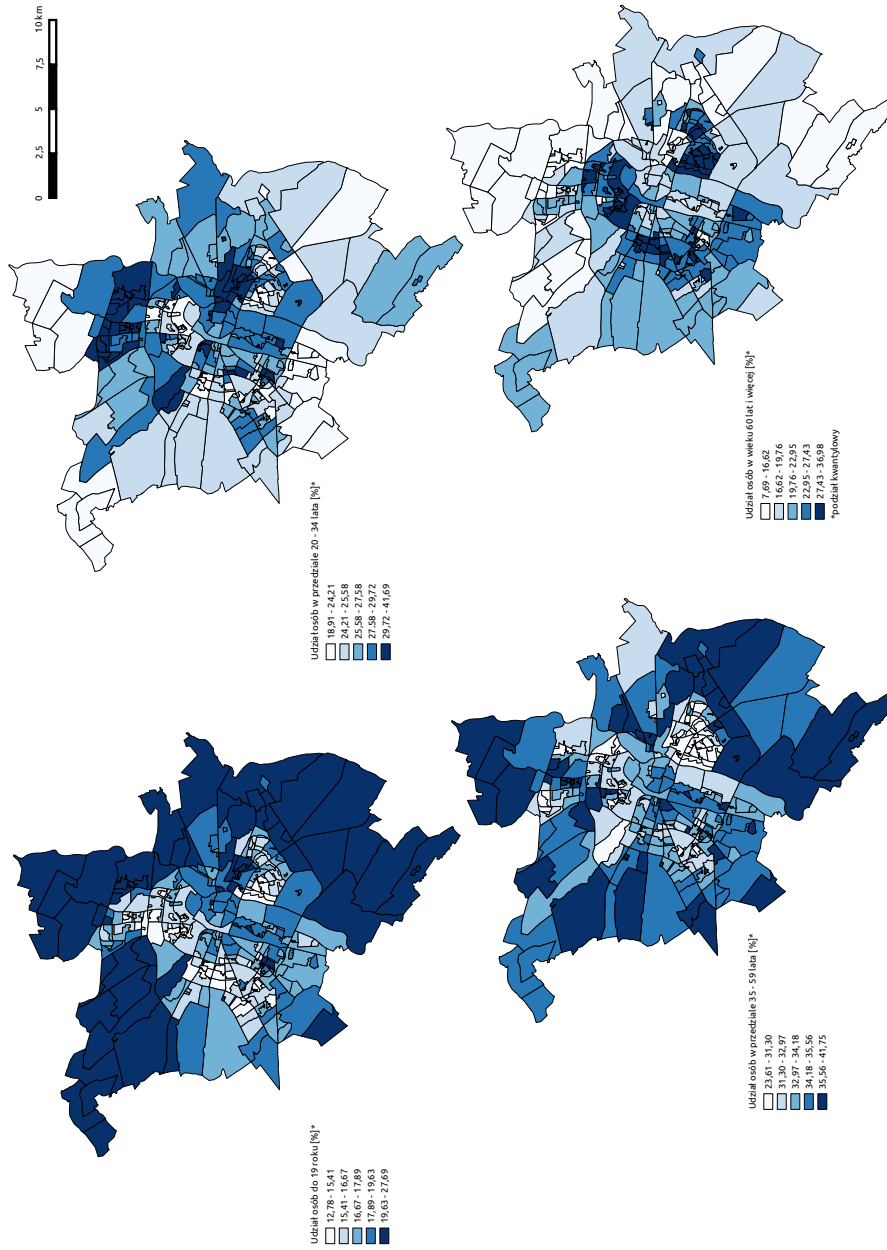
Lokalizacja nielegalnych wysypisk Mogłoby się wydawać, że problem tzw. „dzikich“ wysypisk dotyczy głównie terenów niezagospodarowanych, czy w lasów miejskich. Tymczasem jedynie 20,9% wszystkich nielegalnych składowisk odpadów odnotowanych w latach 2013 – 2015 występowało na tych kategoriach użytków. Jest to porównywalna wartość do liczby nielegalnych wysypisk stwierdzonych na terenie zabudowy wielorodzinnej niskiej. Łącznie stanowiły one tylko 14,6% całkowitej masy nielegalnie porzuconych odpadów, które zlikwidowano w Poznaniu (Ryc. 6.1). Pozostałe miejsca, w których służby miejskie musiały interweniować, znajdowały się w obrębie zabudowy mieszkaniowej. Nie musi być to jednak pełen obraz sytuacji. Ostatecznie administracja miasta likwiduje tylko te „dzikie“ wysypiska, które zgłoszone zostały przez mieszkańców i straż miejską. Nic więc dziwnego, że Poznaniacy wskazują przede wszystkim te miejsca, które znajdują się w pobliżu miejsca ich zamieszkania.

Tab. 6.1: Statystyki dotyczące liczby nielegalnych wysypisk zgłoszonych w latach 2013 – 2015 do Wydziału Gospodarki Nieruchomościami UMP w wyróżnionych typach zabudowy (typ I — zabudowa wielorodzinna wysoka, typ II — zabudowa wielorodzinna niska, typ III — zabudowa jednorodzinna, pozostałe — obszary nie pełniące funkcji mieszkaniowej) oraz masa usuniętych z nich odpadów

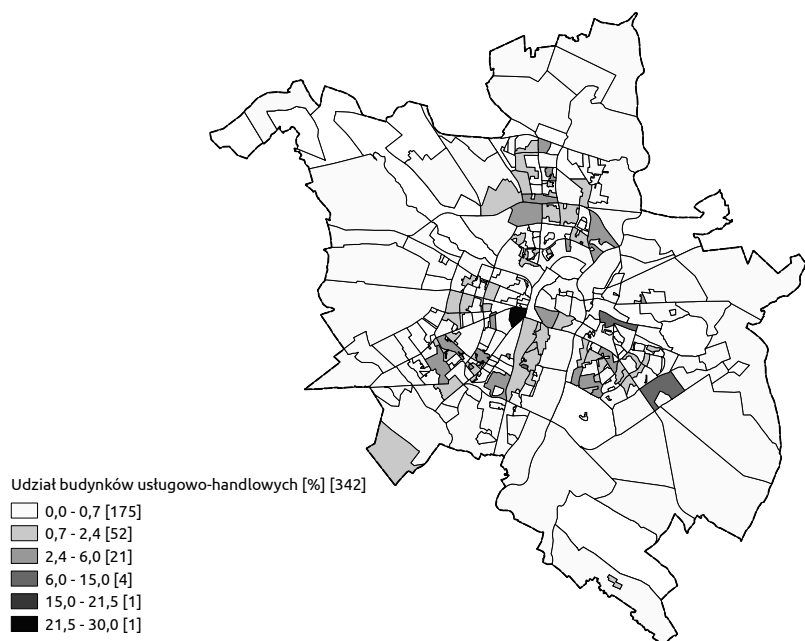
typ zabudowy	liczba nielegalnych wysypisk	Masa odpadów [Mg/km ²]			
		śr.	med.	min.	max.
typ I	3	7,7	1,7	1,5	19,6
typ II	23	9,0	2,3	0,46	60,8
typ III	65	2,9	0,9	0,1	35,7
Pozostałe	24	3,6	2,9	0,2	10,3

Problem zdaje się być najpoważniejszy w zabudowie jednorodzinnej — dotyczyło jej aż 56,5% wszystkich zgłoszeń odnotowanych w latach 2013 – 2015. Ta sytuacja może być związana ze statusem nieruchomości znajdujących się na tym obszarze. Wiele z nich stanowią nieruchomości niezamieszkałe, będące siedzibami firm i drobnych punktów usługowych. Opłata za odbiór odpadów komunalnych z takich nieruchomości nie jest obowiązkowa i naliczana jest nie na podstawie liczby mieszkańców, lecz wielkości zadeklarowanego pojemnika lub kontenera na odpady. Istnieje zatem możliwość uniknięcia części lub całości opłaty. Na terenie zabudowy jednorodzinnej istnieje też sporo zarośli, zadrzewień, nieużytków i przestrzeni niezagospodarowanych, na które mogą trafiać nie tylko regularne odpady komunalne, ale również inne, pojawiające się okazjonalnie, takie jak odpady budowlane. Zapewne nie bez znaczenia pozostaje też częste sąsiedztwo działek, na których niejednokrotnie pomieszkują bezdomni.

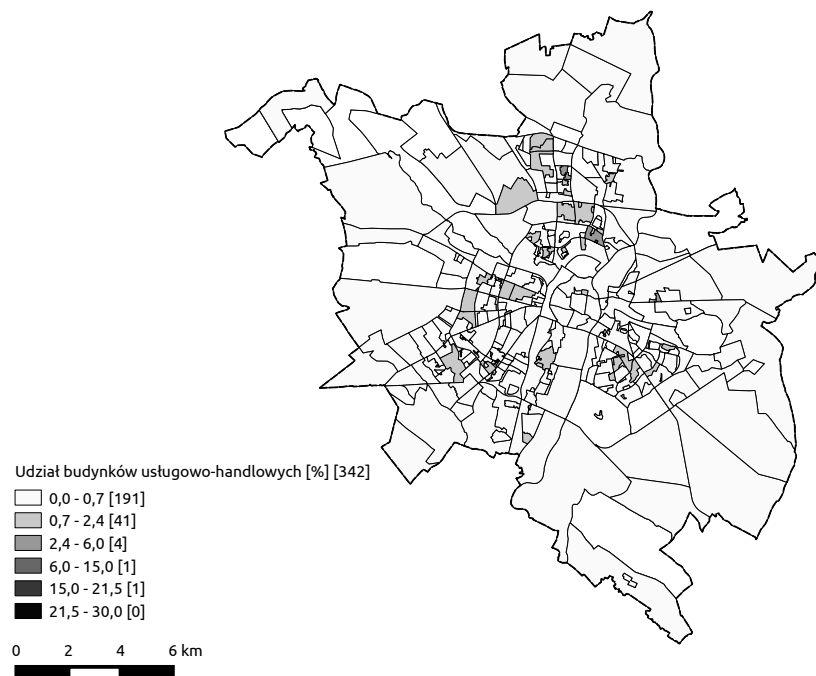
Najwięcej odpadów w przeliczeniu na km² usunięto z zabudowy wielorodzinnej niskiej, która stanowi największą część wszystkich wydzielonych obszarów. Na tym terenie najczęstszym miejscem znajdowania nielegalnych wysypisk są stare garaże. Problem najmniej zaś dotyczy zabudowy wielorodzinnej wysokiej, prawdopodobnie ze względu na niewielką liczbę zaniedbanych obszarów zielonych.



Ryc. 6.3: Zróżnicowanie struktury wiekowej mieszkańców Poznania w 342 obszarach wyróżnionych ze względu na dominujący na nich typ zabudowy



(a)



(b)

Ryc. 6.4: Procentowy udział budynków usługowo-handlowych w stosunku do powierzchni całego obszaru: z uwzględnieniem a) wszystkich obiektów, w tym hipermarketów, domów towarowych i centrów handlowych, b) jedynie stosunkowo niewielkich pawilonów handlowych i usługowych. Podział na klasy dokonano metodą Jenksa (Jenks, 1967)

W ciągu 3 lat, dla których pozyskano dane dotyczące tzw. „dzikich wysypisk” usuniętych w Poznaniu, stwierdzono z każdym rokiem przyrost zarówno ilości pozostawianych nielegalnie śmieci, jak i liczby ich lokalizacji. W ciągu całego tego czasu zgłoszono 115 takich miejsc, które wystąpiły na terenie 61 z wytypowanych obszarów (Ryc. 6.5).

6.1.2. Wyznaczone obszary badawcze

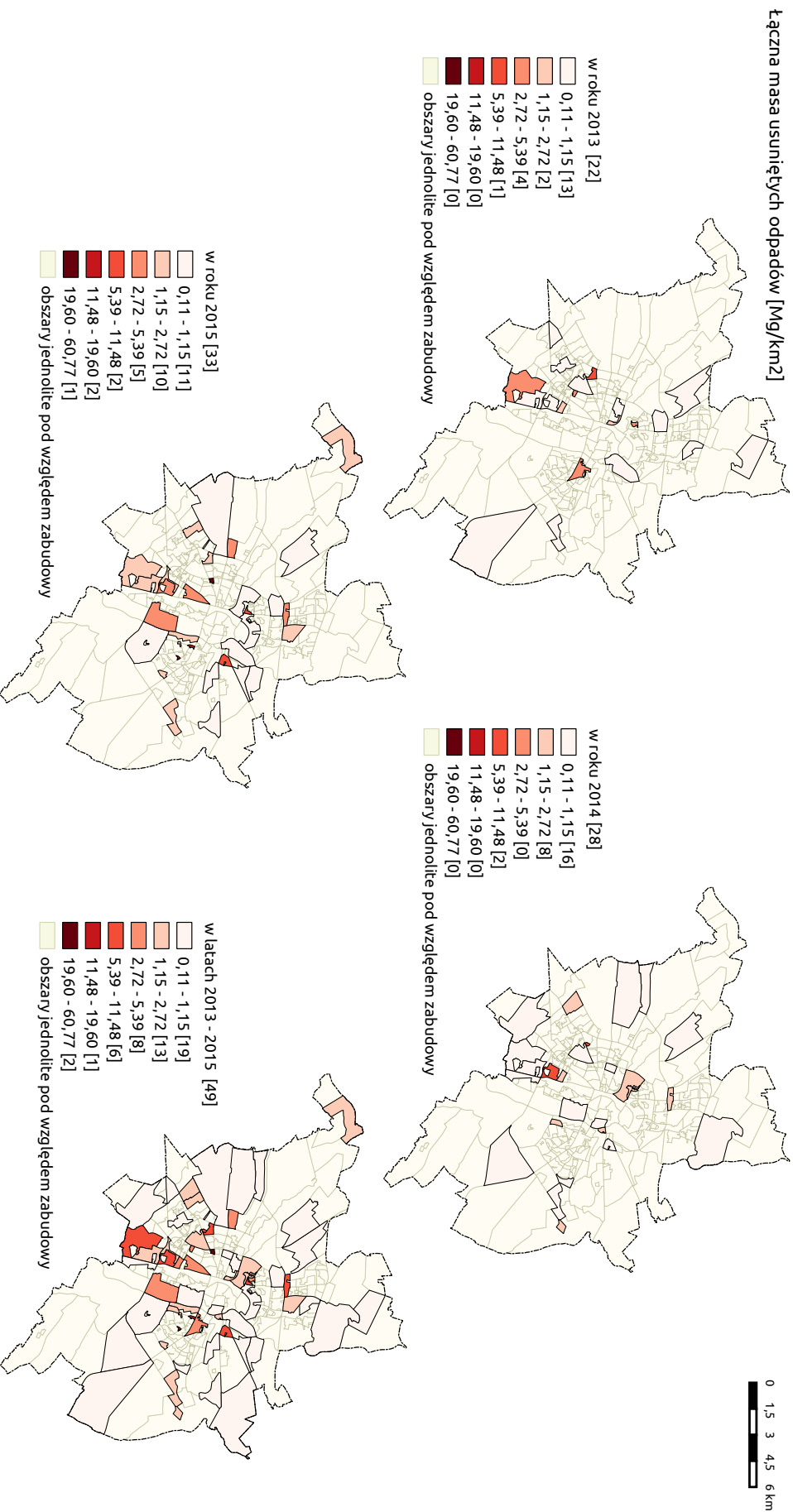
Spśród 342 obszarów jednolitych pod względem zabudowy 298 dotyczy zabudowy mieszkaniowej. 33% z nich stanowiła zabudowa jednorodzinna, 44% reprezentowały zabudowę wielorodzinną niską, a 33% — wielorodzinną wysoką. Dalszej selekcji obszarów badawczych dokonano zgodnie z tym procentowym udziałem poszczególnych typów zabudowy.

Ponieważ w dalszych pracach zamierzano przeprowadzić modelowanie z wykorzystaniem takich metod jak regresja ważona geograficznie, podjęto decyzję o uwzględnieniu próby zawierającej 50 obszarów badawczych. Próba o takiej wielkości daje możliwość wiarygodnej oceny parametrów modelu.

Najpierw jednak metodą próbkowania losowego stratyfikowanego wyznaczono 100 obszarów testowych tak, aby zachować proporcje udziału poszczególnych typów zabudowy określone dla całego miasta. W części z tych obszarów dokonano próbnych pomiarów terenowych jesienią 2013 r. Sprawdzono również dostępność pojemników na wszystkich z wylosowanych obszarów badawczych. Wiele z nich znajdowało się na terenach z zamkniętymi punktami zbiórki — wówczas koniecznym było nawiązanie współpracy z osobą odpowiedzialną za organizację zbiórki odpadów na danym terenie.

W przypadku zabudowy wielorodzinnej wysokiej niemal wszystkie punkty zbiórki były zamknięte. Wystarczyło jednak jedynie nawiązać kontakt z przedstawicielami lokalnej administracji i uzyskać zgodę na przeprowadzenie badań. W większości przypadków nie było z tym większych problemów. Ostatecznego wyboru obszarów badawczych reprezentujących ten typ zabudowy dokonano zatem arbitralnie, bazując głównie na dodatkowych informacjach dotyczących obecności zsympów, które mogą w istotny sposób wpływać na zachowania ludzi w zakresie segregacji odpadów. W przeszłości zdecydowana większość wysokich bloków była wyposażona w komory zsympowe. Jednak obecnie w Poznaniu coraz częściej zamyka się je ze względów sanitarnych. W wielu spośród wylosowanych losowo obszarów miała miejsce właśnie taka sytuacja. Zatem ostatecznie jedynie połowa z spośród wytypowanych obszarów posiadała wciąż funkcjonujące zsypy.

Trudność stanowiły natomiast stare kamienice znajdujących się na terenie zabudowy wielorodzinnej niskiej. Każda kamienica ma przeważnie swojego gospodarza, który każdorazowo udostępniał punkty zbiórki na potrzeby prowadzonych w ramach projektu prac terenowych. Stąd wybór obszarów badawczych był mocno zdeterminowany dostępnością punktów zbiórki. Ostatecznie tylko 6 spośród wybranych obszarów było typowych dla zabudowy śródmiejskiej. W zabudowie wielorodzinnej niskiej blokowej natomiast starano się wytypować takie obszary, by były możliwie jak najbardziej rozproszone w przestrzeni Poznania i by znajdowały się wśród nich zarówno zamknięte jak i otwarte punkty zbiórki. Tych drugich było stosunkowo niewiele wśród wylosowanych 100 obszarów te-

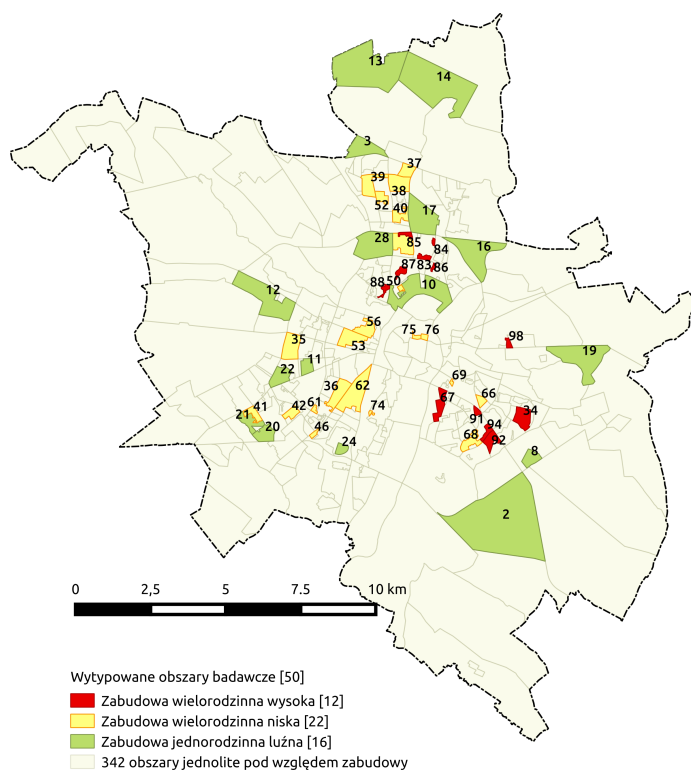


82 Ryc. 6.5: Masa odpadów usuniętych z nielegalnych wysypisk zgłoszonych do Wydziału Gospodarki Nieruchomościami UMP w latach 2013 – 2015 — wartości zsumowano dla 342 obszarów jednolitych pod względem zabudowy i przedstawiono Mg na km² danego obszaru. Podział na klasy dokonano metodą Jenksa (Jenks, 1967)

stowych. Znajdowały się tylko na 5 z nich i z tego względu wszystkie one zostały wytypowane do dalszych badań.

Wybór obszarów badawczych na terenie zabudowy jednorodzinnej podyktowany był również dostępnością punktów zbiórki. Ponieważ tereny te leżą na obrzeżach miasta, nie bez znaczenia była też kwestia dojazdu. Drugim czynnikiem było zaś rozproszenie zabudowy w obrębie obszaru testowego. Ze stonkowo zwartą zabudową wiązano bowiem większe nadzieje odnośnie liczby mieszkańców, których uda się namówić do wzięcia udziału w badaniach.

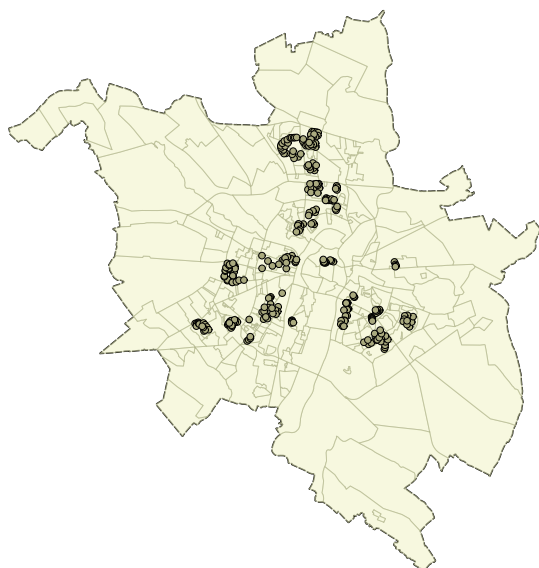
Ostatecznie, biorąc pod uwagę wszystkie powyższe uwarunkowania, udało się wyznaczyć 50 obszarów badawczych (Ryc. 6.6). Zgodnie z danymi WSO badaniem udało się objąć 31,75% mieszkańców miasta.



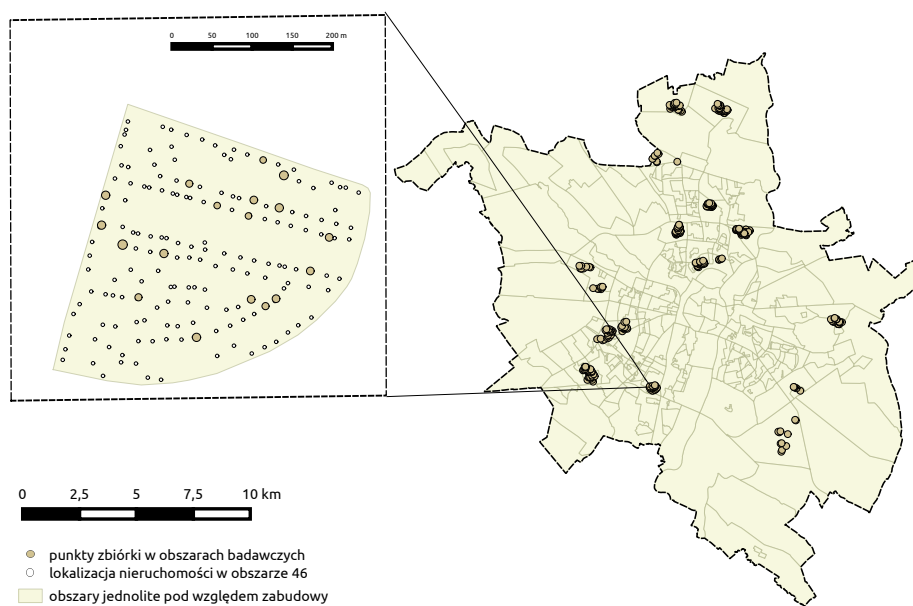
Ryc. 6.6: Położenie obszarów badawczych, na terenie których w latach 2014 – 2015 prowadzone były pomiary wypełnienia pojemników odpadami wraz z przypisanym im indywidualnym numerem identyfikacyjnym (ID)

6.1.3. Wyniki inwentaryzacji punktów zbiórki

W wyznaczonych obszarach badawczych koniecznym było przeprowadzenie inwentaryzacji istniejących na ich terenie punktów zbiórki oraz liczby i rodzaju pojemników lub kontenerów znajdujących się w każdym punkcie. Następnie dla każdego z obszarów sporządzone zostały arkusze stanowiące podstawową bazę danych odnośnie punktów oraz warstwy wektorowe zawierające informacje o ich lokalizacji przestrzennej. Pracę tę wykonali w ramach praktyk zawodowych studenci należący do Sekcji Geoinformacji Studenckiego Naukowego Koła Geografów Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM (Ryc.6.7a).



(a)



(b)

Ryc. 6.7: Lokalizacja punktów zbiórki w zabudowie a) wielorodzinnej, b) jednorodzinnej (również rozmieszczenie punktów pomiarowych w obrębie jednego obszaru na przykładzie obszaru nr 46)

Dla każdego z przebadanych w zabudowie wielorodzinnej punktów zbiórki pozyskano informacje odnośnie: dostępności punktu zbiórki (punkty zamknięte lub otwarte), obecności ewentualnych zsympów, ilości pojemników, ich typu (objętości i wysokości) oraz częstości wywożenia odpadów. Tę ostatnią informację pozyskiwano od administracji publicznej bądź w trakcie wizji lokalnej,

bezpośrednio od mieszkańców. Łącznie w zabudowie wielorodzinnej niskiej i wysokiej zlokalizowano 296 punktów.

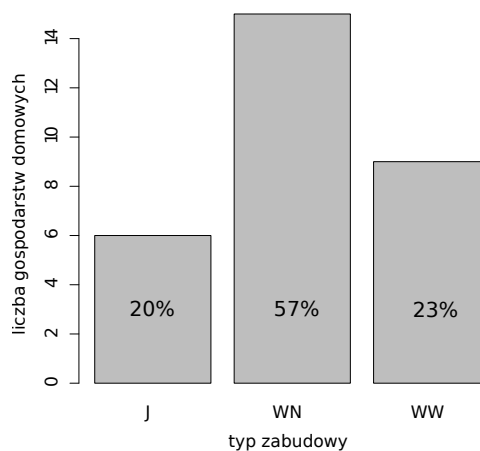
W przypadku zabudowy jednorodzinnej punkt zbiórki był tożsamy z lokalizacją nieruchomości. Wybór adresów gospodarstw domowych poddanych badaniu nie był losowy i zależał od przychylności mieszkańców do wzięcia udziału w badaniu. Starano się jednak utrzymać możliwie największe zróżnicowanie przestrzenne pomiędzy wybranymi punktami, by wynik można było uznać za reprezentatywny dla całego obszaru (Ryc.6.7b). Wszystkie wybrane tą drogą punkty zbiórki były uznane za zamknięte — wymagały obecności właścicieli w dniu badania, gdyż niejednokrotnie trzeba było wejść na teren posesji. W tym przypadku informacja o częstotliwości wywożenia odpadów pochodziła wyłącznie od mieszkańców. Łącznie w zabudowie jednorodzinnej udało się dotrzeć do 288 punktów zbiórki.

6.2. Badania ilości odpadów wytwarzanych w gospodarstwach domowych

6.2.1. Monitoring ilości odpadów w wybranych gospodarstwach domowych — wyniki

Charakterystyka gospodarstw domowych w próbie

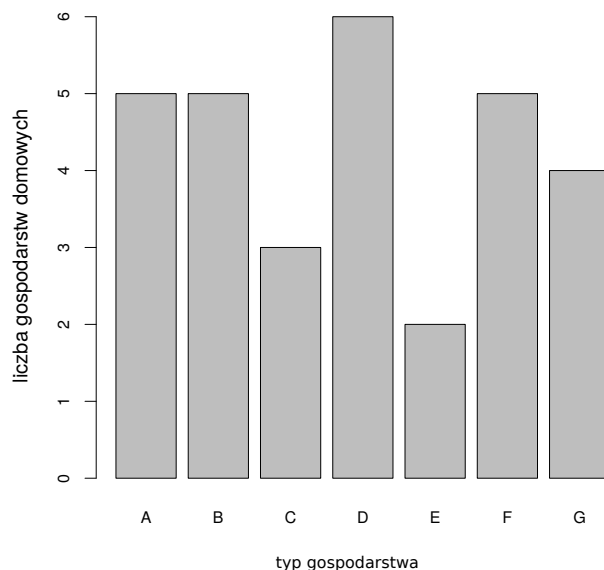
Planowano nawiązać współpracę z minimum 30 gospodarstwami domowymi, by możliwym było wiarygodne określenie typu rozkładu statystycznego próby. Zakładano również, że muszą one reprezentować wszystkie typy zabudowy uwzględniane w badaniach terenowych. Najtrudniej było dotrzeć do osób zamieszkujących w zabudowie jednorodzinnej. Ostatecznie jednak udało się namówić do współpracy 6 takich rodzin, w tym jedną nie zamieszkującą bezpośrednio na terenie Poznania, ale w jednej z gmin ościennych (Ryc. 6.8).



Ryc. 6.8: Udział typów zabudowy, jakie reprezentowały przebadane gospodarstwa domowe: J — zabudowa jednorodzinna, WN — zabudowa wielorodzinna niska, WW — zabudowa wielorodzinna wysoka

Niestety procentowy udział poszczególnych typów zabudowy odnotowany w analizie pojedynczych gospodarstw domowych nie był taki sam, jak w przypadku badań terenowych¹. Uznano jednak, że różnice te nie powinny mieć dużego wpływu na ostateczne wyniki, gdyż badania dotyczące produkcji odpadów bezpośrednio w gospodarstwach domowych mają stanowić jedynie dodatkową informację i nie będą stanowić podstawy modelowania.

Udało się natomiast pozyskać do badania przedstawicieli wszystkich charakterystycznych typów gospodarstw — mieszkania studenckie, jednoosobowe gospodarstwa domowe, pary czy wreszcie duże rodziny (Ryc. 6.9).



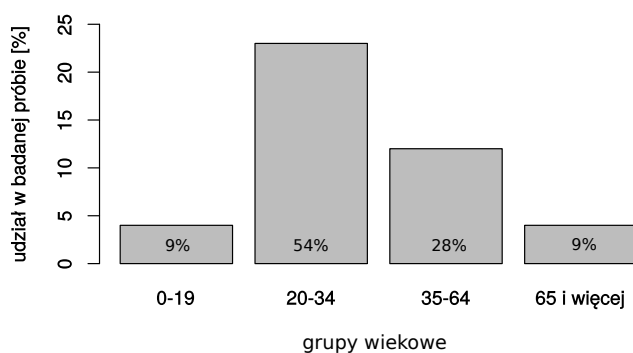
Ryc. 6.9: Udział poszczególnych typów wśród ankietowanych gospodarstw domowych, gdzie: A — jednoosobowe gospodarstwo, B — para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci, C — para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi, D — rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci, E — rodziny wielopokoleniowe, z czego co najmniej jedna z niepełnoletnimi dziećmi, F — wielu, często zmieniających się współlokatorów, G — rzadko zmieniający się współlokatorzy

Należy dodać, że w odpowiedzi na pytanie o typ gospodarstwa domowego pojawiły się pojedyncze odpowiedzi klasyfikujące je jako „inne”. Miało to miejsce w trzech przypadkach - małżeństw z pełnoletnimi dziećmi, pary w stałym związku mieszkających ze współlokatorem/-lokatorką oraz studentów mieszkających w akademikach. Pierwszy typ gospodarstwa domowego odpowiada swoją charakterystyką rodzinie wielopokoleniowej bez niepełnoletnich dzieci, stąd zdecydowano się przypisać tym odpowiedziom typ D. Natomiast drugi przypadek odpowiada swym charakterem gospodarstwom domowym z rzadko zmieniającymi się współlokatorami. Dzieje się tak, gdyż para w stałym związku przeważnie narzuca swoje zwyczaje dotyczące postępowania z odpadami pozostałym współlokatorom. Odpowiedź taką zakwalifikowano zatem jako typ G. Wreszcie studenci mieszkający w akademikach rzadko zdążają wyrobić sobie wspólne nawyki dotyczące postępowania z odpadami komunalnymi. To ich przede wszyst-

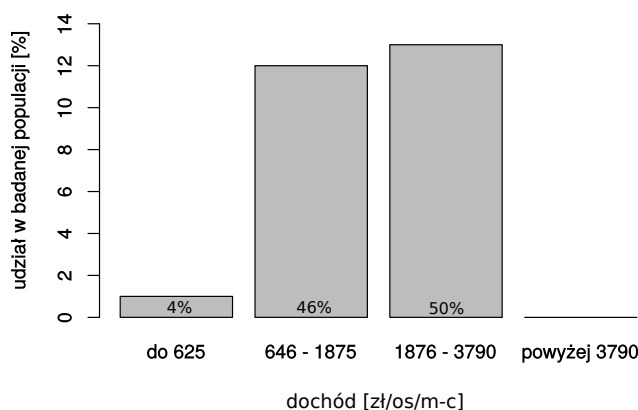
¹ W przypadku badań terenowych zabudowa jednorodzinna stanowiła 32% obszarów, wielorodzinna niska — 44%, a wielorodzinna wysoka — 24%.

kim tyczy się gospodarstwo domowe typu F. Tym sposobem wszystkie odpowiedzi, w których ankietowani określili swoje gospodarstwo domowe jako „inne“ zostały arbitralnie przypisane do pozostałych kategorii.

Ze względu na ograniczone możliwości wyboru gospodarstw domowych, które ostatecznie wzięły udział w badaniu, struktura wiekowa ich mieszkańców odbiega od struktury wiekowej wszystkich mieszkańców Poznania. W konsekwencji osoby dominujące wśród nich to przede wszystkim młodzi ludzie w wieku 20 – 34. Niemniej, udało się przeprowadzić badania również w gospodarstwach domowych, w których występowały pozostałe grupy pokoleniowe. Stąd możliwe jest porównanie zachowań reprezentantów różnych grup wiekowych dotyczące gospodarki odpadami komunalnymi. Nie powinny być one jednak uznawane jako reprezentatywne dla całego miasta (Ryc. 6.10a).



(a)



(b)

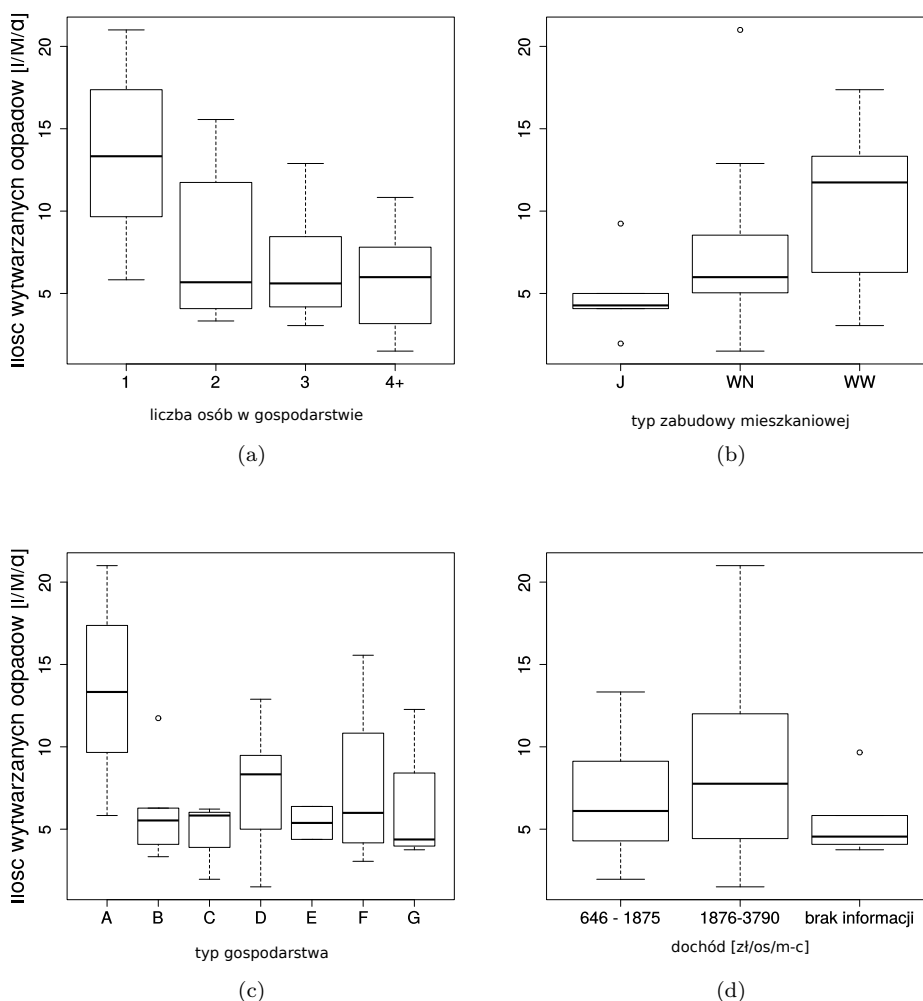
Ryc. 6.10: Charakterystyki mieszkańców przebadanych gospodarstw domowych: a) struktura wiekowa osób, według przyjętych grup pokoleniowych; b) rozkładalny miesięczny dochód na mieszkańca

Osoby mieszkające w przebadanych gospodarstwach domowych należą głównie do klasy zamożnej i średnio zamożnej. Udało się również przebadać jedno gospodarstwo domowe reprezentujące klasę najuboższą. Niestety, nie udało się

nawiązać współpracy z osobami, których dochód na mieszkańca gospodarstwa domowego kwalifikowałby ankietowanych, jako przedstawicieli klasy najbogatszej (Ryc. 6.10b).

Ilość odpadów komunalnych powstająca w badanych gospodarstwach domowych

Przeprowadzone badania wykazują, że ilość odpadów powstających w gospodarstwach domowych w Poznaniu może być silnie związana z takimi czynnikami, jak: ilość osób zamieszkująca gospodarstwo domowe, typ zabudowy mieszkaniowej, czy typ gospodarstwa domowego (Ryc. 6.11).



Ryc. 6.11: Ilość odpadów komunalnych zmieszanych powstających w gospodarstwie domowym, przedstawiona w zestawieniu z a) liczbą osób zamieszkujących gospodarstwo domowe, b) typem zabudowy mieszkaniowej, gdzie: J — jednorodzinna, WN — wielorodzinna niska, WW — wielorodzinna wysoka, c) typem gospodarstwa domowego, gdzie: A — gospodarstwo jednoosobowe, B — para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci, C — para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi, D — rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci, E — rodziny wielopokoleniowe, z czego co najmniej jedna jedna z niepełnoletnimi dziećmi, F — wielu, często zmieniających się współlokatorów, G — rzadko zmieniający się współlokatorzy, d) rozporządzalny dochód na osobę w gospodarstwie domowym

Osoby samotne, prowadzące pojedyncze gospodarstwo domowe, mają tendencję do generowania zdecydowanie większej ilości odpadów w przeliczeniu na jednego mieszkańca niż reszta populacji. We wszystkich przebadanych przypadkach były to osoby mieszkające w zabudowie wielorodzinnej. W zabudowie jednorodzinnej z kolei występowały głównie duże gospodarstwa domowe, zamieszkiwane przeważnie przez co najmniej 3 osoby. W gospodarstwach tych stwierdzono zdecydowanie mniejszą produkcję odpadów na jednego mieszkańca.

Obecność dzieci w gospodarstwie domowym nie powinna mieć dużego wpływu na ilość powstających w nim śmieci. Widać natomiast (Ryc. 6.11), że wyraźnie wyższe wartości mediany *OWN* zostały uzyskane w przypadku rodzin wielopokoleniowych, w których nie ma niepełnoletnich dzieci oraz w gospodarstwach zamieszkiwanych przez wielu, często zmieniających się współlokatorów, jak to ma często miejsce w mieszkaniach studenckich.

Potwierdza się również, iż osoby dysponujące wyższym rozporządzalnym dochodem na osobę w gospodarstwie domowym mają tendencję do generowania większej ilości śmieci. Na przedstawionej rycinie nie ujęto jednak osób o najniższym dochodzie, ponieważ udało się pozyskać do badania tylko jedno gospodarstwo domowe należące do tej grupy. Ponadto jest ono najpewniej niereprezentatywne dla całej grupy, gdyż ilość wytwarzanych w nim odpadów była bardzo duża — średnia wartość *OWN* wyniosła prawie $13 \text{ l}/M/d$.

Choć odnotowano wyraźne różnice w medianach wartości *OWN* przedstawionych na ryc. 6.11, to nie możemy jednak powiedzieć, czy są one istotne statystycznie. Wpływ każdego z uwzględnionych czynników na wartość *OWN* sprawdzono używając, ze względu na niewielką liczebność próby oraz brak rozkładu normalnego, testu Kruskala-Wallisa. Jedynym czynnikiem, który może mieć istotne znaczenie ($p = 0,05745$) zdaje się być typ zabudowy. Wydaje się jednak, że kluczowe jest tu rozróżnienie między zabudową jednorodziną a wielorodziną. Porównanie wartości *OWN* w tych dwóch grupach wykonane przy pomocy testu Kruskala-Wallisa wykazało, że różnice średnich w grupach są istotne statystycznie ($p = 0,04879$). Porównano również różnice średnich *OWN* między zabudową wielorodziną niską i wysoką, ale w tym przypadku różnice okazały się nieistotne statystycznie ($p = 0,144$).

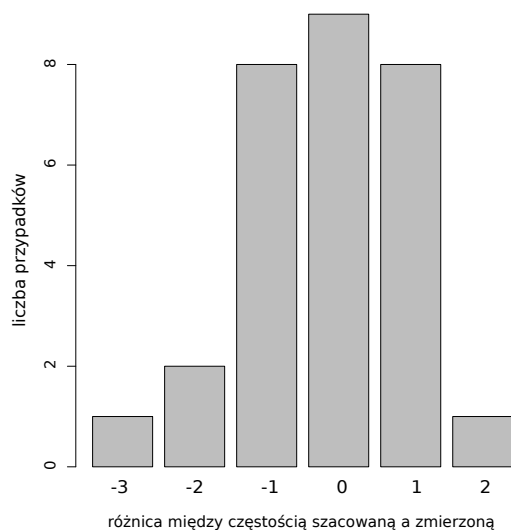
Zauważalne jest natomiast, że mediany wartości *OWN* w gospodarstwach domowych, w których prowadzona jest segregacja śmieci i tych, w których segregacji nie wykonuje się, różnią się znacząco. W pierwszym przypadku współczynnik ten osiągnął wartość $5,83 \text{ l}/M/d$, a zakres wartości *OWN* wahał się od $1,5 \text{ l}/M/d$ do $12,27 \text{ l}/M/d$. Natomiast w drugim medianą wyniosła aż $10,83 \text{ l}/M/d$, przy wartościach ekstremalnych równych $7,42$ i $21 \text{ l}/M/d$. Może to oznaczać, iż wprowadzenie w domu recydingu może zmniejszyć ilość odpadów komunalnych nawet o połowę. Jednakże w przebadanej próbie tylko w 3 gospodarstwach nie prowadzono segregacji, zatem wyniki te mogą być niemiarodajne.

Przebadanych gospodarstw domowych jest zbyt mało, by móc sprawdzić potencjalne relacje przestrzenne wyników.

Świadomość ilości wytwarzanych śmieci

Osobom, które brały udział w badaniu, zadano pytanie weryfikujące, dotyczące liczby worków z odpadami wyrzucanymi w ciągu tygodnia. Dzięki niemu

możliwe było porównanie przekonania mieszkańców przebadanych gospodarstw o ilości wyrzucanych przez nich śmieci, z rzeczywistymi obserwacjami. Okazało się, że odpowiedzi na tak zadane pytanie tylko częściowo pokrywały się z obserwacjami, jakie były prowadzone w gospodarstwach domowych (Ryc. 6.12).



Ryc. 6.12: Różnica między przekonaniem odnośnie ilości wyrzucanych w tygodniu worków z odpadami, a faktycznymi wynikami obserwacji w gospodarstwach domowych osób biorących udział w badaniu. Wartości ujemne świadczą o niedoszacowaniu, dodatnie zaś o przeszacowaniu tej liczby.

Przeważnie błąd wynosi +/- 1 worek. Ten błąd nie dziwi. Rzadko bowiem zdarzała się sytuacja, w której osoba pytana byłaby w stanie podać precyzyjną liczbę wyrzucanych tygodniowo śmieci. Większość osób wahała się między dwoma wartościami.

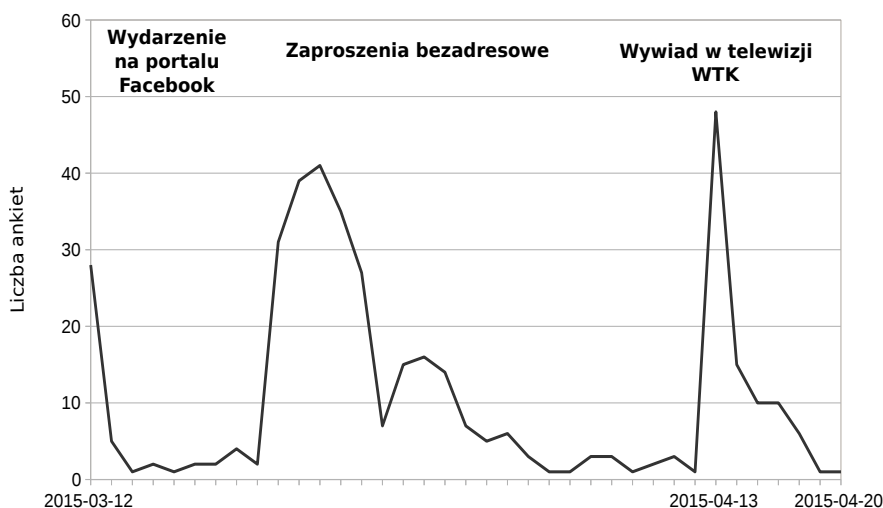
Czasem zdarzały się jednak przypadki większego przeszacowania lub niedoszacowania, z przewagą tego drugiego. Wynika z tego, że jeśli *OWN* miałyby być obliczane w oparciu o tak pozyskaną informację odnośnie liczby wyrzucanych worków, to można się liczyć z systematycznym błędem. Jest on zależny od liczby osób w gospodarstwie domowym oraz wielkości używanych worków. W przypadku przebadanych gospodarstw domowych wyniósłby on od $-12,3 \text{ l}/M/d$ do $8,35 \text{ l}/M/d$. W skali całego miasta ten błąd prawdopodobnie nie wpłynął by znacząco na sumaryczną ilość szacowanych odpadów, gdyż jedne przeszacowane wartości byłyby kompensowane przez inne, niedoszacowane. Jednak w przypadku porównywania wartości otrzymanych dla poszczególnych lokalizacji, brak precyzyjnej informacji może uniemożliwić określenie lokalnej zmienności wartości *OWN*.

Jest to ważny wniosek, który należy mieć na względzie, interpretując wyniki pochodzące z geoankiet.

6.2.2. Geoankieta

Geoankieta spotkała się ze sporym zainteresowaniem ze strony mieszkańców Poznania. Łącznie witrynę, na której znajdowała się geoankieta, odwiedziło 399 osób, z czego 372 odpowiedziało na najważniejsze pytania w niej zawarte, dotyczące postępowania z odpadami w gospodarstwie domowym. Mieszkańcy

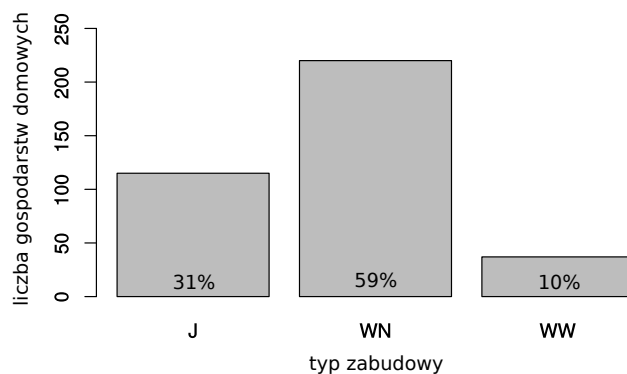
mogli dowiedzieć się o prowadzonych badaniach z mediów społecznościowych, portali internetowych, lokalnej telewizji WTK oraz dzięki zaproszeniom bezadresowym wysyłanym za pośrednictwem Poczty Polskiej. Analiza odsłon geoankiety w trakcie trwania kampanii informacyjnej pokazuje wyraźnie, jak ważna w tym względzie może być współpraca z mediami lokalnymi (Ryc. 6.13).



Ryc. 6.13: Liczba ankiet wypełnionych na dobę w trakcie trwania badania — na osi czasu zaznaczono początek i koniec badania oraz dzień, w którym odnotowano największy skok liczby respondentów biorących w nim udział

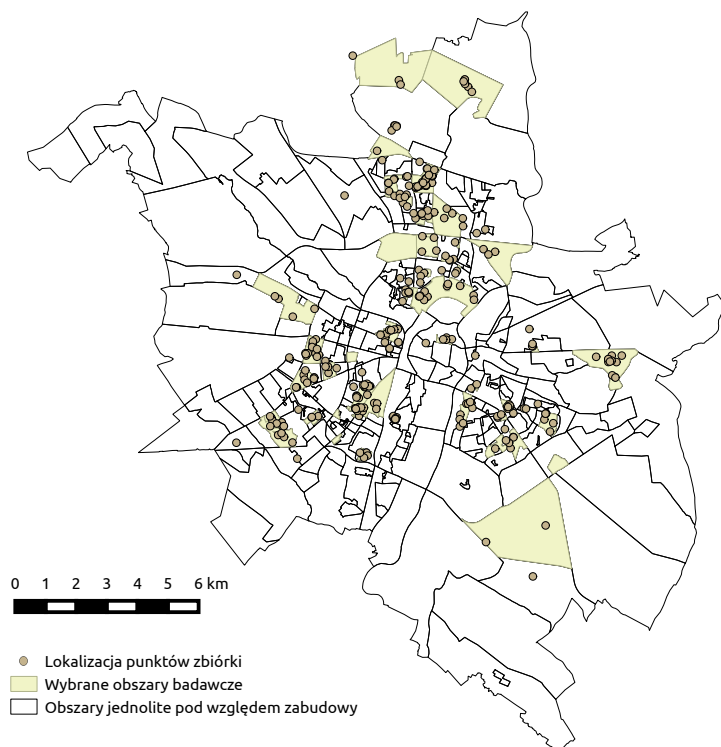
Nie wykupywano dodatkowej reklamy w portalach społecznościowych. Wiadomość o prowadzonych badaniach rozprzestrzeniano głównie za pośrednictwem portalu Facebook, gdzie najpierw była przekazywana przez bezpośrednie zaproszenia kierowane do tzw. „znajomych”. Później zaś informacja była też umieszczana na specjalnych grupach dedykowanych mieszkańcom poszczególnych obszarów bądź wydarzeniom, jakie mają miejsce na terenie miasta. Mimo, iż ta droga komunikacji ze społeczeństwem jest coraz bardziej popularna, to jednak wystosowanie tradycyjnych zaproszeń do poszczególnych gospodarstw domowych za pośrednictwem poczty spotkało się z dużo większym odzewem. Niemniej zdecydowanie najlepszy, choć krótkotrwały, efekt przyniósł krótki wywiad w programie porannym lokalnej telewizji WTK, która cieszy się wśród poznaniaków dużą popularnością.

Proporcje odpowiedzi na geoankietę z zabudowy jednorodzinnej (31%) i wielorodzinnej (69%) są zbliżone do udziału każdego z tych typów zabudowy w strukturze urbanistycznej miasta. Natomiast zdecydowanie większy był, w grupie „zabudowa wielorodzinna“ udział osób mieszkających w niskich blokach i kamienicach (59%). Udział mieszkańców osiedli, w których dominują wysokie blokowiska był niewielki (10%), znacznie niższy od oczekiwanych 24% (Ryc. 6.14).



Ryc. 6.14: Liczba gospodarstw domowych reprezentujących poszczególne typy zabudowy: J — jednorodzinna, WN — wielorodzinna niska, WW — wielorodzinna wysoka

Mimo początkowych obaw, że ankietowani niechętnie będą podawać lokalizację swoich pojemników na odpady (lub że po prostu będzie to trudne ze względów technicznych, zwłaszcza dla osób starszych), wielu respondentów skorzystało z zamieszczonej mapy. W ten sposób pozyskano informację o lokalizacji 300 punktów zbiórki, w pobliżu których znajdowały się gospodarstwa domowe biorące udział w badaniu (Ryc. 6.15).



Ryc. 6.15: Lokalizacja punktów zbiórki, z których korzystali ankietowani

Charakterystyka przebadanych gospodarstw domowych

Dzięki zebranych ankietom udało się pozyskać nie tylko informacje dotyczące ilości odpadów, ale również istotne dane dotyczące charakterystyki gospodarstw

domowych biorących udział w badaniu. Ankietowani odpowiadali na te same pytania, które zostały zadane osobom zamieszkującym 30 badanych bezpośrednio gospodarstw domowych. Należy jednak podkreślić, że ankietowani, którzy odpowiedzieli na pytania dotyczące ilości odpadów powstających w ich gospodarstwach domowych, nie zawsze podawali wszystkie informacje na swój temat w metryczce ankiety. Zatem przedstawione poniżej udziały procentowe dotyczące poszczególnych charakterystyk analizowanej próby, były wyliczone tylko w odniesieniu do liczby osób, które odpowiedziały na zadane pytanie.

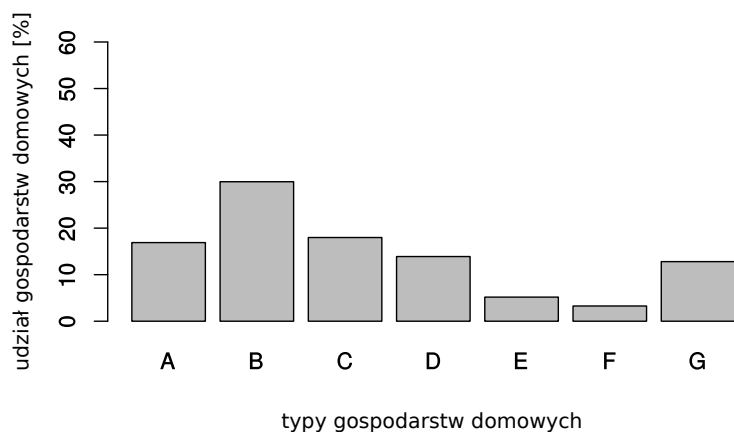
Najczęściej deklarowana liczba mieszkańców przebadanych gospodarstw domowych to 2 osoby. Największą liczbę mieszkańców, czyli 6 i więcej odnotowano tylko w 15 ankietach. Dane te obejmują wszystkie gospodarstwa, dla których pozyskano informacje odnośnie ilości powstających w nich odpadów. Dzięki temu we wszystkich 372 przypadkach możliwym było obliczenie wskaźnika *OWN*. W trakcie badania uzyskano informacje na temat każdego z wyróżnionych typów gospodarstw domowych (Ryc. 6.16a).

Wśród respondentów zdecydowanie dominowały pary bez niepełnoletnich dzieci. Udział pozostałych typów był podobny. Mniejszy udział odnotowano jedynie wśród rodzin wielopokoleniowych z niepełnoletnimi dziećmi oraz wśród często zmieniających się współlokatorów, czyli mieszkań typowo studenckich. 5 osób spośród 372, które udzieliły informacji odnośnie sposobu postępowania z odpadami komunalnymi w ich domach nie określiły, jaki jest typ ich gospodarstwa domowego.

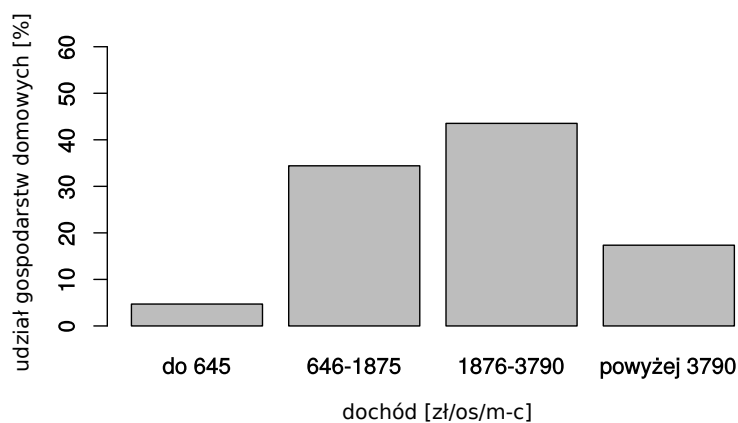
Podobnie, jak w przypadku wspomnianych 30 gospodarstw, tak i w geoankiecie wśród odpowiedzi na pytanie o typ gospodarstwa domowego w kategorii „inne“ pojawiały się przeważnie precyzyjniejsze określenia wcześniej wymienionych grup. Ponieważ to uszczegółowienie nie powinno w sposób istotny wpłynąć na uzyskane wyniki, takie odpowiedzi przypisywano arbitralnie do odpowiedniej kategorii (typy od A do G) zgodnie ze szczegółowym opisem podanym przez ankietowanych. Mieszkania określane jako „absolwentkie“ uznano za typ G, tak samo jak mieszkające razem rodzeństwo lub dwie pary w stałym związku, czy też dwie osoby niebędące w związku. Za rodzinę wielopokoleniową uznano rodziców mieszkających z pełnoletnim dzieckiem. Podobnie w przypadku małżeństwa mieszkającego ze starszą osobą. Pokój w akademiku określono jako typ F.

Problem nastęrczył jedynie przypadek rodzica samotnie wychowującego niepełnoletnie dziecko. Ostatecznie zdecydowano się jednak na przypisanie tej odpowiedzi do typu C, gdyż w rodzinie z niepełnoletnimi dziećmi, to właśnie obecność dziecka może mieć decydujący wpływ na ilość powstających odpadów (Dennison i in., 1996a,b).

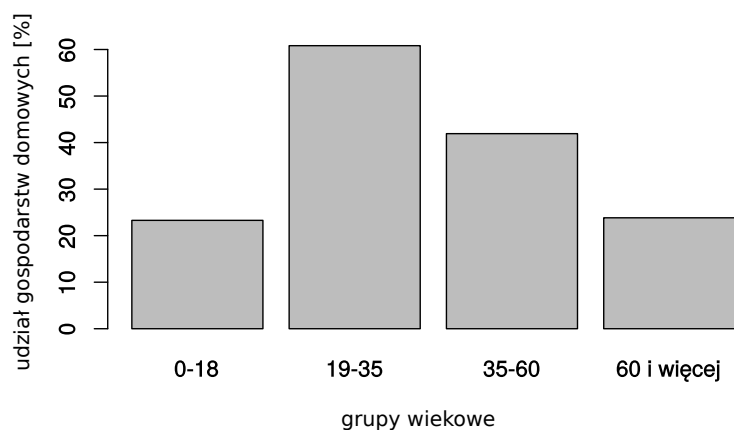
Warto podkreślić, że określenie „para będąca w stałym związku“ dedykowane było wszystkim stałym partnerom bez względu na ich stan cywilnoprawny. Jednak niektórzy ankietowani, mieszkający razem ze współmałżonkiem, mimo istnienia takiego sformułowania wybierali opcję „inne“ w odniesieniu do swojego gospodarstwa domowego, podkreślając fakt, że są formalnie małżeństwem.



(a)



(b)



(c)

Ryc. 6.16: Zestawienie procentowego udziału gospodarstw domowych poddanych ankietyzacji według: a) typów gospodarstw domowych, gdzie: A — jednoosobowe, B — para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci, C — para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi, D — rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci, E — rodziny wielopokoleniowe, z czego co najmniej jedna z niepełnoletnimi dziećmi, F — wielu, często zmieniających się współlokatorów, G — rzadko zmieniający się współlokatorzy, b) klas zamożności, wyrażonej przez dochód na osobę w gospodarstwie domowym, c) grup wiekowych, które w nich występują

Mieszkańcy przebadanych gospodarstw różnili się znacznie zarówno pod względem ich wieku, jak i zamożności wyrażonej przez dochód na osobę w gospodarstwie domowym. W tym przypadku, w przeciwieństwie do badań przeprowadzonych bezpośrednio w gospodarstwach domowych, udało się dotrzeć do przedstawicieli wszystkich 4 przyjętych dla tej cechy klas (Ryc. 6.16b). Zatem badania uwzględniały wszystkich, zarówno najuboższych jak i najbogatszych przedstawicieli mieszkańców Poznania. Należy jednak podkreślić, że aż 32 osoby (czyli prawie 10 %) spośród biorących udział w ankiecie nie udzieliło informacji odnośnie wysokości dochodów w ich gospodarstwie domowym.

Biorące udział w ankiecie gospodarstwa domowe zamieszkiwali przedstawiciele wszystkich wydzielonych grup wiekowych, choć z przewagą osób między 19 a 35 rokiem życia (Ryc.6.16c). Nie udało się uzyskać informacji odnośnie struktury wiekowej domowników w 7 z 372 analizowanych gospodarstw domowych. Niestety tylko 10 spośród przebadanych gospodarstw domowych ma charakter typowego mieszkania studenckiego.

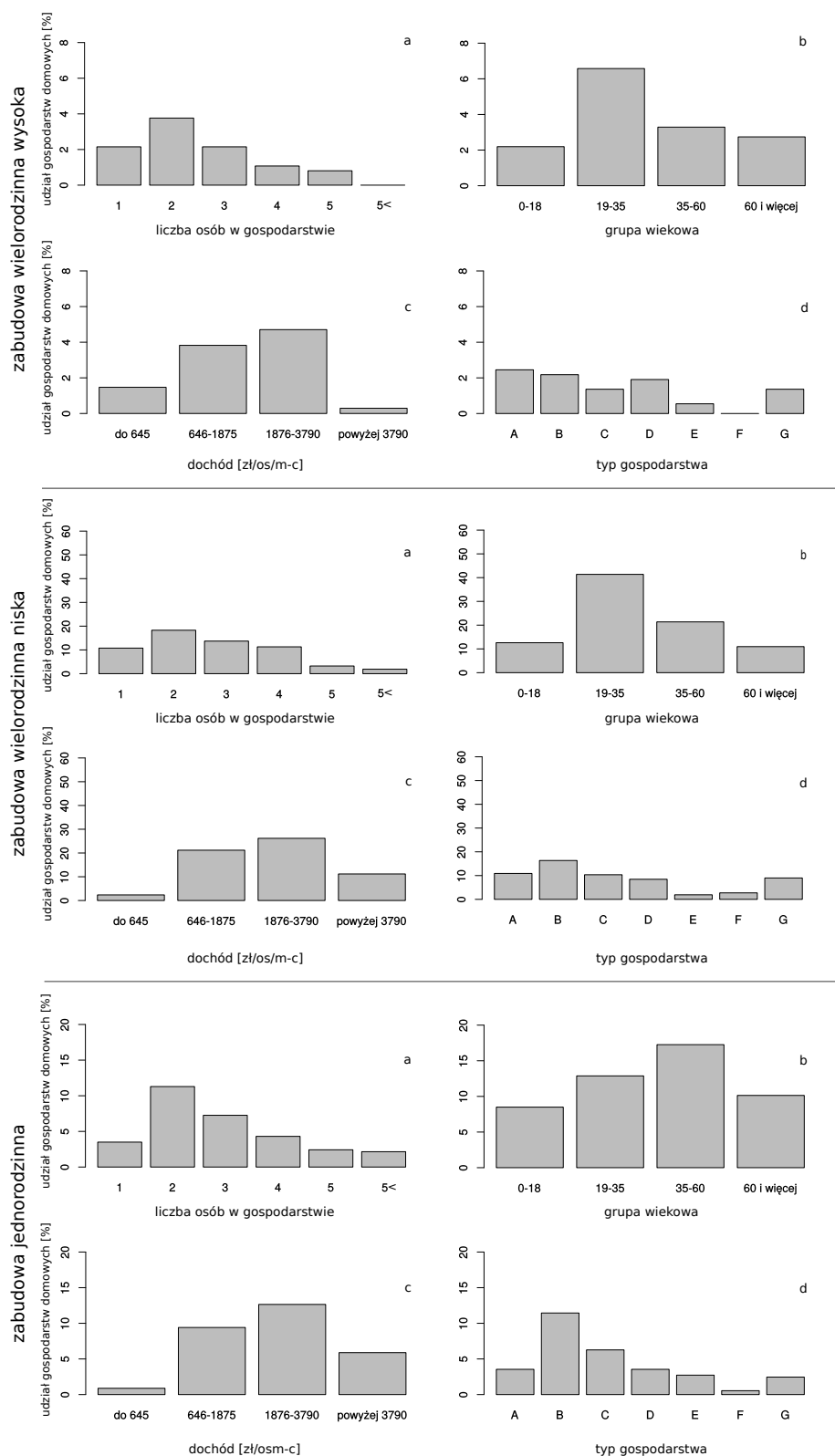
Zestawienie wszystkich powyższych charakterystyk dla każdego z 3 typów zabudowy pokazuje podstawowe różnice między ich mieszkańcami. W zabudowie wielorodzinnej wysokiej nie znajdujemy gospodarstw domowych liczniejszych, niż pięcioosobowe. Dominują w nich osoby samotne i bezdzietne pary. Są to przeważnie osoby młode, których nie stać na większy komfort mieszkania (Ryc. 6.17). Jednak gdy tylko mieszkańców danego gospodarstwa na to stać, decydują się raczej na zamieszkanie w zabudowie wielorodzinnej niskiej, bądź jednorodzinnej (Ryc. 6.17).

Można zauważyć, że zabudowa jednorodzinna sprzyja tworzeniu gospodarstw wielopokoleniowych, w których choć dominują osoby w wieku średnim, to nie brakuje jednak zarówno dzieci, jak i osób starszych.

Widać również, że w zabudowie wielorodzinnej niskiej możemy spotkać mieszkańców wszystkich wyodrębnionych typów gospodarstw domowych. Jest to jednak zabudowa, w której zaobserwowano największy udział często zmieniających się lokatorów, a zdecydowaną dominującą grupą wiekową pozostają osoby w wieku 19 – 35 lat. Zatem istnieje duże prawdopodobieństwo, że w tym typie zabudowy na ogólną ilość wytwarzanych odpadów mogą mieć istotny wpływ studenci. Jest to ważna informacja, biorąc pod uwagę fakt, że liczba studentów zamieszkująca poszczególne osiedla Poznania pozostaje trudna do oszacowania.

Interpretując przedstawione wyniki, uzyskane dla poszczególnych typów zabudowy, należy pamiętać, jaki jest rozkład analizowanych charakterystyk gospodarstw domowych w przypadku całej analizowanej próby. Niestety prowadząc tego typu badania nie jesteśmy w stanie zapewnić grupy respondentów w pełni reprezentatywnej dla całego miasta.

Niemniej, liczba uzyskanych ankiet pozwala nam wykluczyć przypadkowość otrzymanych wyników. Tym bardziej, że nie są one zaskakujące i wskazują raczej na wiarygodność profilu gospodarstw domowych, które zostały objęte badaniem. Tym bardziej mogą być one znaczące dla interpretacji informacji uzyskanych odnośnie ilości wytwarzanych w nich odpadów komunalnych.



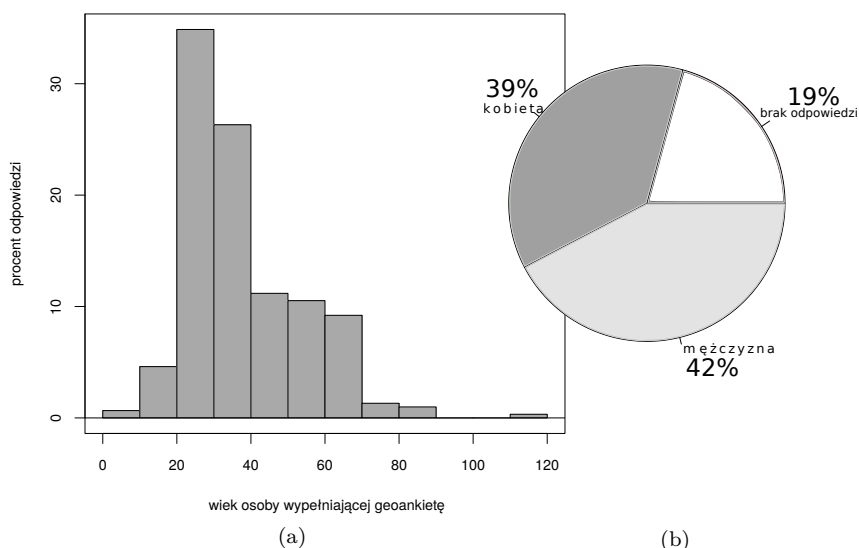
Ryc. 6.17: Zestawienie udziału procentowego ankietowanych gospodarstw domowych we wszystkich 3 typach zabudowy, ze względu na: a) liczbę osób w gospodarstwie domowym, b) występujące grupy wiekowe, c) deklarowany miesięczny dochód na osobę w gospodarstwie domowym, d) typy gospodarstw domowych, gdzie: A — jednoosobowe, B — para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci, C — para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi, D — rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci, E — rodziny wielopokoleniowe, z czego co najmniej jedna jedna z niepełnoletnimi dziećmi, F — wielu, często zmieniających się współlokatorów, G — rzadko zmieniający się współlokatorzy

Charakterystyka ankietowanych

Najmłodszy uczestnik geoankiety miał prawdopodobnie 15 lat, najstarszy 86. Prawdopodobnie, gdyż pojawiły się również odpowiedzi, które budzą duże wątpliwości (osoby w wieku 2, 4 i 117 lat). Wynikały one z popełnionego przez przypadki bądź celowo błędu (Ryc. 6.18a).

Ogólny rozkład wieku ankietowanych jest adekwatny do zastosowanej metody zbierania od mieszkańców informacji. Prowadzenie ankietyzacji jedynie za pośrednictwem internetu niesie ze sobą bowiem ryzyko zdominowania grupy respondentów przez osoby młode. Niemniej, pozytywnym zaskoczeniem pozostaje stosunkowo duży udział ankietowanych będących w wieku średnim i starszych.

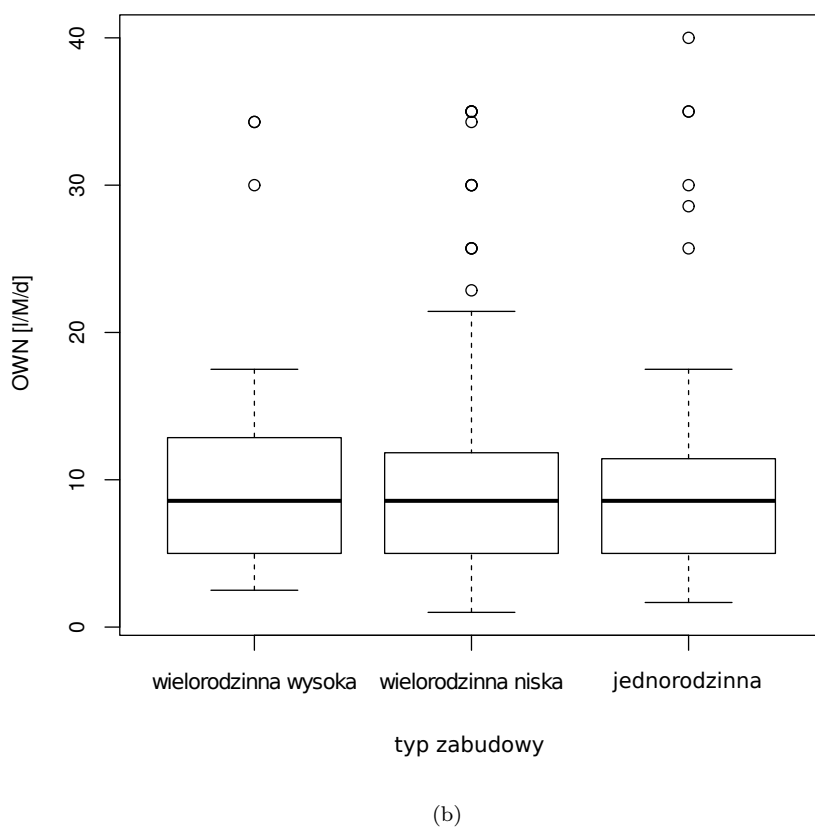
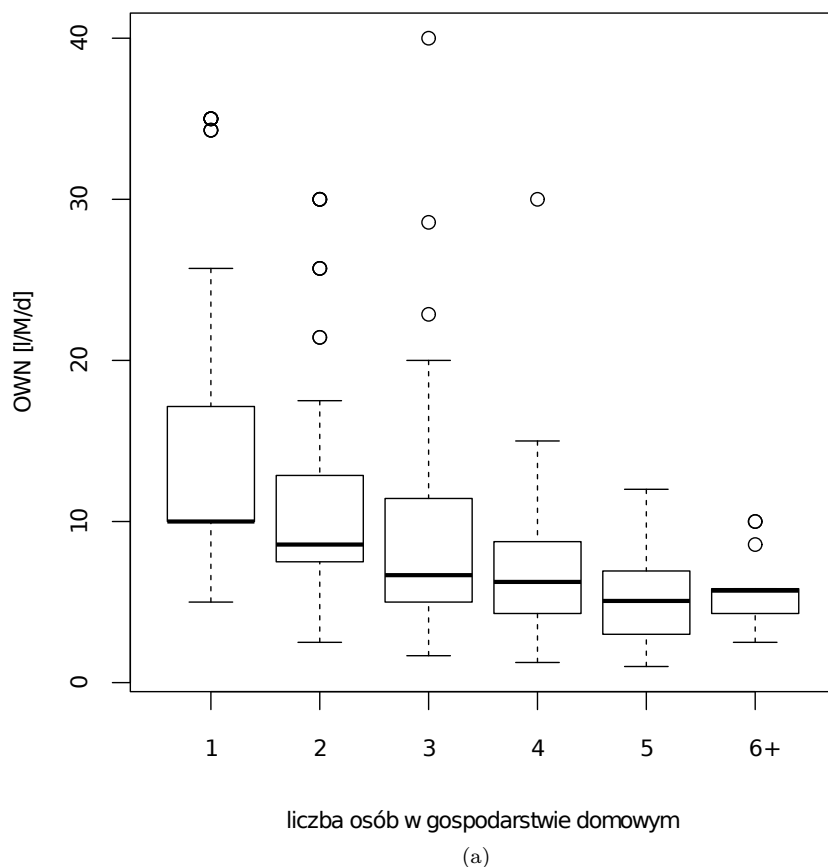
W badaniu wzięła udział podobna liczba kobiet i mężczyzn, choć należy podkreślić, że dużo z przebadanych osób nie udzieliło informacji odnośnie swojej płci (Ryc. 6.18b).



Ryc. 6.18: Charakterystyka osób wypełniających geoankietę: a) wiek, b) płeć.

Odpady komunalne powstające w przebadanych gospodarstwach domowych

Objęściowy wskaźnik nagromadzenia opadów wyliczony na podstawie odpowiedzi udzielonych przez uczestników geoankiety wahał się od 1 do nawet 102 l/M/d. Wydaje się jednak, że maksymalna wartość wynika z przypadkowego lub celowego błędu popełnionego przez respondenta. Na podstawie rozkładu *OWN* uzyskanemu za pośrednictwem ankietyzacji widać wyraźnie, że jest to wartość skrajnie odstająca (Ryc. 6.19a), dlatego postanowiono usunąć ją z dalszych analiz. W ten sposób górna granica *OWN* obniżyła się do 40 l/M/d. Zakres ten w dalszym ciągu wydaje się być zawyżony. Wartości objęściowego wskaźnika nagromadzenia odpadów, jakie można znaleźć w polskiej literaturze, nie przekraczają bowiem 10 l/M/d (Rosik-Dulewska, 2000; Jędrzak i Szpadt, 2006; Grygorczuk-Petersons i Tałała, 2007; Mamelka, 2008).



Ryc. 6.19: Zróżnicowanie objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów: a) w zależności od wielkości gospodarstwa domowego (wyniki uwzględniające wszystkie dane poza wartością skrajnie odstającą 102 l/M/d uzyskaną dla ankiety nr 103), b) w obrębie różnych typów zabudowy

Wyniki otrzymane w trakcie prac terenowych oraz bezpośrednio w gospodarstwach domowych wychodzą poza zakresy podawane w literaturze, jednak największa wartość otrzymana w wyniku badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych wyniosła prawie dwa razy mniej ($21 \text{ l}/M/d$). *OWN* obliczony na podstawie odpowiedzi udzielonych przez respondentów aż w 24 przypadkach znacząco przekroczyło tę wartość. Istnieje zatem spore ryzyko przeszacowania wartości *OWN* obliczanego na podstawie deklaracji mieszkańców, odnośnie częstotliwości wyrzucania przez nich śmieci.

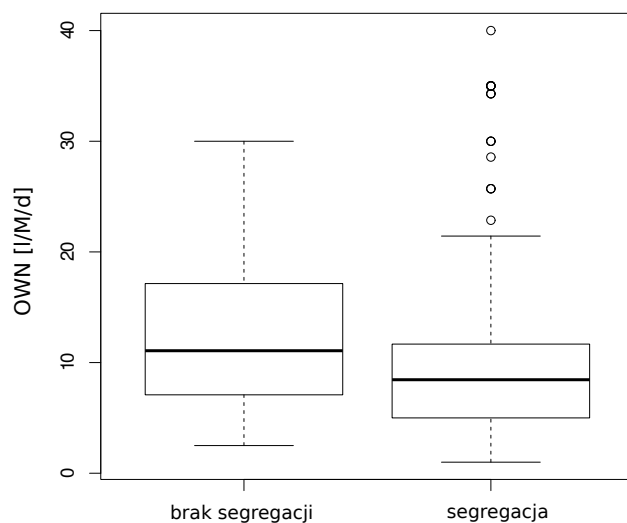
Jednak nawet dzięki tak pozyskanym danym potwierdzono, już po raz kolejny, że ilość odpadów generowana przez osobę w gospodarstwie domowym maleje znacząco wraz z rosnącą liczbą jego mieszkańców (Ryc. 6.19a).

Wyniki geoankietyzacji pokazują jednak zdecydowanie mniejszy wpływ typu zabudowy, niż w przypadku badań przeprowadzonych bezpośrednio w gospodarstwach domowych (Ryc. 6.19b). Najmniejszą średnią wartość *OWN* zanotowano w przypadku zabudowy jednorodzinnej ($9,51/M/d$). Jednak wskaźnik ten nie jest dużo wyższy w odniesieniu do zabudowy wielorodzinnej; wynosi on odpowiednio $9,91/M/d$ w zabudowie wielorodzinnej niskiej i $10,71/M/d$ w zabudowie wielorodzinnej wysokiej. Natomiast mediana *OWN* dla wszystkich trzech typów zabudowy jest dokładnie taka sama i wynosi 8,57. Należy jednak zauważyć, że wyniki te mogą być obciążone dużym błędem o czym mogą świadczyć wysokie wartości odchylenia standardowego, które wynoszą 6,74 w zabudowie jednorodzinnej oraz 6,84 w zabudowie wielorodzinnej niskiej i 7,85 w wysokiej.

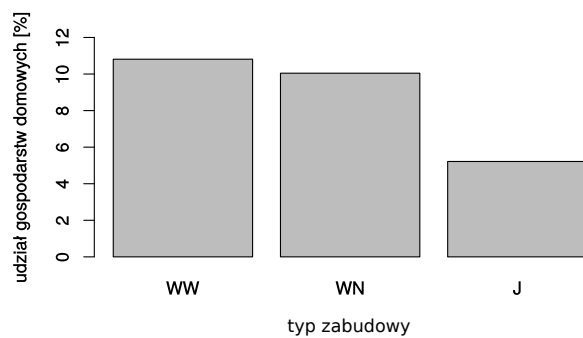
Również jednoczynnikowa analiza wariancji potwierdza, że w tym wypadku wpływ rodzaju zabudowy jest nieistotny — statystyka *F* wynosi 0,434.

Wpływ segregacji na uzyskane wyniki był niewielki, gdyż jedynie 8,6% respondentów zadeklarowało, że nie zbiera selektywnie odpadów w swoich domach. Tylko w jednym przypadku nie podano informacji odnośnie segregacji. Wyniki i w tym przypadku nie zaskakują — ilość zmieszanych odpadów w gospodarstwie domowym maleje w momencie, gdy śmieci są segregowane (Ryc. 6.19a). Najmniejszy odsetek gospodarstw domowych, w których odpady nie są zbierane selektywnie, obserwujemy w przypadku zabudowy jednorodzinnej.

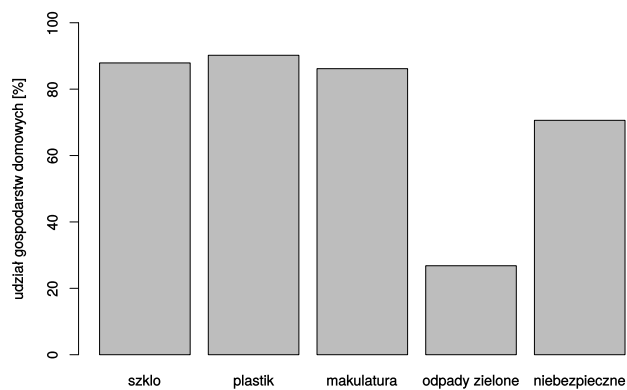
Jeżeli mieszkańcy gospodarstwa domowego decydują się zbierać odpady selektywnie, to przeważnie segregują wszystkie trzy główne frakcje, czyli szkło, makulaturę i plastik, rzadziej odpady niebezpieczne. W zabudowie wielorodzinnej rzadko istnieje możliwość wyrzucania odpadów zielonych do osobnego pojemnika, stąd frakcja ta jest zbierana osobno głównie w zabudowie jednorodzinnej (robi tak 50% respondentów zamieszkujących te obszary). Czasem jednak zdarzały się również takie deklaracje w przypadku mieszkańców zabudowy wielorodzinnej niskiej. Odnotowano 36 takich gospodarstw domowych (16% respondentów zamieszkujących te obszary). 4 mieszkańców osiedli z zabudową wysoką również zadeklarowało, że zbierają osobno frakcję odpadów zielonych. Stanowili oni 10% wszystkich ankietowanych zamieszkujących ten typ zabudowy.



(a)



(b)



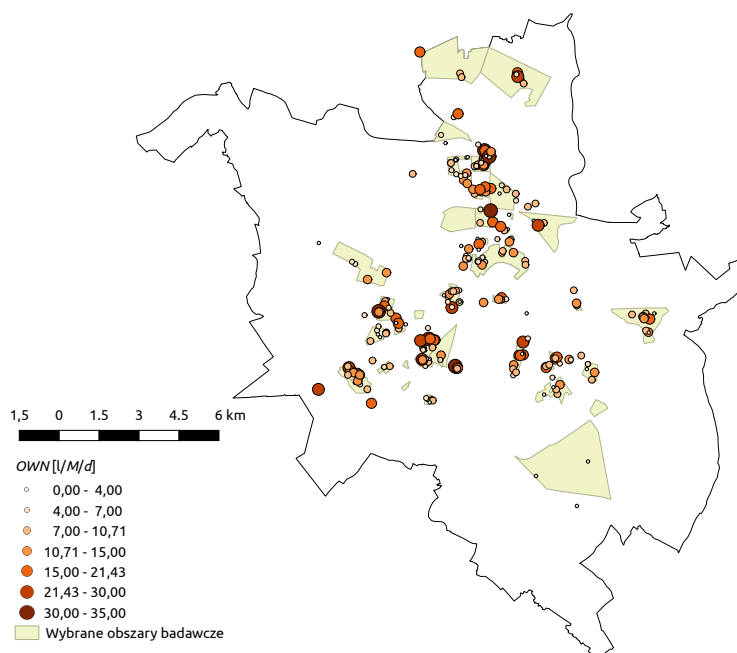
(c)

Ryc. 6.20: Segregacja odpadów w przebadanych gospodarstwach domowych: a) wpływ segregacji na ilość zmieszanych odpadów komunalnych, b) udział gospodarstw, w których nie jest prowadzona segregacja, w 3 typach zabudowy: WW — wielorodzinna wysoka, WN — wielorodzinna niska oraz J — jednorodzinna, c) liczba gospodarstw domowych, w których oddziela się poszczególne frakcje odpadów

Zróźnicowanie przestrzenne otrzymanych wartości *OWN*

Niestety nie dla wszystkich obszarów udało się uzyskać satysfakcjonującą liczbę odpowiedzi. Dlatego dla zobrazowania przestrzennego zróźnicowania ilości wytwarzanych odpadów zdecydowano się nie agregować danych do wyznaczonych obszarów badawczych. Wykorzystano natomiast surowe dane lokalizacji wskazanych przez ankietowanych pojemników (Ryc. 6.21).

Choć na opracowanej mapie (Ryc. 6.21) widać pewne zróźnicowanie przestrzenne wartości *OWN*, to jednak testy statystyczne nie wykazują wyraźnej autokorelacji przestrzennej. Statystyka Morana *OWN* wynosi 1,513 i jest to wynik o niskiej istotności statystycznej ($p = 0,06513$). Niemniej wyniki te mogą jedynie odzwierciedlać przypadkowy rozkład przestrzenny uczestników ankiety, a nie zmienność przestrzenną produkcji odpadów komunalnych w mieście.



Ryc. 6.21: Ilości odpadów trafiających do pojemników w różnych punktach zbiórki zaznaczonych przez respondentów geoankiety

6.3. Objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów — zmienność czasowa

Rozpoczynając badania zakładano, że szybkość zapełniania pojemników odpadami może zależeć w sposób istotny od pory dnia, dnia tygodnia oraz pory roku. Zatem w pierwszej kolejności należało przeanalizować wyniki pomiarów objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów pod kątem ich zmienności czasowej. Pozwoliło to w konsekwencji na uwzględnienie niesynchroniczności prowadzonych pomiarów w trakcie interpretacji wyników zróźnicowania przestrzennego.

6.3.1. Zmienność dobową

Najdokładniejszą informację odnośnie zmienności dobowej uzyskano dzięki badaniom przeprowadzonym bezpośrednio w gospodarstwach domowych. Jednak badania te wymagały zaangażowania mieszkańców, stąd były przeprowadzone jedynie w 30 gospodarstwach domowych. Zostały zatem uzupełnione o dodatkowe obserwacje prowadzone w zabudowie wielorodzinnej oraz ankietyzację mieszkańców zabudowy jednorodzinnej w obszarach testowych.

Wyniki badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych

We wszystkich 30 gospodarstwach domowych przez cały czas trwania badania, śmieci wyrzucano łącznie 292 razy, z czego w 209 przypadkach był to dzień roboczy². Prowadzone obserwacje wykazały, że generalnie odpady są wyrzucane między 6:00 a 23:00. Jeśli pora dnia nie miałaby wplywu na zachowania mieszkańców w tym zakresie, to liczba dokonanych obserwacji powinna rozłożyć się równomiernie między 6:00 a 23:00 w godzinnych przedziałach czasowych.

Zliczono zatem wszystkie obserwacje w godzinnych przedziałach pomiędzy godziną 6:00 a 23:00 i porównano ich rozkład z hipotetycznym równomiernym rozkładem dla tego odcinka czasu. Zastosowano w tym celu najpopularniejszy nieparametryczny test statystyczny dla porównania dwóch zmiennych niezależnych — test zgodności χ^2 . Wykazał on, że różnice pomiędzy poszczególnymi przedziałami są bardzo wysoce istotne statystycznie ($\chi^2 = 83,863$, $df = 16$, $p = 3,324 \cdot 10^{-11}$).

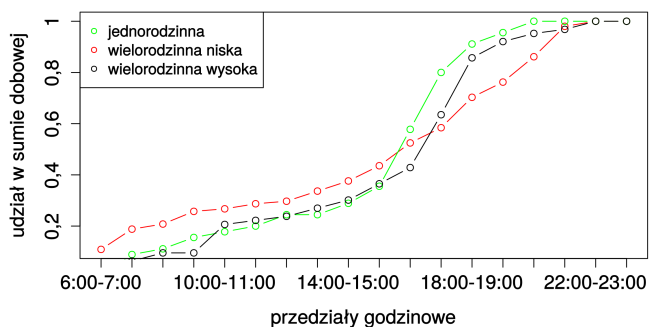
Pojawia się jednak pytanie, czy wpływ pory dnia jest tak samo istotny w dni robocze (kiedy często śmieci wyrzuca się np. przy okazji wyjścia do pracy), jak w trakcie weekendu? Wykonano zatem dwa kolejne testy zgodności χ^2 weryfikujące zmienność dobową wyrzucania śmieci — osobno dla dni od poniedziałku do piątku i osobno dla weekendu. Okazało się, że wpływ pory dnia na zachowania mieszkańców związane z wyrzucaniem śmieci jest bardzo istotny statystycznie jedynie w dni robocze ($\chi^2 = 91,062$, $df = 16$, $p = 1,594 \cdot 10^{-12}$). W dni wolne od pracy nie widać tak wyraźnych zależności w tym zakresie ($\chi^2 = 23,3$, $df = 16$, $p = 0,1059$).

Sprawdzono, czy różnice pomiędzy częstością wyrzucania śmieci w dni robocze w poszczególnych przedziałach godzinnych są istotne w różnych typach zabudowy. Do tego celu wykorzystano test Kruskala-Wallisa, przeznaczony dla porównywania większej liczby grup wyrażonych co najmniej w skali interwałowej. Porównano w ten sposób różnice między wartościami *OWN* w poszczególnych przedziałach godzinowych, otrzymanych dla każdego z trzech typów zabudowy. Test wykazał, że choć różnice te mogą być zauważalne, to są one niewielkie ($H = 29,183$, $df = 17$, $p = 0,03287$). Gdy wykonano serię porównań parami wyników otrzymanych dla każdego z trzech typów zabudowy przy zastosowaniu testu Wilcoxa okazało się, że jedynie w przypadku zabudowy jednorodzinnej i zabudowy wielorodzinnej niskiej różnice wartości *OWN* mogą być istotne statystycznie dla otrzymanych wyników ($V = 15$, $df = 5$, $p = 0,006959$). Pozostałe porównania nie wykazały takich różnic.

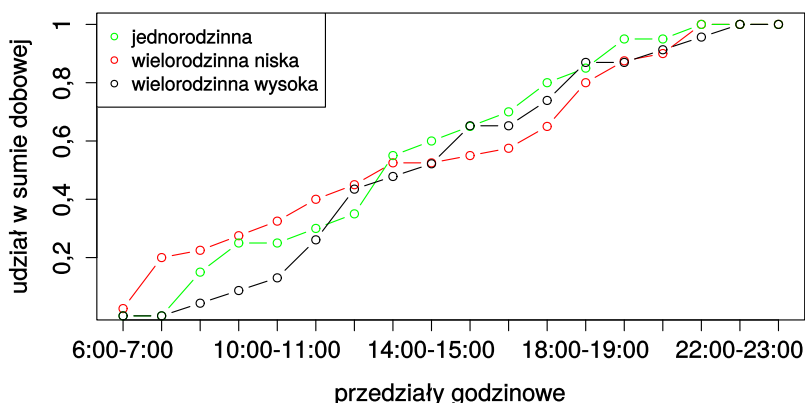
Zsumowane zliczenia częstości wyrzucania odpadów przez mieszkańców w kolejnych interwałach godzinowych pokazują, jaki procent odpadów trafia do po-

² Od poniedziałku do piątku

jemników w poszczególnych porach dnia. I tak w dni robocze 25% odpadów trafia do pojemników między 6:00 a 9:00, a 50% odpadów jest wyrzucanych do godziny 16:00. Po tej godzinie odpadów zaczyna raptownie przybywać. 75% wszystkich odpadów wyrzucanych w ciągu dnia trafia do pojemników do godziny 19:00, a kolejne 25% — najpóźniej do godziny 22:00 (Ryc. 6.22a).



(a)



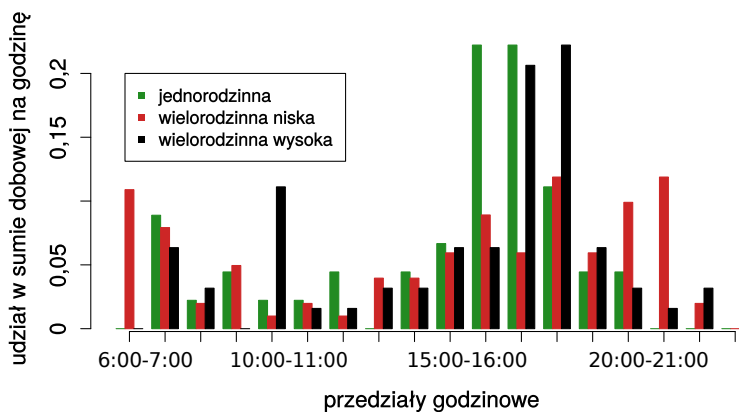
(b)

Ryc. 6.22: Krzywe kumulacyjne ilości odpadów wyrzucanych w Poznaniu przez mieszkańców różnych typów zabudowy między godziną 6:00 a 23:00: a) w dni robocze, b) w weekendy

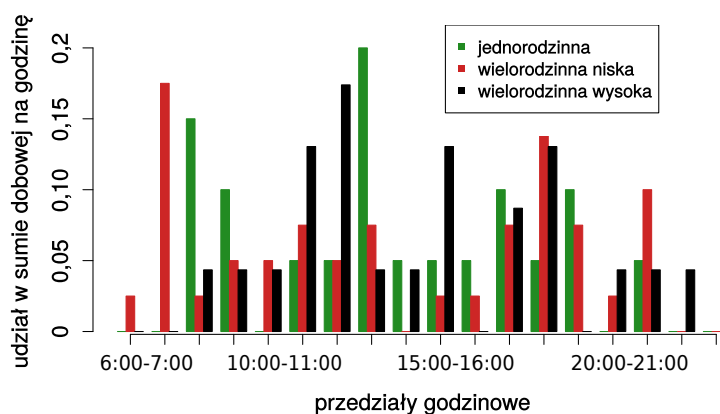
Sytuacja wygląda trochę inaczej w przypadku weekendów. Jedna czwarta odpadów w dalszym ciągu trafia do pojemników do godziny 9:00, ale 50% śmieci jest wyrzucanych dużo szybciej, bo do godziny 13:00. Również wcześniej, bo do godziny 18:00 w pojemnikach znajduje się już 75% dziennej produkcji odpadów. Pozostałe odpady ponownie są wyrzucane najpóźniej do 22:00 (Ryc.6.22b).

Przyglądając się krzywom kumulacyjnym, widzimy wyraźnie, że w tygodniu zdecydowanie najintensywniejszy przyrost ilości śmieci w pojemnikach pojawia się po godzinie 16:00, zwłaszcza w zabudowie jednorodzinnej (Ryc. 6.23a). Aż 50% sumy dobowej odpadów może pojawić się w pojemnikach pomiędzy godziną 16:00 a 19:00. W weekend zaś największy przyrost obserwujemy: w zabudowie wielorodzinnej niskiej między godziną 8:00 a 9:00, w zabudowie wielorodzinnej

wysokiej między 12:00 a 13:00, w zabudowie jednorodzinnej zaś między 13:00 i 14:00.



(a)

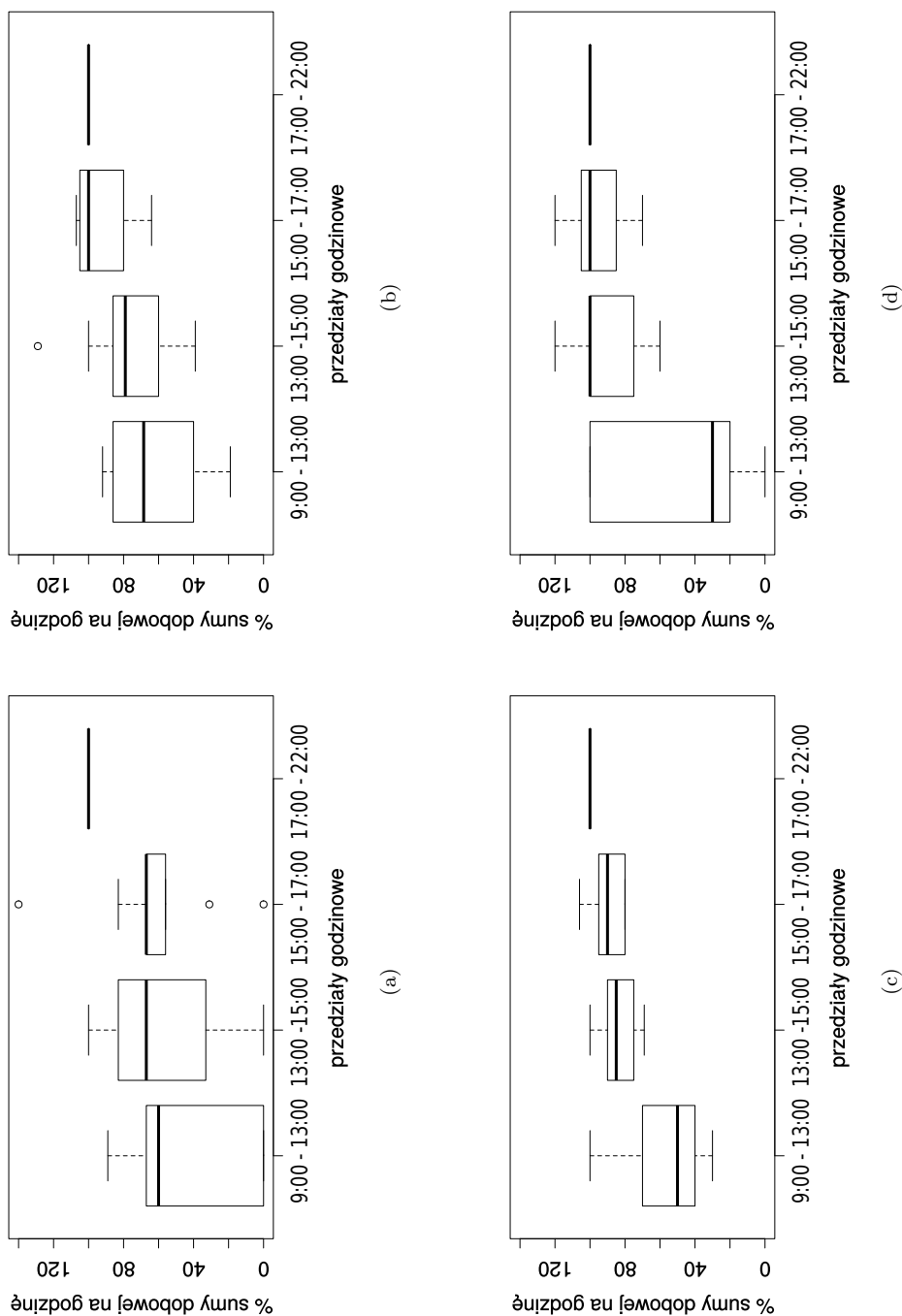


(b)

Ryc. 6.23: Procent sum dobowych ilości wyrzucanych odpadów w kolejnych przedziałach godzinowych z rozróżnieniem na typy zabudowy oraz na części tygodnia: a) dni robocze, b) w weekendy

Zabudowa wielorodzinna — badania terenowe

Badania zmienności dobowej ilości śmieci wyrzucanych w ciągu dnia przez mieszkańców przeprowadzono również w 9 wytypowanych punktach zbiórki, zlokalizowanych w 3 wybranych obszarach badawczych (por. rozdz 4.3.2). Pomiarzy były prowadzone w 4 różnych, losowo wybranych dniach. Stopień wypełnienia pojemników odpadami w poszczególnych przedziałach godzinowych bardzo różnił się pomiędzy poszczególnymi punktami. Niejednokrotnie zdarzało się też, że przeszło 50% odpadów, jakie w danym dniu trafiło do pojemników, mogło być wyrzuconych w godzinach południowych. Należy jednak ostrożnie interpretować te wyniki, pamiętając, że badanie nie uwzględniało stopnia ugniecenia odpadów (Ryc. 6.24).



Ryc. 6.24: Wyniki pomiarów zmienności dobowej wypełnienia pojemników odpadami w wybranych punktach zbiórki, w czterech różnych terminach: a) poniedziałek 27.10.2014, b) wtorek 28.10.2014, c) środa 26.11.2014, d) czwartek 4.12.2014

Wystarczy, by w pojemniku pojawiło się kilka niezgniecionych kartonów, by uzyskać pomiar sugerujący, że pojemnik był wypełniony w połowie jeszcze przed południem. Tymczasem nowe worki pojawiające się w kolejnych godzinach ugniatają odpady, które pojawiły się wcześniej w pojemniku. Ten przyrost ilości odpadów może czasem jedynie nieznacznie zwiększać ich szacowaną objętość, przy jednoczesnym znaczącym wzroście stopnia ich ugniecenia. Niestety, przy zastosowanej metodyce, zmierzenie stopienia ugniecenia odpadów jest niemożliwe. Stąd wzrost wartości *OWN* w kolejnych godzinach w stosunku do wartości *OWN* zmierzonej na koniec dnia jest największy z rana.

Mimo wszystko różnice w przyroście ilości odpadów w kolejnych przedziałach godzinowych są widoczne. Najmniejszy rozrzut wartości odnotowano w drugiej połowie dnia. Wyraźnie widać jakie znaczenie dla otrzymanych wyników ma wpływ ugniatania — gdy stopień ugniecenia jest już wystarczająco duży, rozrzut wartości *OWN* znacząco maleje.

Otrzymane wyniki monitoringu wypełnienia pojemników odpadami w trzech obszarach badawczych potwierdzają zatem te obserwacje, które przeprowadzono bezpośrednio w gospodarstwach domowych. Pokazują też, jak duże znaczenie może mieć uwzględnienie zmienności dobowej przy zastosowanej metodyce mierzenia wypełnienia pojemników odpadami ze względu na różny stopień ugniecenia odpadów w poszczególnych pojemnikach.

Zabudowa jednorodzinna — ankietyzacja mieszkańców

Na podstawie 142 ankiet przeprowadzonych w zabudowie jednorodzinnej sprawdzono za pomocą testu niezależności χ^2 , czy mieszkańcy badanych obszarów mają tendencje do wyrzucania śmieci o określonej porze dnia.

39 respondentów zadeklarowało, że pora wyrzucania śmieci nie ma dla nich żadnego znaczenia. Pozostali, zapytani o czas, w którym najrzadziej wyrzucają śmieci, wskazywali najczęściej popołudnie, po powrocie z pracy, czyli między godziną 16:00 a 19:00. Najwięcej śmieci wyrzucanych jest w ciągu dnia a w drugiej kolejności — z rana przed 9:00 (Ryc. 6.2). Test niezależności χ^2 wykazał, że pora wyrzucania odpadów może być istotna statystycznie dla tych mieszkańców zabudowy jednorodzinnej ($\chi^2 = 50,622$, $df = 9$, $p = 8,227 \cdot 10^{-08}$).

Tab. 6.2: Częstość wyrzucania śmieci w poszczególnych porach dnia w zabudowie jednorodzinnej wyrażona przez liczbę osób, które przydzieliły wartości od 1 do 4 poszczególnym porom dnia, gdzie 1 oznacza najczęstsze wyrzucanie odpadów, 4 — najrzadsze; wartość 0 jest przydzielona wówczas, gdy pora dnia nie miała znaczenia

Pora dnia	Częstość wyrzucania śmieci				
	0	1	2	3	4
rano	39	27	3	14	59
w ciągu dnia	39	20	8	6	69
popołudniu	39	35	26	4	38
wieczorem	39	22	14	18	49

Możemy zatem zauważyć różnicę w deklaracjach składanych przez osoby ankietowane w zabudowie jednorodzinnej w porównaniu z wynikami otrzymanymi zarówno w trakcie obserwacji prowadzonych w zabudowie wielorodzinnej, jak i bezpośrednio w gospodarstwach domowych. Niemniej jeżeli skoncentrujemy

się jedynie na porze dnia, której mieszkańcy przypisali wartość 1 (tj. w której najczęściej wyrzucają odpady), zauważymy podobieństwo ze wcześniejszymi badaniami. Otóż 27% ankietowanych wskazywało rano, jako najczęstszą porę wyrzucania śmieci. Natomiast 32% respondentów wyrzuca je w ciągu dnia. Oznacza to, że łącznie 59% badanych wyrzuca śmieci przed godziną 16:00. 77% ankietowanych deklaruje, że wyrzuca swoje śmieci do godziny 19:00. Zaś 23% wyrzuca odpady po 19:00, co pozostaje zbieżne ze wcześniejszymi obserwacjami.

Podsumowanie wyników badań zmienności dobowej OWN

Wykazane zależności dotyczące zmienności dobowej należałoby uwzględnić w dalszych badaniach, by uniknąć mylnej interpretacji wyników w trakcie zestawiania pomiarów wykonywanych w różnych porach dnia. Badania przeprowadzone bezpośrednio w gospodarstwach domowych oraz ankietyzacja wykonana w zabudowie jednorodzinnej, wykazały, że różnice pomiędzy liczbą worków ze śmieciami wyrzucanymi w poszczególnych porach dnia, zwłaszcza w ciągu tygodnia roboczego, mogą być istotne statystycznie. Obserwacje terenowe przeprowadzone w wybranych obszarach badawczych nie tylko potwierdziły tę zależność, ale wykazały również, że wartości obliczonego wskaźnika *OWN* są mocno związane ze składem morfologicznym odpadów i ich stopniem ugniecenia, który wrasta w ciągu dnia. Stąd uwzględnienie zmienności dobowej jest tym bardziej znaczące przy przyjętej metodyce badawczej. Z tej przyczyny wszystkie otrzymane wyniki poddano standaryzacji ze względu na godzinę wykonania pomiaru. Standaryzacji dokonano również w przypadku badań weekendowych, mimo iż wyniki uzyskane bezpośrednio w gospodarstwach domowych dla soboty i niedzieli nie są już tak jednoznaczne statystycznie.

6.3.2. Przeliczenia i standaryzacja danych ze względu na moment wykonywania pomiarów

Zarówno badania zmienności czasowej, jak i przestrzennej były wykonywane w różnych porach dnia. Interpretacja wyników wymagała zatem standaryzacji danych ze względu na godzinę dokonywania pomiaru.

Na podstawie wyników zmienności dobowej otrzymanych w trakcie badań przeprowadzonych bezpośrednio w gospodarstwach domowych, przyjęto następujące założenia:

- mieszkańcy zaczynają wyrzucać odpady po godzinie 6:00,
- do godziny 16:00 w pojemnikach znajduje się 50% odpadów wyrzucanych w ciągu dnia roboczego,
- w przypadku weekendu 50% odpadów jest wyrzucanych do godziny 13:00,
- między godziną 16:00 a 19:00 do pojemników trafia 75% wszystkich odpadów wyrzucanych w ciągu dnia roboczego,
- w przypadku weekendów 75% odpadów jest wyrzucanych do godziny 18:00,
- w dni robocze po godzinie 19:00 ilości odpadów w pojemnikach nie zmienia się już znacząco
- w weekendy po godzinie 18:00 wyrzucana jest już niewielka ilość odpadów.

W związku z powyższymi założeniami zdecydowano się na standaryzowanie wyników prac terenowych w trzech przedziałach czasu, w trakcie których wykonywano pomiary, uwzględniając jednocześnie, czy pomiar był wykonywany w ciągu

dnia roboczego czy podczas weekendu. Do standaryzacji wyników użyto następujących wartości przelicznika:

- 0,5 — pomiary wykonywane do godziny 16:00 w dni robocze oraz do godziny 13:00 w weekendy,
- 0,75 — pomiary wykonywane do godziny 19:00 w dni robocze oraz do godziny 18:00 w weekendy,
- 1 — pomiary wykonane po godzinie 19:00 w dni robocze i po godzinie 18:00 w weekendy.

W praktyce oznaczało to, że przelicznik wpływał na wartość współczynnika $L(d)$ używanego w obliczeniach (por. rozdział 4.3.1), czyli liczby dni, jaka minęła od momentu wywiezienia odpadów. Gdy pomiarów dokonywano późnym wieczorem, wartość przelicznika wynosiła 1, a zatem współczynnik $L(d)$ pozostawał bez zmian. Gdy zaś pomiary były wykonywane wcześniej, odpowiednio zmieniano wartość współczynnika $L(d)$.

Gdy pojemnik był opróżniony rano w dzień roboczy (np. ok. 8:00), pomiaru dokonywano zaś tego samego dnia kole godziny 13:00, OWN był wyliczany zgodnie z wzorem 6.1; gdy zaś pomiar wykonano o godzinie 18:00, wynik przeliczano zgodnie ze wzorem 6.2. Jeżeli zaś sytuacja ta dotyczyła weekendu, to wzór 6.1 stosowany był dla pomiarów wykonanych do godziny 13:00, natomiast wzoru 6.2 stosowano dla wyników badań wykonywanych między godziną 13:00 a 18:00.

$$OWN_i = \frac{V(o)_i}{0,5 \times L(m)_i} \quad (6.1)$$

$$OWN_i = \frac{V(o)_i}{0,75 \times L(m)_i} \quad (6.2)$$

W sytuacji, gdy pojemnik był opróżniany innego dnia, niż dzień wykonywania pomiarów, wartość współczynnika $L(d)$ była obliczana według wzoru 6.3. Dla przykładu, gdy pomiar odbywał się w piątek między godziną 16:00 a 19:00, a śmieci były odbierane w środę 2 dni wcześniej, wartość współczynnika $L(d)$ wynosiła 2,75.

$$L(d) = \text{liczba dni od wywozu} - 1 + \text{odpowiedni przelicznik} \quad (6.3)$$

Dodatkowo należało uwzględnić godzinę odbierania odpadów. Śmieciarki pracują od rana do godziny 16:00, czyli w godzinach, kiedy zmiany w ilości odpadów pojawiających się w pojemnikach nie są tak intensywne, odpady nie są jeszcze mocno ugniecione a zróżnicowanie otrzymywanych wartości OWN jest największe. Choć generalnie starano się ustalić dokładną godzinę odbioru odpadów z mieszkańcami, bądź administracją publiczną, nie zawsze było to możliwe. Niejednokrotnie też godziny odbioru odpadów w obrębie obszaru zmieniały się w trakcie badań. Zdecydowano się zatem przyjąć ogólne założenie, że śmieci są odbierane rano.

Jednak by otrzymane wyniki były jak najbardziej dokładne, konieczne było każdorazowe ustalenie, czy pomiar odbył się przed czy po wywozie śmieci. Jeżeli nie udało się pozyskać takiej informacji od administracji lub okolicznych mieszkańców, czas przyjazdu śmieciarek oceniany był na podstawie stopnia wy-

pełnienia pojemników — duża liczba pustych kontenerów sugerowała, że odbiór już się odbył.

Od momentu wywozu odpadów zależała natomiast przyjęta wartość współczynnika $L(d)$, tzn. gdy odbiór odpadów miał miejsce tego samego dnia przed wykonaniem pomiarów, współczynnik $L(d)$ przyjmował wartość 0,5, 0,75 bądź 1. Gdy zaś osoba wykonująca pomiar „zdążyła przed śmieciarką“, wówczas $L(d)$ przyjmowało wartość obliczaną zgodnie ze wzorem 6.3.

Wyjątek stanowiła sytuacja, gdy pomiar wykonywano między godziną 6:00 a 7:00, a odpady nie zostały jeszcze odebrane tego dnia. W takim przypadku pojemniki przeważnie były na tyle wypełnione, że ilość pojedynczych worków ze śmieciami wyrzucanych o tej porze była trudna do wychwycenia i nie wpływała istotnie na ilość znajdujących się w pojemnikach odpadów. Dlatego w przypadku pomiarów wykonywanych o tej porze, liczba dni na którą przeliczano objętość odpadów wynosiła $L(d) = 1$.

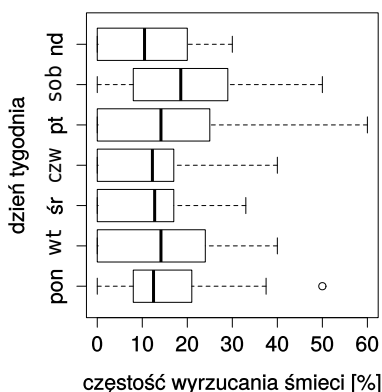
Zmiany w ilości odpadów trafiających do pojemników w zabudowie wielorodzinnej wysokiej i niskiej w ciągu dnia są znaczące. W konsekwencji nie można bezpośrednio zestawiać ze sobą wyników z pomiarów rannych i wieczornych w tym typie środowiska miejskiego. Inaczej sprawa jednak wygląda w zabudowie jednorodzinnej, w której różnica między pomiarem rannym a wieczornym wynosi maksymalnie +/- jeden worek, co nie powoduje istotnych zmian w odczytywanych wynikach. Ponad to, ankietyzacja przeprowadzona w zabudowie jednorodzinnej wykazała, że choć zauważalne są jednak pewne tendencje dotyczące pory wyrzucania śmieci, to jednak wiele zależy od indywidualnych zachowań. Zatem przy przyjętej metodyce (badanie tylko pojedynczych punktów zbiórki w zabudowie jednorodzinnej, a nie całych obszarów) konieczna byłaby znajomość zwyczajów panujących w każdym z gospodarstw, do których należały poszczególne pojemniki na odpady. Zadanie to byłoby bardzo czasochłonne, podczas gdy możliwy błąd w przypadku tych pomiarów jest stosunkowo niewielki. Zdecydowano się zatem, by opisanej powyżej metody standaryzacji ze względu na godzinę dokonywanych pomiarów, nie stosować w przypadku badań przeprowadzonych w zabudowie jednorodzinnej.

6.3.3. Zmienność tygodniowa

Wyniki badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych

W każdym z przebadanych gospodarstw domowych odnotowywana była data wyrzucania śmieci. Przypomnijmy, że łącznie we wszystkich gospodarstwach domowych śmieci były wyrzucane 292 razy. Porównując udział poszczególnych dni w całkowitej liczbie dni wyrzucania odpadów w każdym z 30 gospodarstw domowych nie obserwujemy wyraźnych różnic między tymi dniami (Ryc. 6.25).

Można było się spodziewać, że np. weekend będzie tym czasem, kiedy mieszkańcy częściej niż w pozostałe dni tygodnia wyrzucają śmieci. Tymczasem choć mediana wartości OWN otrzymana dla soboty jest nieco wyższa, niż dla pozostałych dni tygodnia, to jednak test Kruskala-Wallisa wykazuje, że różnice te nie są istotne statystycznie ($H = 9,7232$, $df = 6$, $p = 0,1368$).



Ryc. 6.25: Rozkład częstości wyrzucania śmieci w poszczególnych dniach tygodnia na podstawie badań w 30 gospodarstwach domowych

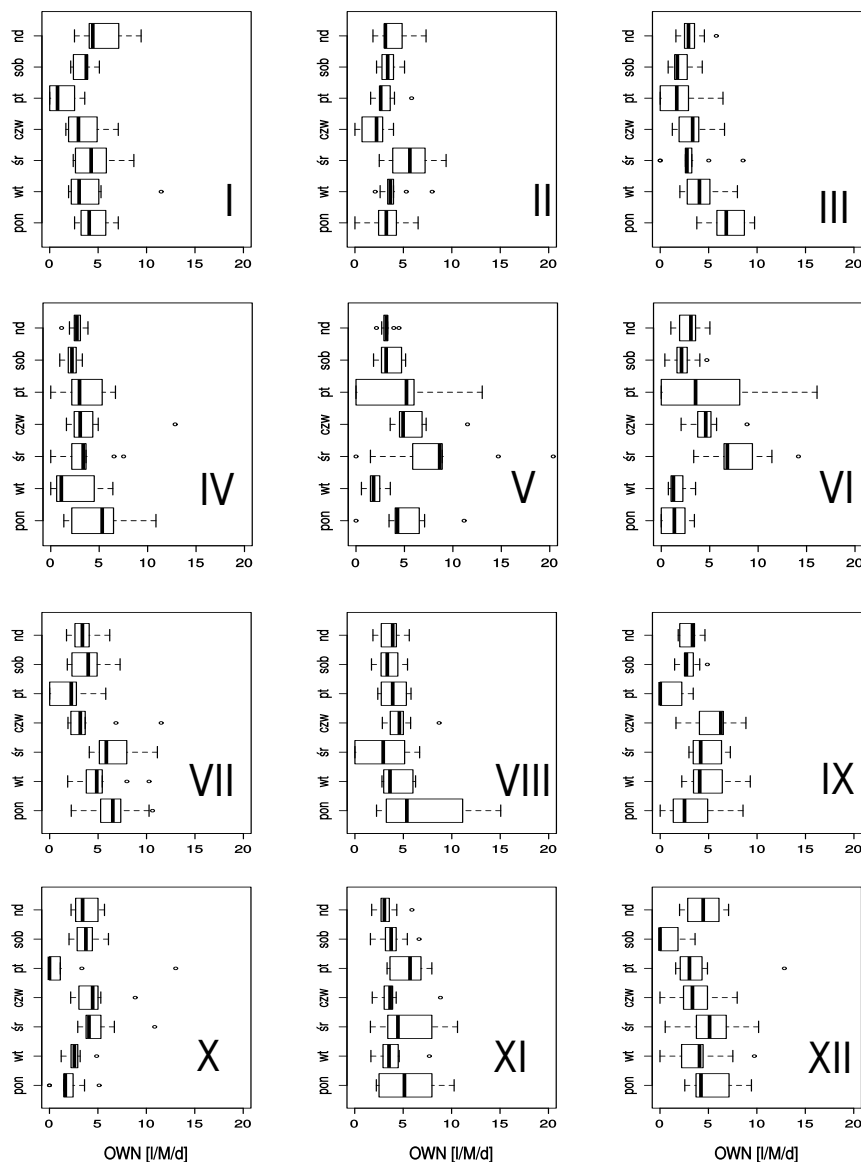
Zabudowa wielorodzinna

W zabudowie wielorodzinnej w każdym miesiącu przeprowadzono jedną tygodniową serię pomiarową. Ze względów logistycznych, początek pomiarów nie zawsze miał miejsce w ten sam dzień tygodnia, choć generalnie starano się rozpoczynać pomiary w poniedziałek. Wszystkie pomiary były robione w drugiej połowie każdego miesiąca. Zestawienie kolejnych dni miesiąca oraz odpowiadających im dni tygodnia przedstawiono w tabeli 6.3.

Tab. 6.3: Zestawienie dat, w których wykonywano pomiary wypełnienia pojemników w zabudowie wielorodzinnej

	dzień tygodnia	pon	wt	śr	czw	pt	sob	nd
dzień miesiąca	styczeń 2014	20	21	22	23	24	25	26
	luty 2014	24	25	26	20	21	22	23
	marzec 2014	24	25	26	20	21	22	23
	kwiecień 2014	14	15	16	17	11	12	13
	maj 2014	27	28	22	23	24	25	26
	czerwiec 2014	16	17	18	19	20	21	22
	lipiec 2014	14	15	16	17	11	12	13
	sierpień 2014	25	26	20	21	22	23	24
	wrzesień 2014	22	23	24	25	26	27	28
	październik 2014	20	21	22	23	24	25	19
	listopad 2014	17	18	19	20	21	22	23
	grudzień 2013	18	19	20	21	22	23	24

Przy użyciu testu Kruskala-Wallisa porównano wyniki otrzymane dla każdego dnia tygodnia w poszczególnych miesiącach. Test wykazał, że różnice między nimi są istotne statystycznie ($H = 58,479$, $df = 6$, $p < 9,161 \cdot 10^{-11}$). Zestawiono ze sobą zatem wartości *OWN* otrzymane ze wszystkich 9 monitorowanych punktów testowych dla poszczególnych dni tygodnia w kolejnych miesiącach (Ryc. 6.26). Okazało się, że niemal w każdym miesiącu zmienność tygodniowa wartości *OWN* prezentuje się inaczej. Sprawdzone też ponownie istotność statystyczną różnic pomiędzy poszczególnymi dniami tygodnia w kolejnych miesiącach (Tab. 6.4).



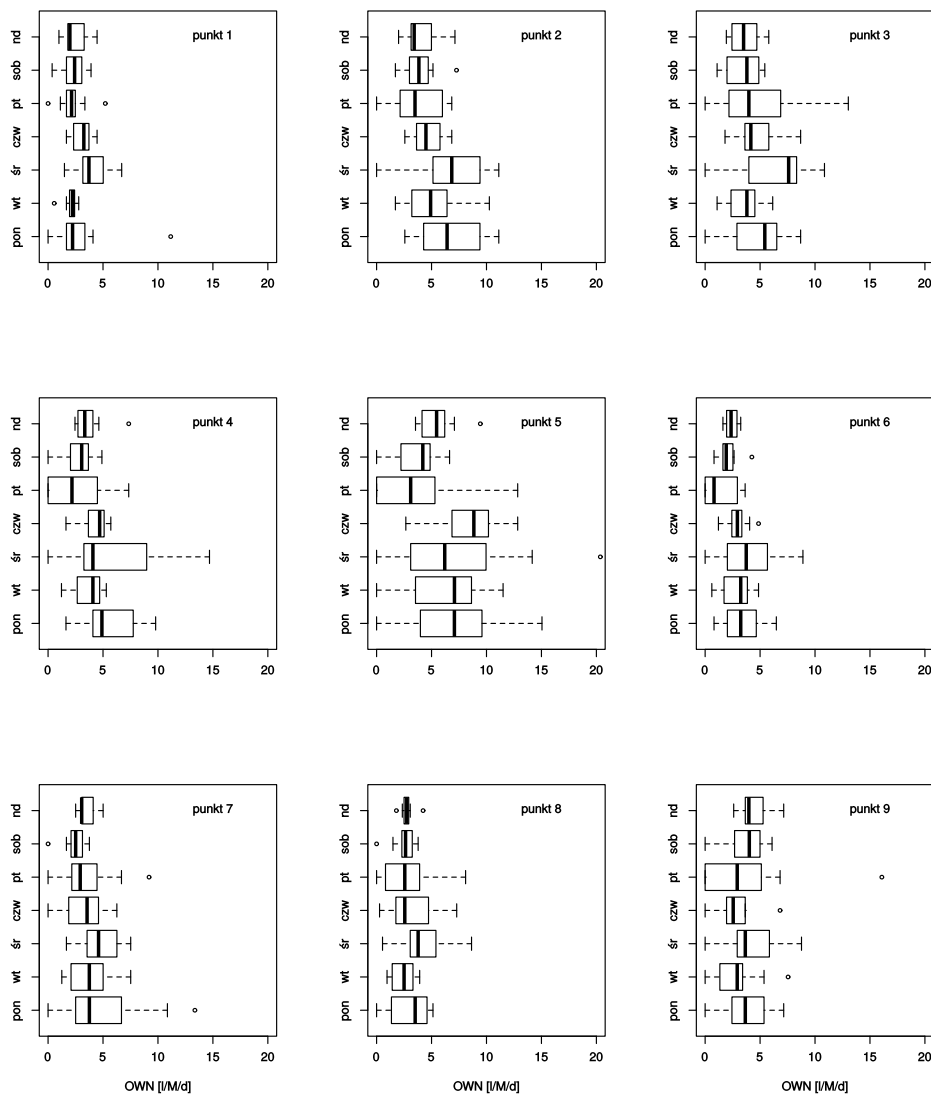
Ryc. 6.26: Zestawienie zmienności tygodniowej wartości *OWN* w poszczególnych miesiącach, uzyskanej dla wszystkich punktów pomiarowych w zabudowie wielorodzinnej

I tym razem okazało się, że istotność statystyczna wyników otrzymanych dla poszczególnych dni tygodnia różni się znacznie z zależności od miesiąca, w którym wykonany był pomiar. Największy poziom istotności uzyskano dla września i października. Zdecydowana większość wyników *OWN* różniła się między poszczególnymi dniami tygodnia na poziomie istotności $p < 0,01$ lub $p < 0,05$. Niemniej, zdarzały się miesiące, w których istotność różnic jest znacznie niższa od pozostałych, a różnice w wartościach otrzymane dla kwietnia, sierpnia i listopada wydają się w ogóle nieistotne statystycznie.

Wreszcie sprawdzono, na ile różnice między wartościami *OWN* uzyskanymi dla poszczególnych dni tygodnia są istotne statystycznie w zależności od punktu, w którym dokonywany był pomiar. Ponownie zaobserwowano znaczne różnice między wynikami otrzymanymi dla poszczególnych punktów (Ryc. 6.27).

Tab. 6.4: Wyniki statystyki testowej Kruskala-Wallisa — H_0 : różnice wartości wskaźnika OWN w kolejnych miesiącach, nie są istotne statystycznie

miesiąc	Statystyka testowa Kruskala-Wallisa	p
styczeń	19,877	0,002912
luty	14,778	0,02206
marzec	22,422	0,001015
kwiecień	8,3286	0,215
maj	19,583	0,003284
czerwiec	27,617	0,0001109
lipiec	22,221	0,001104
sierpień	7,6361	0,266
wrzesień	23,719	0,0005881
październik	23,592	0,0006205
listopad	7,7917	0,2538
grudzień	18,21	0,005728



Ryc. 6.27: Zestawienie zmienności tygodniowej wartości OWN uzyskanej w poszczególnych punktach pomiarowych trzech obszarów testowych

W punkcie 5 stwierdzono bardzo duży, w porównaniu z pozostałymi punktami, rozrzut wartości współczynnika *OWN*. Również w przypadku punktu 3 rozrzut otrzymanych wartości jest znacznie większy, zwłaszcza dla pomiarów z piątku. Biorąc pod uwagę wyniki testów statystycznych, najbardziej znaczące różnice między wynikami pomiarów wykonywanych w poszczególnych dniach tygodnia (na poziomie istotności $p < 0,01$) obserwujemy dla punktu 1, 2 i 5 (Tab. 6.5). Choć w tym pierwszym przypadku różnice w otrzymanych wynikach nie są tak wyraźne. Różnice wartości *OWN* otrzymane dla każdego z dni tygodnia są istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$ w przypadku punktów 4 i 6. Różnice zaobserwowane w pozostałych punktach były nieistotne statystycznie (Ryc. 6.27).

Tab. 6.5: Wyniki statystyki testowej Kruskala-Wallisa — H_0 : różnice wartości wskaźnika *OWN* w kolejnych punktach zbiórki, nie są istotne statystycznie

punkt	Statystyka testowa Kruskala-Wallisa	p
1	17,971	0,006305
2	17,655	0,007155
3	9,957	0,1265
4	16,328	0,0121
5	18,329	0,00546
6	14,854	0,02143
7	9,9599	0,1264
8	7,1795	0,3046
9	9,8839	0,1296

Podsumowując, wyniki z zabudowy wielorodzinnej nie pozwalają wskazać w sposób jednoznaczny dni tygodnia, w których mieszkańcy wyrzucają odpady najczęściej. Zauważalne są jednak podwyższone wartości pomiarów dokonanych w poniedziałek. Niemniej, wyniki dla pozostałych dni tygodnia różnią się znacząco w zależności od punktu pomiarowego czy miesiąca, w którym prowadzono badania.

Zabudowa jednorodzinna

W zabudowie jednorodzinnej udało się pozyskać 142 ankiet, które miały pomóc określić, czy na otrzymane wyniki może wpływać znacząco to, jakiego dnia tygodnia wykonywano pomiary. Mieszkańcy zabudowy jednorodzinnej zapytani o dzień wyrzucania śmieci w większości wskazywali, że trudno jest im określić jakąś regularność w tym zakresie (Tab. 6.6). Pozostałych 59 ankietowanych zdecydowało się pogrupować dni tygodnia od tego, w którym wyrzucają śmieci najczęściej (1), do dnia, kiedy wyrzucają śmieci najrzadziej (7). Celem sprawdzenia, czy dzień tygodnia rzeczywiście może mieć wpływ na dzień wyrzucania przez nich śmieci przeprowadzono test niezależności χ^2 .

Otrzymane wyniki okazały się istotne statystycznie ($\chi^2 = 86,868$, $df = 36$, $p = 4,316 \cdot 10^{-07}$) i wskazują, że w niektóre dni śmieci wyrzucane są częściej, niż w pozostałe. Aż 51 z 59 ankietowanych wskazuje, że niedziela jest najrzadziej wybieranym przez mieszkańców dniem na wyrzucanie śmieci. Jednocześnie poniedziałek wydaje się być dniem, w którym ankietowani najczęściej wyrzucają odpady — dzień ten wskazało 14 ankietowanych. W drugiej kolejności zaś sobota, która została wskazana przez 12 respondentów, jako najczęściej

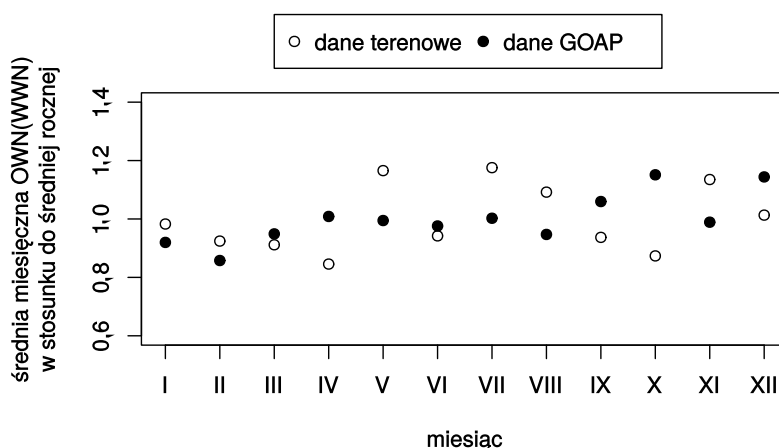
wybierany dzień na wyrzucanie śmieci. Należy jednak pamiętać, że wyniki te jednak są mocno związane z indywidualnymi zwyczajami panującymi w danym gospodarstwie domowym.

Tab. 6.6: Częstość wyrzucania śmieci w poszczególne dni tygodnia w zabudowie jednorodzinnej wyrażona przez liczbę osób, która przydzieliła wartości od 1 do 7 poszczególnym dniom tygodnia, gdzie 1 oznacza najczęstsze wyrzucanie odpadów, 7 — najrzadsze. Wartość 0 jest przydzielona wówczas, gdy dzień tygodnia, według respondentów, nie miał znaczenia

dzień tygodnia	0	1	2	3	4	5	6	7
pon	83	14	5	2	13	1	1	23
wt	83	3	5	5	10	3	1	32
śr	83	3	2	4	19	3	2	26
czw	84	3	0	2	15	5	2	31
pt	83	9	3	2	9	4	5	27
sob	83	12	4	2	14	0	4	23
nd	84	1	1	0	4	0	1	51

6.3.4. Zmienność sezonowa

Zmienność sezonowa mogła zostać uchwycona jedynie dzięki badaniom prowadzonym przez cały rok w zabudowie wielorodzinnej w 3 wybranych obszarach badawczych. Wartość średnią *OWN* dla każdego miesiąca obliczono na podstawie wszystkich wykonanych w nim pomiarów. Uzyskane wartości *OWN* zestawiono z danymi *GOAP* pokazującymi zmienność *WWN* odpadów zebranych w kolejnych miesiącach w roku 2014 (Ryc. 6.28).



Ryc. 6.28: Stosunek średniej miesięcznej do średniej rocznej: ○ — *OWN* z pomiarów terenowych dla jednego tygodnia w miesiącu, ● — *WWN* dla całego Poznania w 2014 roku (dane ZM *GOAP*)

Celem dokonania tego porównania sprowadzono obydwa zbiory danych do wspólnej skali. *OWN* przedstawiono jako stosunek średniej miesięcznej wartości zaobserwowanych w danym miesiącu do średniej rocznej pomiarów ze wszystkich punktów. *WWN* wyrażono zaś jako stosunek wartości masy odpadów ze-

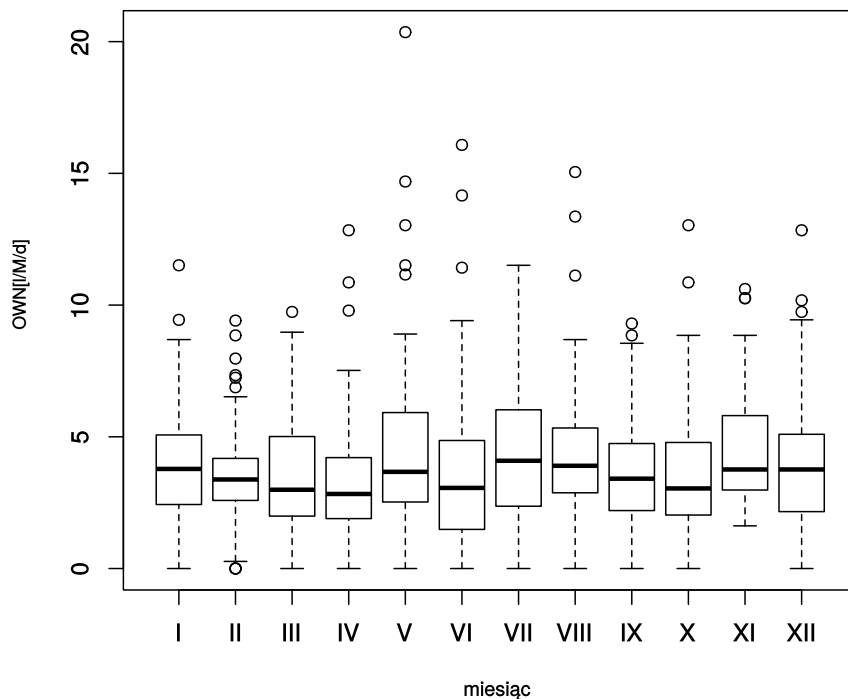
branej w każdym miesiącu do średniej z całego roku. Dzięki temu możliwe było nie tylko porównanie masy odpadów odebranych od Poznaniaków w roku 2014 z danymi pomiarowymi, ale również wskazanie miesięcy o zawyżonych lub zaniżonych wartościach w stosunku do średniej rocznej. Widać, że otrzymane wyniki różnią się znacznie w kolejnych miesiącach. Szczególnie duże różnice zaobserwowano w miesiącach wiosennych i letnich. Masa odpadów zebranych od mieszkańców w tych miesiącach jest zbliżona do średniej rocznej. Natomiast w przypadku mediany wskaźnika *OWN* zaobserwowano znacznie podwyższone wartości w lipcu i sierpniu, a w kwietniu - dużo niższe od średniej. Może być to związane zarówno ze specyfiką badanego obszaru (zabudowa wielorodzinna) jak i składem morfologicznym odpadów, który ze względu np. na odpady opakowaniowe może bardziej wpływać na wartości *OWN* niż *WWN*. Wpływ odpadów opakowaniowych może tłumaczyć przede wszystkim podwyższone wartości otrzymane w lipcu i sierpniu, kiedy wyrzucamy znacznie większą liczbę butelek plastikowych. Otrzymane wartości średniej *OWN* dla poszczególnych miesięcy wahały się między 3,33 a 4,63 l/M/d. Mediana badanego wskaźnika wahała się natomiast od 2,83 l/M/d do 4,09 l/M/d. (Tab. 6.7) Podobnie jak w przypadku analizy zmienności tygodniowej, tak i tym razem do sprawdzenia, czy różnice między poszczególnymi miesiącami są istotne statystycznie, użyto testu Kruskala-Wallisa. Okazało się, że różnice są istotne na poziomie $p < 0,05$ ($H = 22,7901$, $df = 11$, $p = 0,01892$).

Tab. 6.7: Średnia wartość *OWN* otrzymana w roku 2014 w kolejnych miesiącach na podstawie obserwacji z tygodnia pomiarowego — zestawienie podstawowych statystyk opisowych; niebieskim kolorem oznaczono najmniejszą, a czerwonym największą wartość średniej i mediany

Miesiąc	Średnia	Odchylenie standardowe	Mediana	Skośność	Kurtoza
styczeń	3,87	2,25	3,78	0,83	1,12
luty	3,64	1,99	3,38	0,73	0,69
marzec	3,59	2,35	2,99	0,68	-0,11
kwiecień	3,33	2,53	2,83	1,49	2,76
maj	4,59	3,71	3,67	1,75	4,23
czerwiec	3,71	3,34	3,06	1,56	2,67
lipiec	4,63	2,75	4,09	0,69	-0,08
sierpień	4,30	2,61	3,90	1,85	5,23
wrzesień	3,69	2,28	3,41	0,46	-0,34
październik	3,44	2,51	3,04	1,27	2,72
listopad	4,47	2,30	3,76	1,00	0,15
grudzień	3,99	2,77	3,76	0,78	0,54

Zabserowano jednak duży rozrzut wartości *OWN*. Świadczą o tym zarówno odchylenie standardowe, jak i kurtoza dla poszczególnych miesięcy. W monitorowanych punktach pomiarowych największy zakres wartości *OWN* odnotowano latem. Również w tym miesiącu uzyskano największą wartość średnią i mediany dla Objętościowego Wskaźnika Nagromadzenia Odpadów.

Wyniki te, tak samo jak rozbieżności w wartościach OWN i WWN mogą wynikać ze specyfiki przyjętej metodyki badawczej. Dane terenowe zostały bowiem zebrane jedynie w losowo wybranym tygodniu pomiarowym. Mogły w nim wystąpić specyficzne dni, w których odnotowano zdecydowanie zawyżone lub zaniżone wartości OWN w stosunku do całego miesiąca, co dobrze obrazuje ryc. 6.29.



Ryc. 6.29: Rozkład wartości jakie przyjmował wskaźnik OWN w roku 2014 w kolejnych miesiącach

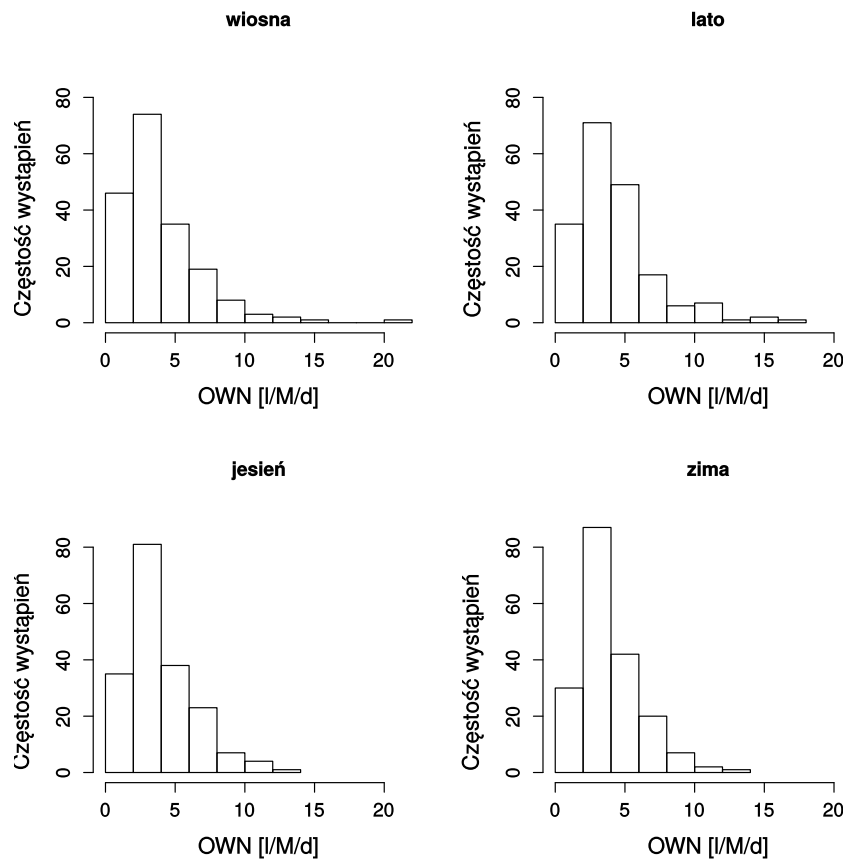
Również histogramy wartości otrzymanych w kolejnych porach roku charakteryzuje znaczna lewoskośność, co potwierdza udział dużej liczby obserwacji odstających od średniej, zwłaszcza wiosną i latem (Ryc. 6.30). Porównując te wykresy ze statystykami opisowymi dla poszczególnych miesięcy (Tab. 6.7) stwierdzono, że największy jest w tym zakresie wpływ kwietnia, maja i czerwca.

W większości przypadków tylko pojedyncze wartości OWN , były większe niż 10 l/M/d (Ryc. 6.29). Łącznie takie wartości odnotowano 26, razy z czego aż 42% dotyczyło miesięcy letnich (najczęściej lipca). Jednocześnie to właśnie rozkład wartości dla lipca jest najbardziej zbliżony do rozkładu normalnego (Tab. 6.7). Nie bez znaczenia pozostaje również dzień tygodnia, w którym wykonywano pomiar, gdyż 8 z podwyższonych wartości zaobserwowano w poniedziałki, podczas gdy ani razu nie zaobserwowano tak wysokich wartości w weekendy. Warto też podkreślić, że 10 z nich dotyczyło 5 punktu pomiarowego.

W miesiącach jesiennych i zimowych nie zaobserwowano wartości wyższych niż 13 l/M/d . W miesiącach letnich i wiosennych natomiast wartości OWN sięgają nawet $20,36 \text{ l/M/d}$. Wartości powyżej 13 l/M/d odnotowano jedynie

w maju, czerwcu i sierpniu.

Podsumowując, zaobserwowano wyraźny wpływ pory roku, w której wykonywano pomiary, na otrzymaną wartość *OWN*. Generalnie w miesiącach wiosennych i letnich częściej odnotowywano wysokie wartości. Większość prowadzonych obserwacji oscyloowało jednak między wartościami 2 a 5 l/M/d, a tylko pojedyncze przekraczały 10 l/M/d. Szerszą interpretację tych wyników przedstawiono w dyskusji (por. rozdział 7.1.3).



Ryc. 6.30: Rozkład wartości *OWN* otrzymanych w kolejnych porach roku (dane dla 2014 r.)

6.4. Objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów — zróżnicowanie przestrzenne

Badania zróżnicowania przestrzennego *OWN* mogły zostać przeprowadzone jedynie dzięki monitoringowi odpadów w wybranych punktach zbiórki. Zostały zrealizowane dzięki pomocy i zaangażowaniu studentów Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych oraz Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza — łącznie w projekcie wzięło udział 35 osób. Większość badań została przeprowadzona w sezonie w lipcu i sierpniu 2014 r.

Tab. 6.8: Wielkość badanej próby mieszkańców w każdym z 50 obszarów, z uwzględnieniem typu zabudowy: J — jednorodzinna, WN — wielorodzinna niska, WW — wielorodzinna wysoka

ID obszaru	liczba mieszkańców objętych badaniem	całkowita liczba mieszkańców	procent obszaru objęty badaniem	typ zabudowy
2	54	956	5,65	J
3	23	130	17,69	J
8	19	234	8,12	J
10	79	3120	2,53	J
11	59	762	7,74	J
12	44	2073	2,12	J
13	70	591	11,84	J
14	110	670	16,42	J
16	55	1167	4,71	J
17	60	2630	2,28	J
19	55	4193	1,31	J
20	39	859	4,54	J
21	94	240	39,17	J
22	80	1132	7,07	J
24	102	539	18,92	J
28	77	680	11,32	J
34	2789	2789	100	WW
35	9239	9239	100	WN
36	823	6335	12,99	WN
37	2352	2352	100	WN
38	5135	5135	100	WN
39	4010	4010	100	WN
40	3272	3272	100	WN
41	2231	2231	100	WN
42	1967	1967	100	WN
46	836	836	100	WN
48	4099	4099	100	WN
50	32	32	100	WN
52	1037	1037	100	WN
53	242	7998	3,03	WN
56	261	4607	5,67	WN
61	434	434	100	WN
62	4457	13192	33,79	WN
66	771	771	100	WN
67	4710	4710	100	WW
68	1416	1416	100	WN
69	42	42	100	WN
74	407	407	100	WN
75	657	657	100	WN
76	457	457	100	WN
83	2217	2217	100	WW
84	990	990	100	WW
85	1077	1077	100	WW
86	759	759	100	WW
87	2499	2499	100	WW
88	547	547	100	WW
91	952	952	100	WW
92	3605	3605	100	WW
94	1844	1844	100	WW
98	914	914	100	WW

Całość prac terenowych mających na celu uchwycenie zmienności przestrzennej trwały od kwietnia do września 2014 r. Studenci każdorazowo przechodzili szczegółowe szkolenie z zakresu obsługi czujników używanych do szacowania wypełnienia pojemników odpadami, metodyki badań oraz sposoby przeliczania wyników pomiarów w arkuszu kalkulacyjnym. W każdym z 50 obszarów studenci powtórzyli badania 3 razy. Łącznie wykonano 288 pojedynczych pomiarów w zabudowie jednorodzinnej (od 9 do 34 pomiarów w każdym z 16 obszarów) i 102 serii pomiarowych w punktach zbiórki w zabudowie wielorodzinnej. W tym drugim przypadku liczba punktów zbiórki wahała się od 1 do 26 punktów pomiarowych w zależności od badanego obszaru.

W zabudowie wielorodzinnej badano wszystkie punkty zbiórki znajdujące się na danym obszarze, za wyjątkiem niektórych kamienic, do których był utrudniony dostęp. W przypadku zabudowy jednorodzinnej pomiary były możliwe tylko w tych pojemnikach, do których udało się pozyskać zgodę mieszkańców. W konsekwencji tego w zabudowie jednorodzinnej procent mieszkańców objętych badaniem w wybranych obszarach był dużo mniejszy, niż w przypadku zabudowy wielorodzinnej (Tab. 6.8).

Prace terenowe odbywały się na obszarze całego Poznania w różnych porach dnia, zarówno w dni robocze, jak i weekendy. Zatem nim przystąpiono do analizy zmienności przestrzennej *OWN*, konieczne było przeprowadzenie standaryzacji wyników ze względu na porę dnia, w której wykonano pomiary. W tym celu zastosowano taką samą metodykę, jak w przypadku analizy zmienności czasowej (patrz rozdz. 6.3.2). Uzyskane tą drogą wyniki zdają się bardziej wiarygodne, na co może wskazywać analiza zestawień zarówno rozkładów wartości *OWN* (Ryc. 6.31) jak i ich statystyk opisowych (Tab. 6.9).

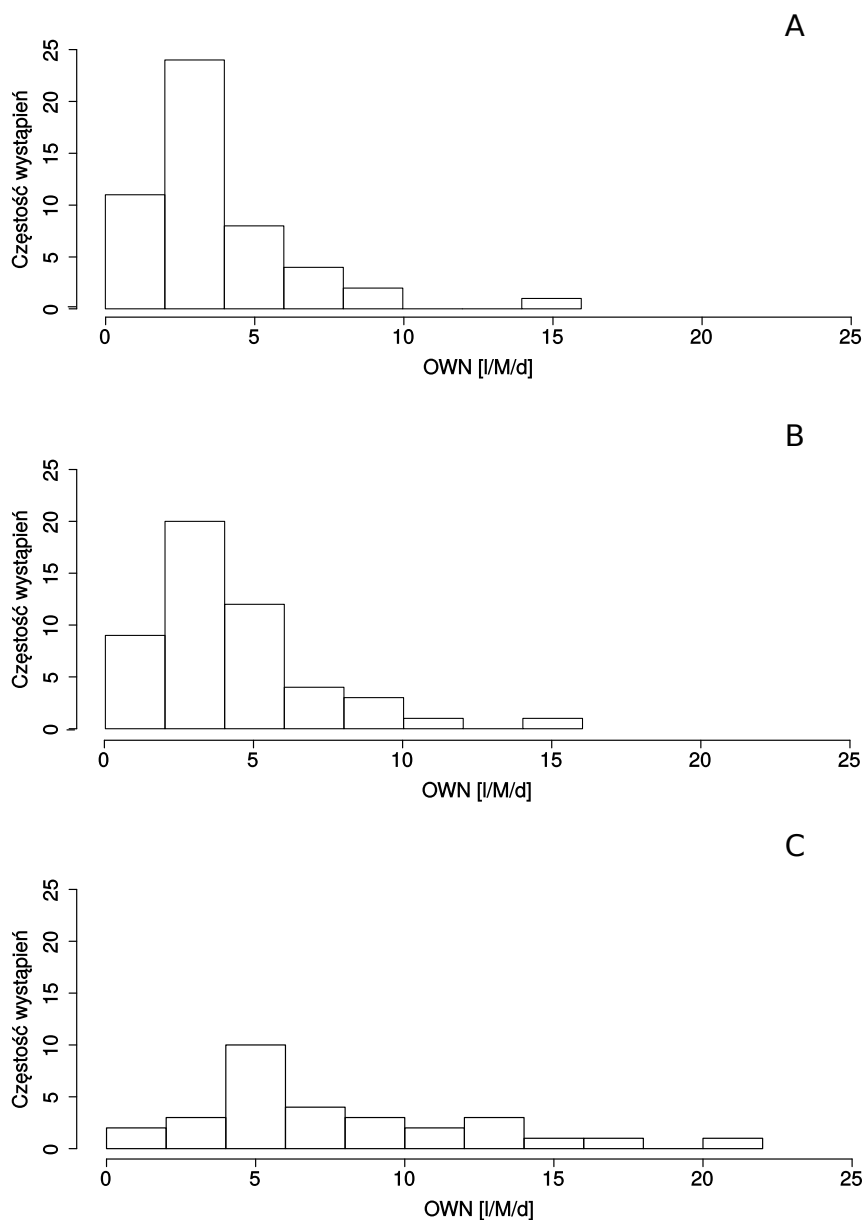
Tab. 6.9: Zestawienie statystyk opisowych wartości *OWN* otrzymanych w wyniku prac terenowych — porównanie źródłowych danych pomiarowych i poddanych standaryzacji ze względu na porę dnia prowadzenia prac terenowych, oraz wyników badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych

<i>OWN</i> [l/M/d] wyniki badań	50 obszarów bez standaryzacji	50 obszarów po standaryzacji	30 gospodarstwach domowych
min.	0,40	0,40	1,50
1 kwart.	2,10	2,19	4,25
mediana	2,86	3,06	6,10
średnia	3,60	4,01	7,76
3 kwart.	4,76	4,88	10,54
maks.	16,00	14,46	21,00
odch. stand.	2,70	2,79	4,78
kurtoza	10,40	5,81	3,43
skośność	2,30	1,55	1,04

Prównanie rozkładów wartości mediany *OWN* uzyskanych na podstawie danych surowych i dzięki standaryzacji wskazuje, że zestandaryzowane wartości *OWN* są bardziej zbliżone do wyników badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych, niż dane surowe, nie uwzględniające zmienności dobowej ilości wytwarzanych odpadów³. Dzięki standaryzacji znacząco zmniejszyła się

³ Zestawienie wartości mediany *OWN* otrzymanej dla każdego z 50 obszarów badawczych przed standaryzacją i po standaryzacji znajduje się na końcu pracy (Dodatek E na stronie 189)

też kurtoza i skośność otrzymanych wyników. Wzrosły też nieco wartości *OWN*, dzięki czemu otrzymane wyniki statystyk opisowych (zarówno wartość mediany i średniej, jak i pierwszego i trzeciego kwantyla) były bardziej zbliżone do wyników otrzymanych w gospodarstwach domowych. Należy jednak podkreślić, że w dalszym ciągu rozkład wartości *OWN* otrzymanych dla 50 obszarów badawczych po standaryzacji i dla 30 gospodarstw domowych różnią się między sobą istotnie (Ryc. 6.31) — rozkłady porównano za pomocą testu U Manna-Whitneya ($U = 341, p = 4,911 \cdot 10^{-5}$).

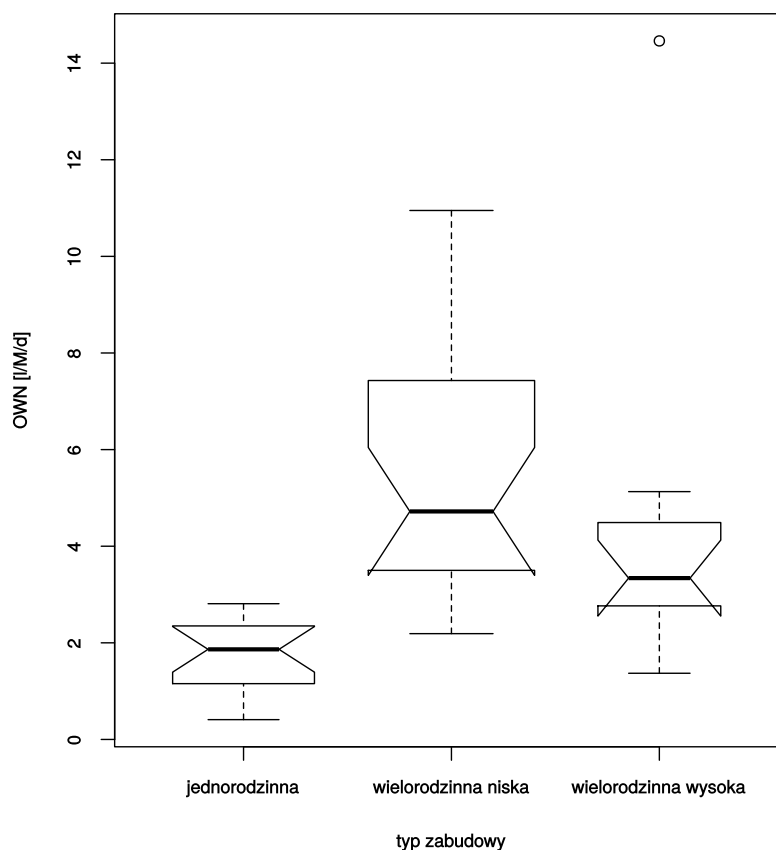


Ryc. 6.31: Histogramy wartości *OWN* otrzymanych dla 50 przebadanych obszarach: A) bez standaryzacji, B) po standaryzacji, ze względu na porę dnia, w której wykonano pomiary oraz porównanie z rozkładem *OWN* otrzymanym w wyniku badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych (C)

Wyniki otrzymane bezpośrednio w gospodarstwach domowych obarczone są najmniejszym ryzykiem popełnienia błędów pomiarowych, stąd traktuje się je w niniejszej pracy jako dane referencyjne. Choć należy pamiętać, że była to niewielka próba, a gospodarstwa domowe nie były dobierane do niej w sposób zapewniający pełną reprezentatywność.

6.4.1. Wpływ typu zabudowy na zróżnicowanie przestrzenne badanego wskaźnika

Po przeprowadzeniu standaryzacji (dzięki której wartości *OWN* otrzymane w poszczególnych obszarach są wyższe, niż wynikałoby to z danych surowych), wyniki zestawiono względem typów zabudowy, w których wykonywane były pomiary (Ryc. 6.32).



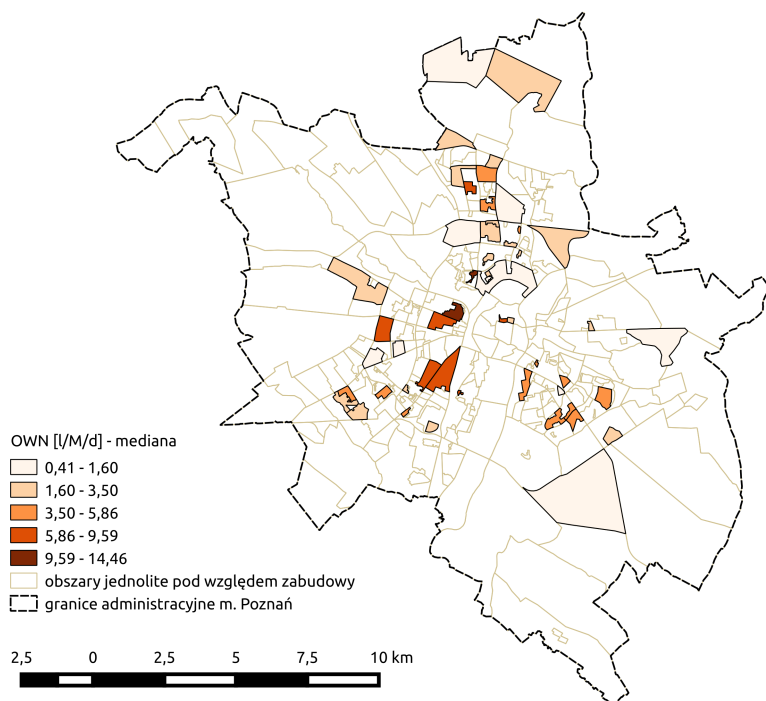
Ryc. 6.32: Charakterystyka rozkładów wartości *OWN* stwierdzonych na podstawie standaryzowanych (ze względu na porę dnia) pomiarów w 50 obszarach badawczych i zestawionych w trzech analizowanych typach zabudowy (przyjęto 95% przedział ufności dla mediany)

Najniższe wartości stwierdzono w tych obszarach, na których znajduje się zabudowa jednorodzinna. W przypadku zabudowy wielorodzinnej wyraźnie podwyższone wartości wskaźnika *OWN* występowały na terenach należących do dzielnic: Jeżyce, Grunwald i Łazarz. Przeważa na nich niska zabudowa, zwarta (głównie kamienice). Stosunkowo duże wartości odnotowano również

na Piątkowie i na Ratajach, gdzie dominuje z kolei zabudowa blokowa, często wysoka.

Największy rozrzut wartości *OWN* stwierdzono w zabudowie wielorodzinnej niskiej. W zabudowie jednorodzinnej i wielorodzinnej wysokiej zakres zmienności otrzymanych wartości był stosunkowo niewielki, pomijając pojedynczą wartość odstającą, która wystąpiła w trakcie pomiarów prowadzonych na jednym z blokowisk. Należy jednak zwrócić uwagę, że wśród obszarów na których odnotowano najwyższe wartości *OWN* znalazły się obszary Jeźyc (53, 56) oraz Łazarza (36, 62), w których nie udało się dotrzeć do wszystkich mieszkańców, a tylko do wybranych przedstawicieli (Tab. 6.8). Należy zatem zachować szczególną ostrożność przy interpretowaniu wyników z wyżej wymienionych obszarów.

Najniższe wartości zaobserwowano w zabudowie jednorodzinnej, najwyższe zaś, w zabudowie wielorodzinnej niskiej, co ma również swoje odzwierciedlenie w zróżnicowaniu przestrzennym otrzymanych wyników (Ryc. 6.33).



Ryc. 6.33: Zróżnicowanie przestrzenne mediany wartości objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów w 50 wybranych obszarach badawczych, po standaryzacji ze względu na porę wykonywania pomiarów

Celem sprawdzenia, czy otrzymane wyniki wykazują autokorelację przestrzenną zastosowano globalną statystykę Morana, przy założeniu braku rozkładu normalnego zmiennej *OWN*. Testowanie wykonano dla dwóch hipotez alternatywnych: 1) istnieje autokorelacja przestrzenna dodatnia, 2) istnieje autokorelacja przestrzenna ujemna. Tylko w pierwszym przypadku uzyskano wynik statystycznie istotny ($I = 0,1911$, $p = 0,0036$). Zatem otrzymane w terenie wartości *OWN* wykazują dodatnią autokorelację przestrzenną, co oznacza, że

mają one tendencję do tworzenia klastrów (skupień), o wyższych i niższych wartościach.

6.4.2. Modelowanie przestrzenne objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów

Skoro wartości OWN nie są rozłożone losowo, nasuwa się pytanie, czy można wykonać dla Poznania modelowanie zróżnicowania przestrzennego ilości odpadów komunalnych wyrzucanych przez mieszkańców?

W tym celu konieczne jest przede wszystkim wskazanie zmiennych, jakie powinny być uwzględnione w modelu. W pierwszej fazie prac stworzono zatem modele regresji wielorakiej przy kilku konfiguracjach zmiennych niezależnych, branych pod uwagę w analizie, a w tym: typ zabudowy mieszkaniowej, strukturę wiekową mieszkańców⁴, dostępność punktów zbiórki oraz udział procentowy powierzchni obiektów spełniających funkcję usługowo-handlową (uwzględniający i nie uwzględniający udział dużych hipermarketów). Ten etap miał wykazać, czy w przypadku nie uwzględnienia niestajonarności przestrzennej badanego zjawiska, zaistnieją relacje między wyżej wymienionymi zmiennymi niezależnymi a zmienną zależną. Miał też wykazać zasadność stosowania modeli uwzględniających zależność przestrzenną w badaniach objętości odpadów komunalnych.

Najlepsze dopasowanie ($R = 0,2397$) przy największym stopniu istotności ($p = 0,0013$) otrzymano przy uwzględnieniu w modelu typu zabudowy oraz dostępności punktów zbiórki w badanym obszarze (Tab. 6.10).

Tab. 6.10: Podstawowe statystyki modelu regresji wielorakiej, gdzie typ zabudowy był określony jako zmienna skategoryzowana, natomiast dostępność punktu zbiórki wyrażała zmienna binarna; WW — obszar z dominującą zabudową wielorodzinną wysoką, J — obszar z dominującą zabudową jednorodziną, $ZAMK$ — obszar, na którym punkty zbiórki są zamykane na klucz; największa część przebadanych obszarów znajdowała się na terenie zabudowy niskiej, z ogólnodostępnymi punktami zbiórki, dlatego równanie regresji w ich przypadku wyrażone jest jedynie przez wyraz wolny

$R^2 = 0,286$ Skorygowane $R^2 = 0,2397$ stopnie swobody: 46 błąd standardowy estymacji: 2,354				
	Współczynnik β	Błąd Stand.	Statystyka t	Prawdopodobieństwo
wyraz wolny	4,164	0,840	4,960	1,00E-07 ***
WW	-1,683	0,876	-1,921	0,061 .
J	-3,565	0,835	-4,270	9,68E-05 ***
ZAMK	1,169	0,987	1,185	0,242

. parametry istotne statystycznie na poziomie $\alpha = 0,1$

*** parametry istotne statystycznie na poziomie $\alpha = 0,001$

Funkcję opisującą zależności między zmiennymi niezależnymi a OWN w oszacowanym modelu można zapisać w formie równania 6.4.

⁴ udział procentowych osób w 4 wyróżnionych grupach wiekowych: osoby do 19 roku życia, w przedziałach wiekowych 20 – 34 lat i 35 – 39 lat oraz powyżej 60 roku życia

$$OWN = 4,164 - 1,683 \times WW - 3,565 \times J + 1,169 \times ZAMK \quad (6.4)$$

Z przedstawionego w tabeli 6.10 modelu wynika, że największy wpływ na prognozowaną wartość OWN ma dominujący na danym terenie typ zabudowy. Na obszarach z dominującą zabudową wielorodzinną niską z ogólnie dostępnymi punktami zbiórki szacowana wartość OWN wynosi 4,164 l/M/d. W pozostałych typach zabudowy wartość tego współczynnika maleje, ale dopiero w zabudowie jednorodzinnej (J) różnice te są istotne statystycznie ($p < 0,001$). Jak już zostało wcześniej wykazane, wartości pomiarów przeprowadzonych w tym typie zabudowy są dużo niższe, niż w przypadku pozostałych obszarów. Należy jednak pamiętać, że dane te mogą być (ze względu na utrudniony dostęp do pojemników i różne terminy zbiórki odpadów z różnych punktów) obciążone większym błędem, niż dane z zabudowy wielorodzinnej. Nie zostały też poddane standaryzacji ze względu na porę dnia (por. rozdział 6.3.2).

Wpływ zabudowy wielorodzinnej wysokiej (WW) jest natomiast zauważalny (choć nie jest on istotny statystycznie przyjmując jako graniczny poziom $p = 0,05$) dopiero wówczas, gdy w modelu pojawia się informacja o dostępności punktów zbiórki ($ZAMK$). Sugeruje to, że charakter punktu zbiórki (otwarty / zamknięty), może mieć znaczenie dla prawidłowego modelowania ilości odpadów wytwarzanych w Poznaniu. Niestety, takie dane nie są ogólnie dostępne i wymagają inwentaryzacji w terenie każdego z punktów zbiórki. Z tej przyczyny realizując opisywany projekt, zebrano takie informacje jedynie dla badanych obszarów testowych.

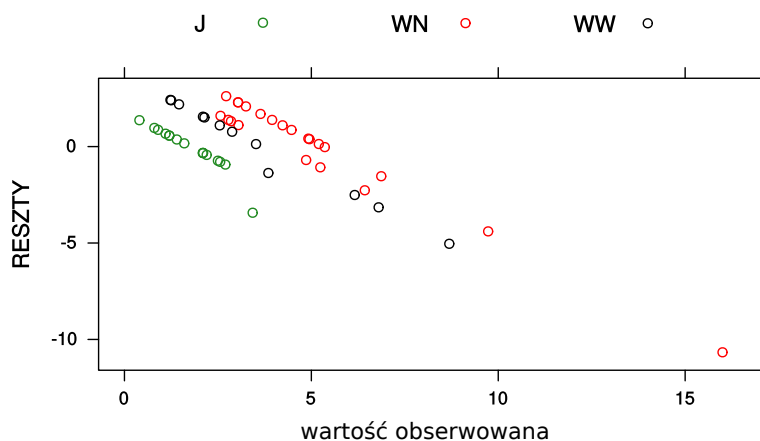
Co ciekawe, mediana wartości OWN dla zamkniętych punktów zbiórki jest większa, niż dla otwartych. Na ten wynik wpływały przede wszystkim pomiary wykonane w zabudowie wielorodzinnej niskiej. W obszarach, gdzie dominuje zabudowa wielorodzinną wysoką WW , tylko w jednym przypadku punkt zbiórki był otwarty. Takie wyniki mogą świadczyć o tym, że podrzucanie śmieci do ogólnodostępnych pojemników nie występuje tak często, jak wynikało to z rozmów przeprowadzanych w trakcie prac terenowych z mieszkańcami. Zauważalny jest natomiast wpływ działalności osób ubogich i bezdomnych, które odzyskują wiele materiałów z kontenerów przeznaczonych na odpady zmieszane.

Z kolei udział obiektów usługowo-handlowych oraz struktury wiekowej mieszkańców zdaje się być mało istotny. Jedynie w przypadku nielicznych obszarów zabserwowano korelację dodatnią pomiędzy wartością OWN a procentowym udziałem obiektów usługowych na terenie danego obszaru.

Taka sytuacja miała jednak miejsce jedynie w zabudowie wielorodzinnej wysokiej, dokładnie na 5 obszarach w tym 3 zlokalizowanych na Wingoradach. Jednak 4 z nich posiadają zamykane punkty zbiórki. Zatem nie były dostępne ani dla pracowników, ani dla klientów punktów usługowych, które się tam znajdowały. Można jedynie przypuszczać, że wraz ze zwiększającą się powierzchnią punktów usługowych zwiększać powinna się również liczba mieszkańców z nich korzystających. W konsekwencji powinna również wzrastać produkcja odpadów. Toteż większe wartości OWN odnotowane na tych konkretnych obszarach wynikają najpewniej z niepełnych danych meldunkowych. Jest to tym bardziej

prawdopodobne, gdyż osiedla z zawyżonymi wartościami pomiarowymi są często zamieszkiwane przez studentów.

Należy również zwrócić uwagę, że dopasowanie modelu do danych jest słabe i najprawdopodobniej, by możliwe było uzyskanie lepszych wyników, powinien on uwzględniać także inne zmienne. Potwierdza to analiza reszt z modelu (Ryc. 6.34), których wartości wahają się od -10,67 do 2,61 $l/M/d$. Natomiast średnia różnica między wartością estymowaną a rzeczywistą wynosi -0,035 $l/M/d$, co wskazuje na niedoszacowanie modelu. Reszty mają też rozkład systematyczny, a nie losowy — im większa była wartość *OWN* zaobserwowana w terenie, tym większe niedoszacowanie modelu. Świadczy to o istnieniu innych czynników, które wpływają na objętość wyrzucanych przez mieszkańców odpadów, a które nie zostały uwzględnione w modelu. Lepsze wyniki można by również uzyskać uwzględniając zależności przestrzenne. Tym bardziej, że reszty wykazują autokorelację przestrzenną dodatnią (statystyka Morana $I = 2,3639$ $p = 0,009$).



Ryc. 6.34: Wykres reszt opracowanego modelu regresji wielorakiej względem obserwowanych wartości zmiennej objaśnianej

Celem określenia rodzaju zależności przestrzennych, jakie mogą tłumaczyć to zjawisko przeprowadzono testy mnożnika Lagrange'a. Wkazały one na zasadność zastosowania modelu błędu przestrzennego (SEM) oraz modelu autokorelacji przestrzennej (SAR)⁵. Wyniki testu okazały się jednak istotne statystycznie jedynie w przypadku zastosowania jednej zmiennej niezależnej — typu zabudowy ($p < 0,05$). Podjęto zatem próbę modelowania wartości *OWN* przy zastosowaniu obu modeli i z wykorzystaniem owej zmiennej. Otrzymane wyniki okazały się jednak niejednoznaczne.

⁵ Każdy z tych modeli powstał w oparciu o przestrzenny model Durбина (LeSage i Pace, 2009), różnią je jednak przyjęte założenia modelowania. Stosując model autokorelacji przestrzennej należy założyć brak wpływu na wyniki modelowania wartości zmiennych objaśniających uzyskanych w sąsiednich lokalizacjach oraz stacjonarność przestrzenną czynnika losowego. Uwzględnione zostają wówczas jedynie: wpływ wartości zmiennych niezależnych z danej lokalizacji oraz zmiennej zależnej uzyskanych w sąsiednich lokalizacjach. Natomiast wykorzystując model błędu przestrzennego nie uwzględnia się tego drugiego wpływu. Uwzględnia się za to w modelu, poza wartością zmiennych objaśniających w danej lokalizacji, wpływ zmiennych objaśniających nie uwzględnionych w modelu (czyli wartość czynnika losowego wykazującego autokorelację przestrzenną).

W obu przypadkach zmniejszył się błąd standardowy estymacji (osiągną wartość 2,1 l/M/d) oraz otrzymano podobne wartości podstawowych wskaźników dopasowania modelu. Nieznaczna jest też różnica między średnią wartością reszt z modelu SEM (-0,5 l/M/d) i SAR (-0,4 l/M/d). Natomiast choć w obu przypadkach reszty nie wykazały autokorelacji przestrzennej, to jednak w dalszym ciągu rozkład ich wartości nie był rozkładem normalnym. Może to świadczyć, że zróżnicowanie przestrzenne *OWN* nie jest dowodem na istnieniu zależności przestrzennych między objętością odpadów, a typem zabudowy. Może natomiast być związane z przestrzenną heterogenicznością⁶.

Modelem, który uwzględnia heterogeniczność przestrzenną badanego zjawiska jest Geograficznie Ważona Regresja (GWR)(Fotheringham i in., 2002). Jednak ze względu na zbyt duże rozproszenie obszarów testowych, jej zastosowanie na podstawie tak zebranych danych mogłoby doprowadzić do mylnych wniosków. Dodatkowo otrzymane wyniki mogą świadczyć o nieliniowej zależności między objętością odpadów i zmiennymi niezależnymi. Należy również podkreślić, że przeprowadzone próby modelowania nie uwzględniały wielu czynników, które mogą mieć potencjalny wpływ na ilość powstających odpadów, takich jak bardzo istotny w tym względzie dochód mieszkańców, poziom wykształcenia oraz poziom świadomości pro-ekologicznej.

Niestety, na tym etapie prac nie dysponowano innymi, wystarczająco precyzyjnymi danymi przestrzennymi, które mogłyby mieć znaczenie dla produkcji odpadów w Poznaniu. Wykazano jednak niestacjonarność przestrzenną *OWN*, co jest ważnym argumentem w dyskusji nad hipotezą postawioną w pracy.

6.5. Objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów — dane uzupełniające

Dane pozyskane w wyniku realizacji opisywanego projektu postanowiono porównać informacjami odnoszącymi się do całkowitej ilości odpadów zebranych w Poznaniu w trakcie trwania badań przez firmy współpracujących z ZM GOAP. Najbardziej dokładne dane jakie udało się pozyskać dotyczyły jedynie wagi odpadów. Celem porównania otrzymanych wyników z danymi pozyskanymi od ZM GOAP lub bezpośrednio od firm odbierających odpady w Poznaniu, należało dokonać przeliczenia objętości odpadów na masę. Jest to zadanie trudne, gdyż nie istnieją powszechnie stosowane przeliczniki, a masa i objętość w różnym stopniu zależą od ich składu jakościowego. Pomocne w tym zakresie są dynamiczne systemy wagowe wmontowane w pojazdy odbierające odpady od mieszkańców. Ponieważ w trakcie prowadzonych badań firmy odbierające odpady od mieszkańców Poznania nie posiadały jeszcze taboru wyposażonego w takie systemy, zdecydowano się wykonać badania porównawcze w najbliższej sąsiadującej z Poznaniem gminie — Pobiedziskach.

⁶ Zależności przestrzenne wynikają z występowania skupień lub rozprożeń badanego na danym obszarze zjawiska, na które wpływają odległości i powiązania między różnymi obiektami; przestrzenna heterogeniczność oznacza natomiast ogólną niestabilność zachowań lub innych relacji w obserwowanych jednostkach przestrzennych (Anselin, 1988)

6.5.1. Badania przeprowadzone w Pobiedziskach

Pobiedziska to gmina miejsko-wiejska, swym charakterem różni się zatem znacząco od Poznania. Obszar ten powinien być jednak wystarczający do przeprowadzenia na jego terenie badań porównawczych przy zastosowaniu jednocześnie czujników mierzących wypełnienie pojemników odpadami oraz dynamicznych systemów wagowych.

Badania wykonano we wrześniu 2014 r. Początkowo przeprowadzono w Pobiedziskach 100 pomiarów porównawczych, jednak ostatecznie zdecydowano się zaprezentować wyniki jedynie z 34 punktów zbiórki zlokalizowanych w obrębie zabudowy wielorodzinnej. Podjęto taką decyzję, gdyż w trakcie trwania badań terenowych zauważono wyraźne różnice pomiędzy Poznaniem a Pobiedziskami — dotyczyły one składu morfologicznego odpadów wyrzucanych w zabudowie jednorodzinnej. W Pobiedziskach bardzo często pojemniki były przepełnione odpadami zielonymi. Niejednokrotnie znajdowały się w nich również popiół i luźno wrzucone odpady wielomateriałowe czy szkło. Oczywiście takie odpady zdarzają się również w zabudowie jednorodzinnej Poznania, jednak nie jest to aż tak częste zjawisko. W konsekwencji istniało przypuszczenie, że pomiary wagi odpadów wykonywane w Pobiedziskach były mocno zawyżone w stosunku do wyników, jakie mogłyby być otrzymane w podobnej zabudowie w Poznaniu.

W przypadku odpadów wytwarzanych w Pobiedziskach w zabudowie wielorodzinnej obserwacje wskazały, że ich skład morfologiczny jest zbliżony do struktury jakościowej odpadów pochodzących z podobnej zabudowy w Poznaniu. Tym bardziej, że w Pobiedziskach, podobnie jak w Poznaniu, w zabudowie wielorodzinnej ustawiane są osobne pojemniki do zbiórki selektywnej. Oczywiście dokładne porównanie jakościowe odpadów pochodzących z tych dwóch obszarów wymagałoby przeprowadzenia dodatkowych, kosztownych badań. Było to jednak niemożliwe do realizacji w ramach posiadanych środków, dlatego opierano się jedynie o wnioskowanie na podstawie obserwacji terenowych.

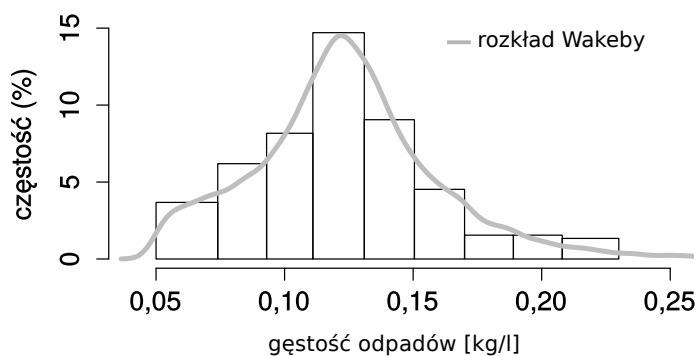
Wyniki pomiarów wskaźnika *OWN*, otrzymane dla poszczególnych pojemników, zestawiono z wagą odpadów. Na tej podstawie obliczono ich gęstości. Analiza podstawowych statystyk opisowych (skośność = 0,576; kurtoza = 3,66; odchylenie standardowe = 0,0361) oraz test normalności (statystyka Shapiro-Wilka = 0,972; $p = 0,52$) dowodzą, że rozkład otrzymanych wartości nie jest rozkładem normalnym. Porównano go zatem z 30 najbardziej powszechnie stosowanymi teoretycznymi rozkładami statystycznymi zmiennych ciągłych nieujemnych. Optymalne dopasowanie rozkładów udało się uzyskać w przypadku rozkładu Wakeby⁷. Różnice między nim a rozkładem uzyskanym dla danych z Pobiedzisk nie są istotne statystycznie - potwierdziły to dwa testy statystyczne: Statystyka Kołmogorowa-Smirnowa = 0,07775 i Statystyka Andersona-Darlinga = 0,13442 (Ryc. 6.35a).

Rozkład wartości gęstości odpadów uzyskany dla punktów zbiórki przebadanych w Pobiedziskach wykazuje duże podobieństwo z rozkładem Wakeby. Zdecydowano zatem, że na podstawie tych danych można dokonać przeliczenia

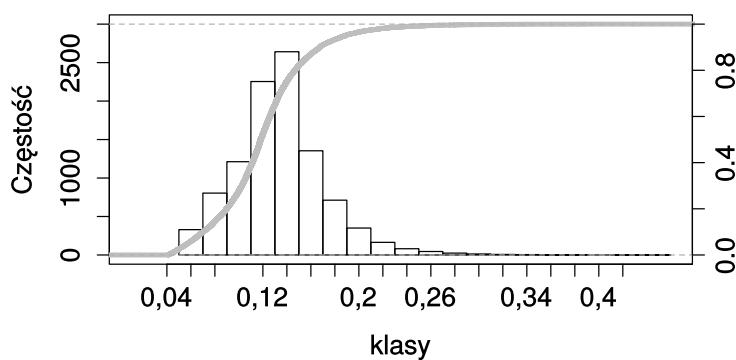
⁷ Rozkład Wakeby został po raz pierwszy zaproponowany przez Harolda A. Thomasa Jr., a następnie Houghton wykorzystał go na potrzeby hydrologii do modelowania powodzi (Houghton, 1978). Jest on opisywany aż 5 parametrami, co pozwala na lepsze dopasowanie do danych charakteryzujących się pewną asymetrią.

objętości odpadów na ich wagę. Jednak należy pamiętać, że dane dotyczące *WWN* mogą być obciążone dużą dozą niepewności ze względu na ograniczoną liczbę pomiarów terenowych.

Zdecydowano się zatem na podstawie rozkładu Wakeby wygenerować 10 000 dodatkowych losowych wartości gęstości odpadów o parametrach dopasowanych do danych z Pobiedzisk, które stanowiły podstawę do dalszych przeliczeń. Dzięki nim istniała możliwość wskazania nie pojedynczej wartości *OWN*, tylko całego, prawdopodobnego ich zakresu (Ryc. 6.35b).



(a)



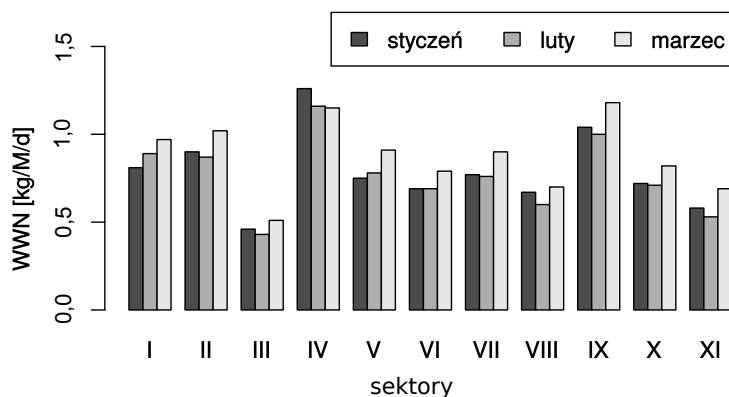
(b)

Ryc. 6.35: Wyniki pomiarów gęstości odpadów - zestawienie ilustrujące: a) rozkład wartości uzyskanych w wyniku prac terenowych zrealizowanych w Pobiedziskach we wrześniu 2014 roku; b) częstość występowania 10 000 losowo wygenerowanych, na podstawie rozkładu Wakeby dopasowanego do danych pomiarowych z Pobiedzisk, wartości gęstości odpadów w podanych przedziałach klasowych

W praktyce oznacza to, że każdą wartość referencyjną *WWN* przemnożono przez 10 000 prawdopodobnych wartości gęstości odpadów (wynikające z funkcji gęstości prawdopodobieństwa) i wygenerowano w ten sposób 10 000 wartości *OWN*, których rozkłady i statystyki mogły zostać porównane do danych terenowych.

6.5.2. Dane pochodzące ze Związku Międzygminnego „Gospodarka Odpadami Aglomeracji Poznańskiej”

Pierwszą serię danych porównawczych stanowią informacje odnośnie całkowitej ilości odpadów zebranych w Poznaniu w poszczególnych sektorach zbiórki. Są to najbardziej szczegółowe dane, jakimi dysponuje ZM GOAP. Pierwsze raporty dotyczące zbiórki w sektorach zostały dostarczone przez firmy odbierające odpady od mieszkańców dopiero w roku 2015, czyli już po zakończeniu prac terenowych. Niemniej, były to jedyne dane dostępne w tym czasie dla całego Poznania, uwzględniające chociaż w małym stopniu aspekt przestrzenny. Stanowią zatem najlepsze dane porównawcze dla analizy zróżnicowania przestrzennego, jakimi dysponowano w trakcie realizacji pracy. Dane, które udało się pozyskać, dotyczyły wagi odpadów zebranych w Poznaniu w styczniu, lutym i marcu 2015 roku. Zostały one przeliczone na *WWN* na podstawie liczby mieszkańców pochodzącej z WSO (Ryc. 6.36).



Ryc. 6.36: *WWN* odpadów w sektorach — dane ZM GOAP ze stycznia, lutego i marca 2015 r. dotyczące wagi odpadów, przeliczone na *WWN* przy użyciu informacji odnośnie liczby osób zameldowanych w sektorach (dane pochodzące z WSO)

Dane odnoszące się do wagi odpadów pozyskane ze ZM GOAP przeliczono na *OWN* korzystając z pomiarów wykonanych w Pobiedziskach (por. rozdział 6.5.1). Uzyskano tą drogą medianę wartości Objętościowego Wskaźnika Nagromadzenia odpadów dla każdego z sektorów, jak również jego potencjalny zakres wartości (Ryc. 6.37).

W styczniu otrzymane wartości mediany *OWN* wahały się od 4,07 l/M/d w sektorze III do 11,14 l/M/d w sektorze IV. W lutym i marcu minimalną i maksymalną wartość mediany *OWN* otrzymano również w sektorze III i IV, choć ilości zebranych odpadów uległy niewielkiej zmianie dla każdego z tych miesięcy. W lutym minimalna wartość mediany omawianego wskaźnika wyniosła 3,8 l/M/d, maksymalna zaś 10,25 l/M/d. W marcu natomiast odpowiednio 4,51 l/M/d i 10,17 l/M/d.

Najmniejsze odchylenie standardowe wartości *OWN* zaobserwowano w sektorze I, największe zaś — w sektorze IV. W sektorze I oscyloowało ono w granicach 1,3 – 1,5 l/M/d a w sektorze IV - między 3,4 a 3,75 l/M/d. Średnie odchy-

lenie standardowe przeliczanych wartości *OWN* we wszystkich trzech miesiącach w każdym z 11 sektorów wyniosło $2,4 \text{ l/M/d}$.

Test Friedmana wykazał, że różnice między wartościami mediany *OWN* otrzymanymi w poszczególnych sektorach są istotne statystycznie (*Friedman* $\chi^2 = 29,636$, $df = 10$, $p = 0,001$). Jednak jak wynika z przeprowadzonych post-hoc testów Dunna, sektory w których wyniki odstają znacząco od pozostałych to nie tylko sektor III oraz IV, jak mogłoby wynikać z analizy wartości minimalnych i maksymalnych mediany, ale również sektor IX⁸.

Tak otrzymane wyniki zestawiono z danymi uzyskanymi w trakcie badań. Wykorzystano w tym celu histogramy wartości *OWN* przedstawiające wyniki: a) uzyskane w trakcie prac terenowych, b) w gospodarstwach domowych i c) dzięki zastosowaniu geoankiety. Dane ZM GOAP, będące wynikiem symulacji relacji między *WWN* a *OWN* z rozkładu Wakeby określonego na podstawie pomiarów z Pobiedzisk, przedstawiono natomiast za pomocą wykresu pudełkowego. Pozwoliło to na zestawienie mediany i zakresu częstości wystąpień symulowanych wartości *OWN* w zastosowanych w histogramach przedziałach klasowych (Ryc. 6.38).

Następnie sprawdzono za pomocą analizy wariancji (ANOVA) czy różnice częstości wystąpień wartości *OWN*, obliczonych na podstawie danych ZM GOAP, są istotne statystycznie między przyjętymi przedziałami klasowymi. Różnice okazały się być istotne ($F = 14795$, $p < 2 \times 10^{-16}$) dla wszystkich klas, w których wartości *OWN* była mniejsza niż 16 l/M/d (co wykazał test Tukey'a).

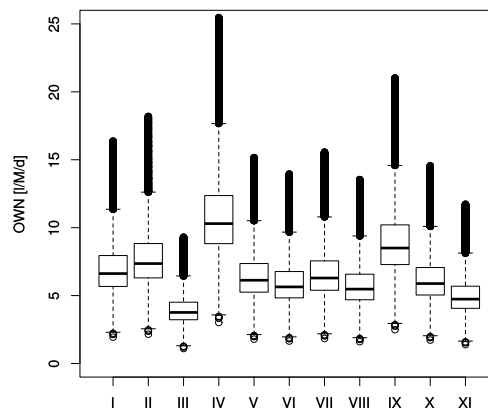
Porównano też rozkład wartości *OWN* uzyskanych w wyniku 10 000 symulacji z danych ZM GOAP z rozkładem wartości *OWN* będących wynikiem badań przeprowadzonych: w terenie w 50 obszarach badawczych, w 30 gospodarstwach domowych i przy użyciu geoankiety. Do sprawdzenia zgodności rozkładów użyto statystyki Kołmogorowa-Smirnowa.

W większości porównań różnice okazały się istotne statystycznie na poziomie $p < 0,001$, za wyjątkiem zestawienia z wynikami pochodzącymi z 30 gospodarstw domowych. W tym przypadku wykazano, że różnice są nieistotne statystycznie ($D = 0,1726$, $p = 0,3332$), co potwierdzono testem Anderson-Darlinga ($A = 2,500$ $p = 0,05019$).

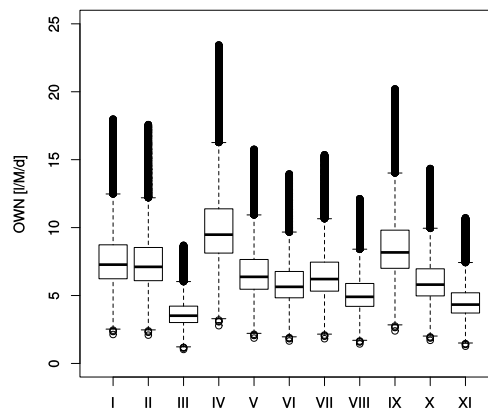
Zdecydowano się sprawdzić dodatkowo, czy w przyjętych klasach istnieje różnica między średnią częstością wystąpień wartości *OWN* uzyskanych w trakcie badań a wartościami wygenerowanymi dla danych ZM GOAP z 2015 roku. Do tego porównania zastosowano test t-Studenta dla pojedynczej próby. Różnice, które zostały również zobrazowane za pomocą wykresów (Ryc. 6.39), okazały się istotne statystycznie na poziomie $p < 0,001$ dla wszystkich porównań.

W taki sam sposób wykorzystano test t-Studenta by sprawdzić, czy istnieją istotne różnice między wynikami prac terenowych zrealizowanych w 50 obszarach badawczych, a wartościami *OWN* obliczonymi dla sektorów, w których wyżej wymienione obszary się znajdowały. Porównano osobno 10 000 wartości otrzymanych w 11 sektorach dla każdego z 3 miesięcy: stycznia, lutego i marca.

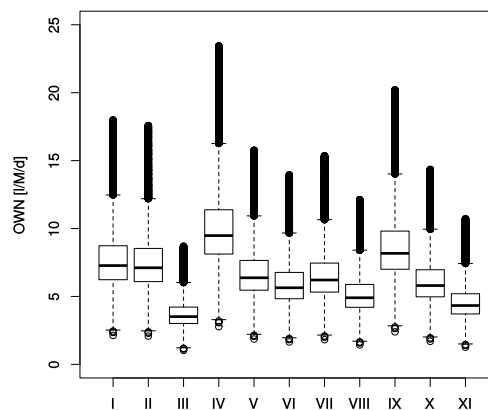
⁸ Sektory te obejmują następujące osiedla: 1) sektor III — Piątkowo, Podolany, Jana III Sobieskiego i Marysieńki oraz mały obszar znajdujący się na Naramowicach, 2) sektor IV — Główna, Ostrów Tumski-Śródka-Zawady-Komandoria, Warszawskie-Pomet-Matańskie oraz Antoninek-Zieleniec-Kobylepole, 3) sektor IX — Naramowice, Winiary, Stare Miasto oraz Stare Winogrady.



(a)

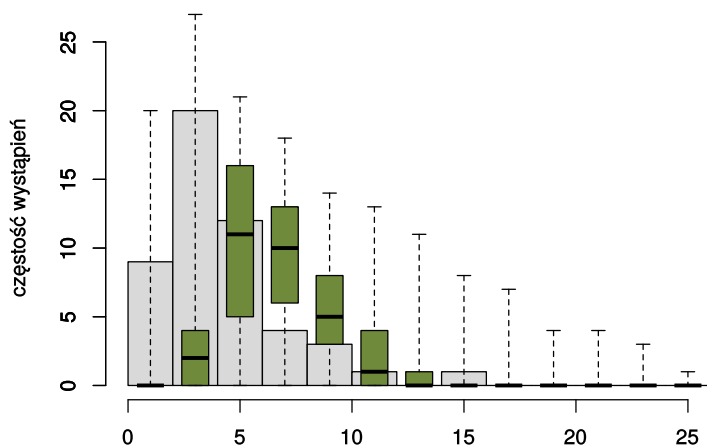


(b)

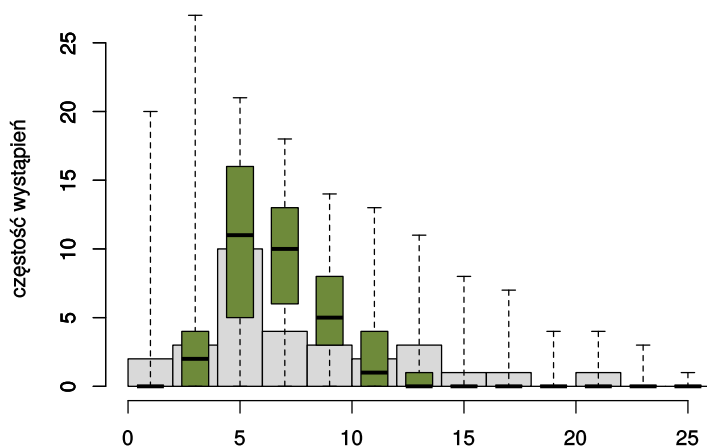


(c)

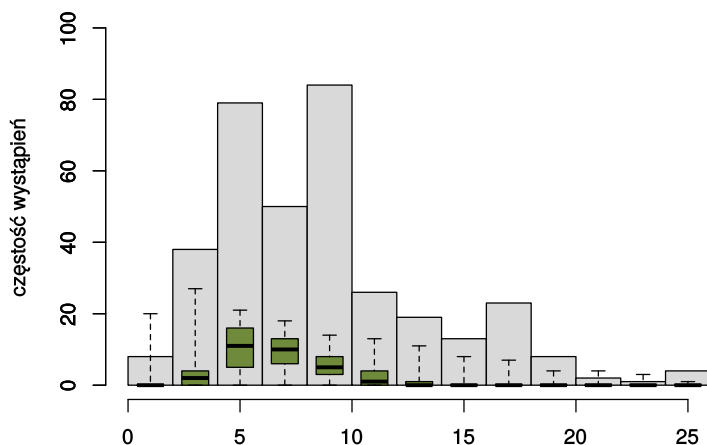
Ryc. 6.37: Dane ZM GOAP przeliczone na OWN przy zastosowaniu losowych metodą Monte Carlo z rozkładu Wakeby wskaźników gęstości odpadów — charakterystyki prawdopodobieństwa rozkładów wartości otrzymanych w poszczególnych sektorach



(a)

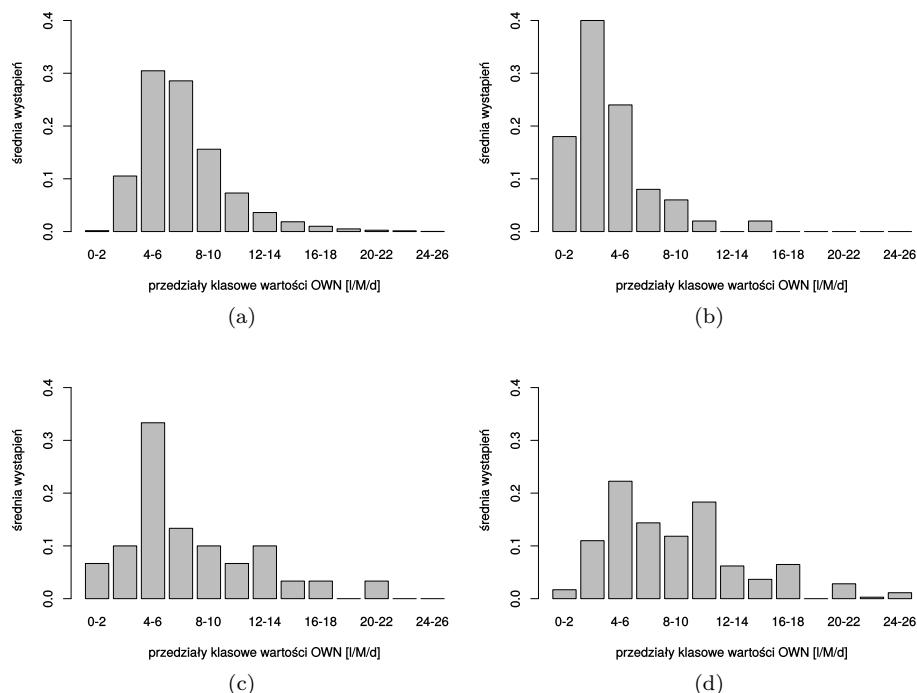


(b)



(c)

Ryc. 6.38: Histogramy wartości OWN pozyskanych w trakcie badań: a) w 50 obszarach badawczych, b) przeprowadzonych bezpośrednio w 30 gospodarstwach domowych i c) przeprowadzonych z wykorzystaniem geoankietyzacji — porównanie z danymi pochodzącymi z ZM GOAP (pozyskane dla wszystkich sektorów, dla stycznia, lutego i marca 2015 roku), przeliczonymi na podstawie symulacji (10 000 prób) relacji między WWN a OWN z rozkładu Wakeby (określonego na podstawie pomiarów z Pobiedzisk)



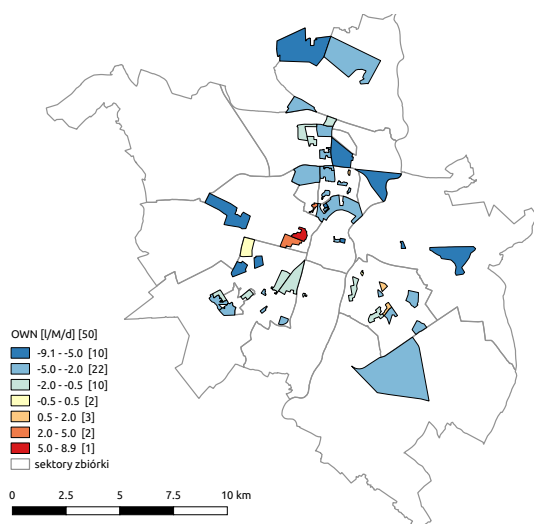
Ryc. 6.39: Zestawienie średniej wartości *OWN* w każdej z klas - a) dane ZM GOAP (ze wszystkich 10 000 powtórzeń) oraz danych uzyskanych w wyniku b) prac terenowych, c) badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych i d) przy zastosowaniu geoankiet

Obliczono też dla każdego z sektorów medianę wartości *OWN* otrzymaną w wyniku przeprowadzonych 10 000 symulacji na podstawie danych ZM GOAP pochodzących ze stycznia, lutego i marca. Medianę tę również zestawiono z wynikami badań terenowych, co zaprezentowano na rycinie (Ryc. 6.40).

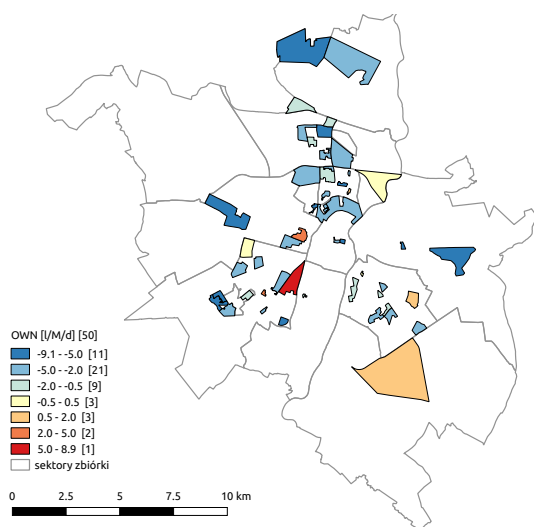
W zdecydowanej większości obszarów wartości uzyskane w terenie okazały się mniejsze, niż mediana obliczona na podstawie symulacji. Tylko w pojedynczych przypadkach (takich jak wyniki otrzymane na Jeźycach, zwłaszcza w obszarze 56) miała miejsce sytuacja odwrotna. Różnice wahały się w przypadku stycznia od 1,3 do prawie 4,5 l/M/d, w przypadku lutego od 1,3 do 4,7 l/M/d i dla danych z marca 2,3 – 5,6 l/M/d.

Tylko w nielicznych przypadkach różnice oscylują w granicach $\pm 0,5$ l/M/d, przy czym przeprowadzone porównanie z użyciem testu t-Studenta wskazuje na to, iż tylko w przypadku wartości *OWN* otrzymanych dla obszaru 84, znajdującego się na Winogradach, różnice między wynikami obserwacji terenowych i przeprowadzonych symulacji dla danych ZM GOAP są nieistotne statystycznie. Różnica median w tym obszarze wyniosła jedynie 0,44 l/M/d. Generalnie różnice wahały się od ok. -9 do +9 l/M/d.

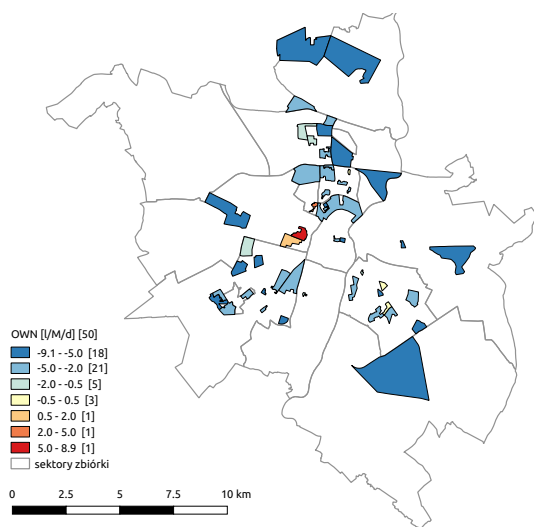
Największe różnice między medianą *OWN* obliczoną dla sektorów i uzyskaną w wyniku prac terenowych odnotowano w przypadku obszarów, na których dominowała zabudowa jednorodzinna. Wszystkie otrzymane w nich wyniki okazały się być mniejsze, niż wynikałoby to z danych ZM GOAP. Średnia różnica wahała się od -4,6 l/M/d dla danych ze stycznia do -5,7 l/M/d dla danych z marca.



(a)



(b)



(c)

Ryc. 6.40: Różnica między medianą wartości *OWN* wyliczoną z 10 000 wartości *OWN* wygenerowanych na podstawie danych ZM GOAP, zebranych z każdego sektora zbiórki w a) styczniu b) lutym, i c) marcu oraz uzyskaną w wyniku prac terenowych w 50 obszarach badawczych

W przypadku zabudowy wielorodzinnej niskiej różnice okazały się natomiast najmniejsze, a średnia różnica wynosiła $-1,4 \text{ l/M/d}$ dla danych ze stycznia i lutego, a $-2,4 \text{ l/M/d}$ w przypadku danych z marca. Na obszarach, w których dominowała zabudowa wielorodzinna niska, różnice były trochę większe. Ich średnia w styczniu i marcu wyniosła $-2,4 \text{ l/M/d}$, a $-2,03 \text{ l/M/d}$ w lutym.

Różnice były również istotne statystycznie, gdy zagregowano wartości *OWN* otrzymane w wyniku prac terenowych do całych sektorów, nie zważając na udział poszczególnych typów zabudowy w każdym z nich. Po porównaniu w ten sposób otrzymanych wartości z medianą *OWN* obliczoną dla sektorów na podstawie danych ZM GOAP zaobserwowano, że wielkość różnicy może być zależna nie tylko od typu zabudowy, ale również od sektora zbiórki.

Najmniejsze różnice, ok. 1 l/M/d , odnotowano w sektorze II i III. W obszarach X, XI i VI wyniki w zależności od miesiąca różniły się od $1,2 \text{ l/M/d}$ do $2,6 \text{ l/M/d}$. W przypadku pozostałych sektorów różnice były już znacznie większe, a największą z nich zaobserwowano w sektorze IV. We wszystkich sektorach, poza II, większą wartość *OWN* otrzymano na podstawie danych pochodzących z ZM GOAP. Zatem prawdopodobnie zaobserwowane różnice mogą być związane z typem zabudowy dominującym na obszarach agregowanych w poszczególnych sektorach. Największe różnice odnotowano bowiem w sektorach z największym udziałem powierzchniowym zabudowy jednorodzinnej.

6.5.3. Zbiórka odpadów prowadzona przez FBSerwis - analiza szczegółowych danych

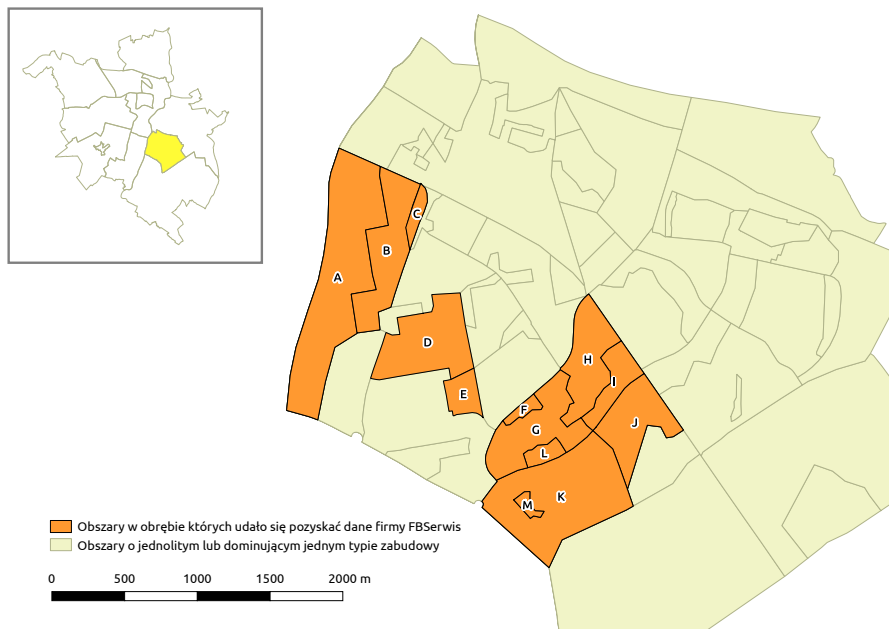
Drugą serię danych porównawczych pozyskano dzięki uprzejmości FBSerwis. Jest to informacja odnośnie ilości odpadów zebranych z pojedynczych punktów zbiórki w zabudowie wielorodzinnej w sektorze VI. Dane te pochodziły z pomiarów wykonanych bezpośrednio w terenie za pomocą dynamicznych systemów wagowych zainstalowanych na pojazdach odbierających odpady (por. rozdział 5.3.2). Łącznie udało się tą metodą pozyskać informację dla 13 obszarów, w których dominowała zabudowa wielorodzinna, oznaczonych literami od A do M (Ryc. 6.41). Dla 11 obszarów A, B, C, F, G, H, I, J, K, L, M pozyskane dane pochodziły z 4 serii pomiarowych. W przypadku obszaru D i E przeprowadzono tylko jedną serię pomiarową.

Na podstawie informacji odnośnie wagi odpadów zebranych w sektorze VI oraz danych meldunkowych pochodzących z Wydziału Spraw Obywatelskich obliczono *WWN* (Ryc. 6.42).

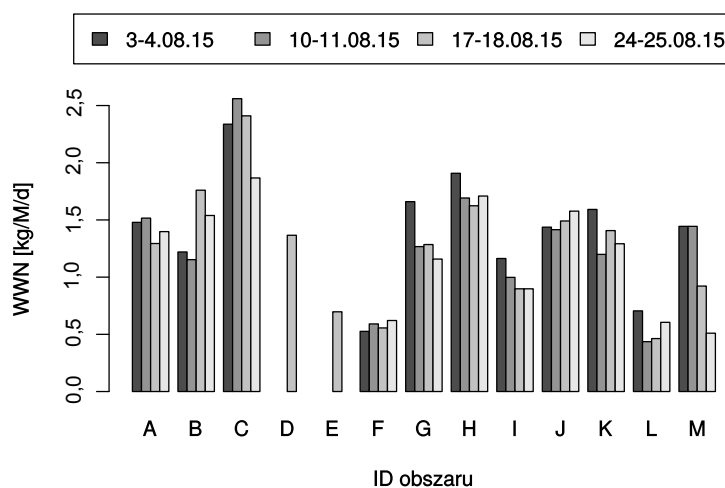
Porównując te dane z informacjami pochodzącymi ze ZM GOAP (Ryc. 6.36) stwierdzono bez żadnych wątpliwości, że zakres otrzymanych wartości *WWN* w sektorze VI jest większy w przypadku danych FBSerwis. Istotność statystyczną różnic rozkładów *WWN* otrzymanych na podstawie danych z ZM GOAP i FBSerwis potwierdzają również testy statystyczne: Kołmogorowa-Smirnowa ($D = 0,60474$, $p = 1,575 \times 10^{-06}$) oraz Andersona-Darlinga ($A = 11,13$, $p = 1,822 \times 10^{-06}$). Na taki stan rzeczy mogą mieć wpływ dwa czynniki.

Po pierwsze informacja odnośnie wagi odpadów udostępniona na potrzeby opisywanych badań przez ZM GOAP dotyczyła jedynie miesięcy zimowych. Są to miesiące, w których, jak wynika z analizy zmienności sezonowej (por. rozdział 6.3.4), zbierana jest relatywnie najmniejsza ilość odpadów.

Po drugie zaś, prezentowane dane pochodzące od firmy FBSerwis, dotyczą jedynie zabudowy wielorodzinnej, w której w Poznaniu generalnie obserwuje się większą ilość wytwarzanych odpadów. W trakcie dalszej analizy należało mieć zatem na względzie fakt, iż dane FBSerwis nie są w pełni reprezentatywne dla całego Poznania.



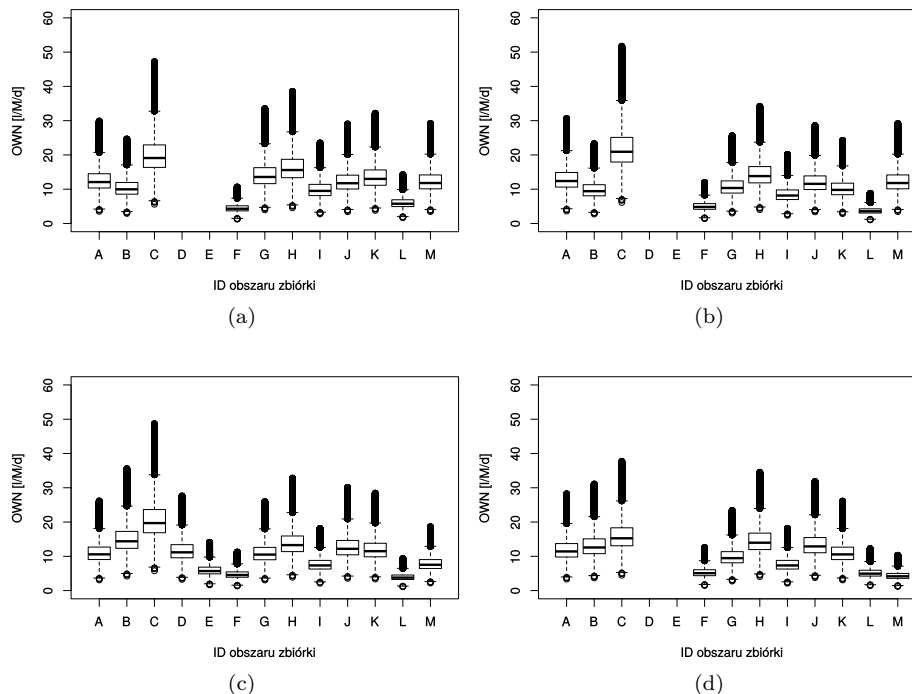
Ryc. 6.41: Lokalizacja i oznaczenie wyznaczonych w trakcie badań obszary jednolite pod względem zabudowy mieszkaniowej (lub o dominującym jednym typie zabudowy), dla których udało się pozyskać informację o masie zebranych odpadów od firmy FBSerwis



Ryc. 6.42: Zróżnicowanie WWN w obszarach jednolitych pod względem zabudowy mieszkaniowej (lub z dominującym jednym typem zabudowy mieszkaniowej); WWN obliczono na podstawie danych firmy FBSerwis i informacji odnośnie liczby osób zameldowanych w obszarach (WSO); Lokalizacja obszarów A – M została przedstawiona na rycinie 6.41

Dane odnośnie wagi odpadów ponownie przeliczono na OWN , wykorzystując losowane (symulowane) metodą Monte Carlo z rozkładu Wakeby wskaźniki

gęstości odpadów (por. rozdział 6.5.1). Podobnie, jak w przypadku danych ZM GOAP, uzyskano dzięki temu medianę wartości objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów dla każdego obszaru, jak również jego potencjalny zakres wartości (Ryc. 6.43).



Ryc. 6.43: Rozkład wartości OWN w wybranych obszarach sektora VI — dane firmy FBSerwis pochodzące z 4 serii pomiarowych przeprowadzonych w dniach: a) 3–4.08.15, b) 10–11.08.15, c) 17–18.08.15, d) 24–25.08.15, symulowanych na podstawie danych z Pobiedziskach

We wszystkich 4 powtórzeniach najwyższą wartość mediany OWN zaobserwowano w obszarze C (oscylowała ona między $15,26\text{ l/M/d}$ a $20,93\text{ l/M/d}$). Najmniejsze zaś wartości odnotowano w obszarach F i L. Różnice między nimi są nieznaczne. Wartości odnotowane we wszystkich 4 powtórzeniach dla obszaru L wahały się między $3,56\text{ l/M/d}$ a $5,76\text{ l/M/d}$, natomiast dla obszaru F - między $4,23\text{ l/M/d}$ i $5,07\text{ l/M/d}$. Ogółem większość otrzymanych wartości OWN mieści się w przedziale od $7,39\text{ l/M/d}$ do $12,81\text{ l/M/d}$.

Natomiast odchylenie standardowe wartości OWN zaobserwowane dla wszystkich 4 serii pomiarowych jest najmniejsze w przypadku obszaru F i L i nie przekracza 2 l/M/d . Natomiast w przypadku obszaru C jest ono zdecydowanie największe i waha się od $5,56\text{ l/M/d}$ w przypadku czwartej serii pomiarowej do $7,62\text{ l/M/d}$ dla 2 serii. Ogólnie średnia wartość odchylenia standardowego dla wszystkich 4 powtórzeń oscylowała w granicach 4 l/M/d .

Nie zaobserwowano istotnych różnic między wynikami otrzymanymi w kolejnych seriach pomiarowych, co potwierdził test Friedmana dla zmiennych zależnych ($Friedman\ \chi^2 = 2,6667$, $df = 3$, $p = 0,4459$). Test ten potwierdzi również zauważalne różnice między poszczególnymi obszarami ($Friedman\ \chi^2 = 32,045$, $df = 10$, $p = 0,0003935$). Przeprowadzone post-hoc testy Dunna wykazały, że decydujący wpływ mają w tym względzie wspomniane wyżej obszary C,

F i L, ale również H. Test Friedmana wykazał, że różnice odnotowane między pozostałymi obszarami nie są istotne statystycznie. W analizie nie brano pod uwagę obszarów D i E, dla których dysponowano danymi pochodzącymi jedynie z jednej serii pomiarowej.

Podobnie, jak w wypadku danych ZM GOAP, tak i dla danych z firmy FBService porównano rozkład 10 000 wygenerowanych wartości *OWN* z danymi terenowymi. Należy jednak pamiętać, że dane pochodzące z firmy FBService nie są reprezentatywne dla całego Poznania. Zatem w przypadku danych pochodzących z geoankiet do porównania zdecydowano się wykorzystać jedynie te odpowiedzi, które zostały udzielone przez mieszkańców zabudowy wielorodzinnej z sektora VI (łącznie 35 geoankiet).

Niestety zbyt mała liczba danych pochodzących z tego sektora nie pozwoliła na zastosowanie takiego samego podejścia w przypadku danych uzyskanych w terenie i bezpośrednio w gospodarstwach domowych. Udało się jedynie uwzględnić fakt, iż porównywane dane powinny pochodzić z zabudowy wielorodzinnej. W konsekwencji dane FBService zestawiono z wynikami pochodzącymi z 24 gospodarstw domowych i 34 obszarów, w których dominuje ten typ zabudowy. Do sprawdzenia zgodności rozkładów użyto statystyki Kołmogorowa-Smirnowa oraz Andersona-Darlinga.

Test Kołmogorowa-Smirnowa wykazał, że dane pochodzące z geoankiet różnią się istotnie od danych FBService na poziomie $p < 0,05$ ($D = 0,23448$, $p = 0,0426$). Jednak wyniki drugiej statystyki sugerują, że obydwie próby mogą pochodzić z tej samej populacji ($A = 2,1$, $p = 0,08116$).

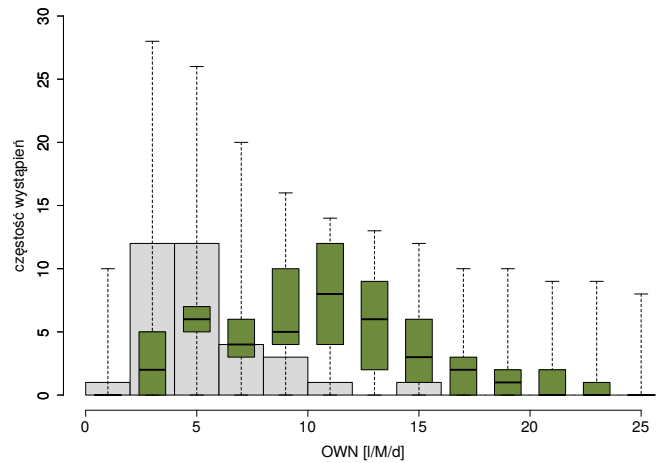
W przypadku porównania wyników FBService z danymi pochodzącymi z gospodarstw domowych różnice rozkładów okazały się istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$ w przypadku obydwu testów statystycznych ($D = 0,32082$, $p = 0,01431$ i $A = 3,52$, $p = 0,01525$).

Natomiast w przypadku porównania danych FBService z wynikami prac terenowych w obszarach badawczych różnice okazały się istotne statystycznie nawet na poziomie $p < 0,001$, co potwierdził zarówno test Kołmogorowa-Smirnowa ($D = 0,57705$, $p = 2,937 \times 10^{-10}$), jak i testu Andersona-Darlinga ($A = 32,2$, $p = 8,153 \times 10^{-18}$).

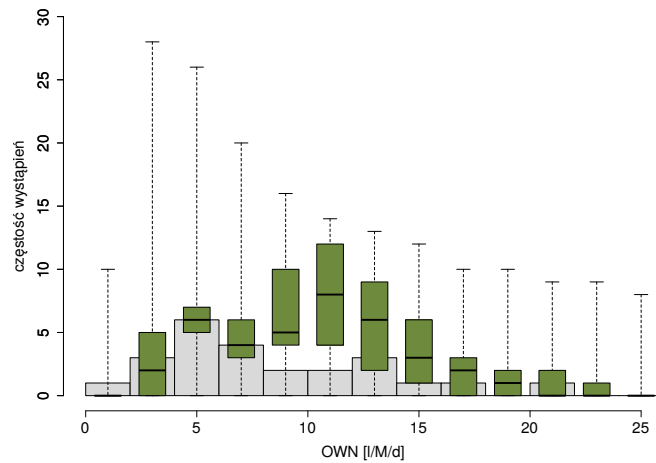
Powyższe statystyki potwierdza też porównanie mediany i zakresu wartości *OWN* uzyskanych dzięki danym FBService w poszczególnych przedziałach klasowych z wynikami przeprowadzonych wcześniej badań (Ryc. 6.44).

Następnie sprawdzono za pomocą analizy wariancji czy różnice częstości wystąpień wartości *OWN* uzyskanych z danych FBService są istotne statystycznie między przyjętymi klasami. Zgodnie z wynikami ANOVA, różnice częstości wystąpień w przyjętych przedziałach wartości *OWN* są istotne statystycznie dla większości porównywanych klas ($F = 7319$, $p < 2e - 16$). Test Tukey'a wykazał, że tylko w przypadku zliczeń dla przedziałów 4–6 l/M/d i 12–14 l/M/d, różnice okazały się nieistotne ($p = 0,99139$).

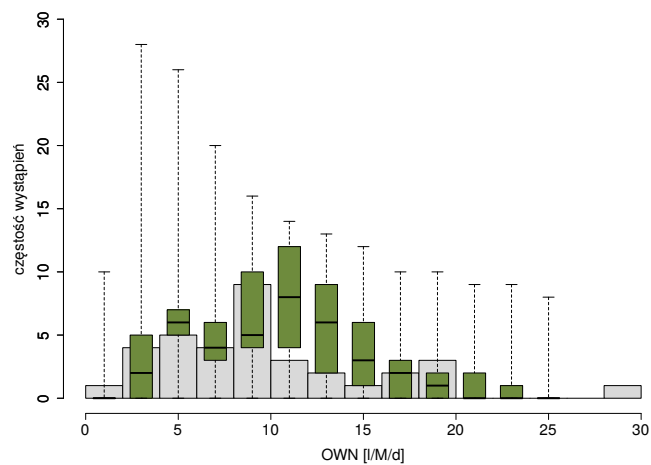
Zbadano również, czy w przyjętych klasach istnieje różnica między średnią częstością wystąpień wartości *OWN* uzyskanych w trakcie badań a wartościami *OWN* wygenerowanymi dla danych FBService. Do tego porównania ponownie zastosowano test t-Studenta dla pojedynczej próby. Dla większości porównań różnice okazały się istotne statystycznie na poziomie $p < 0,001$.



(a)

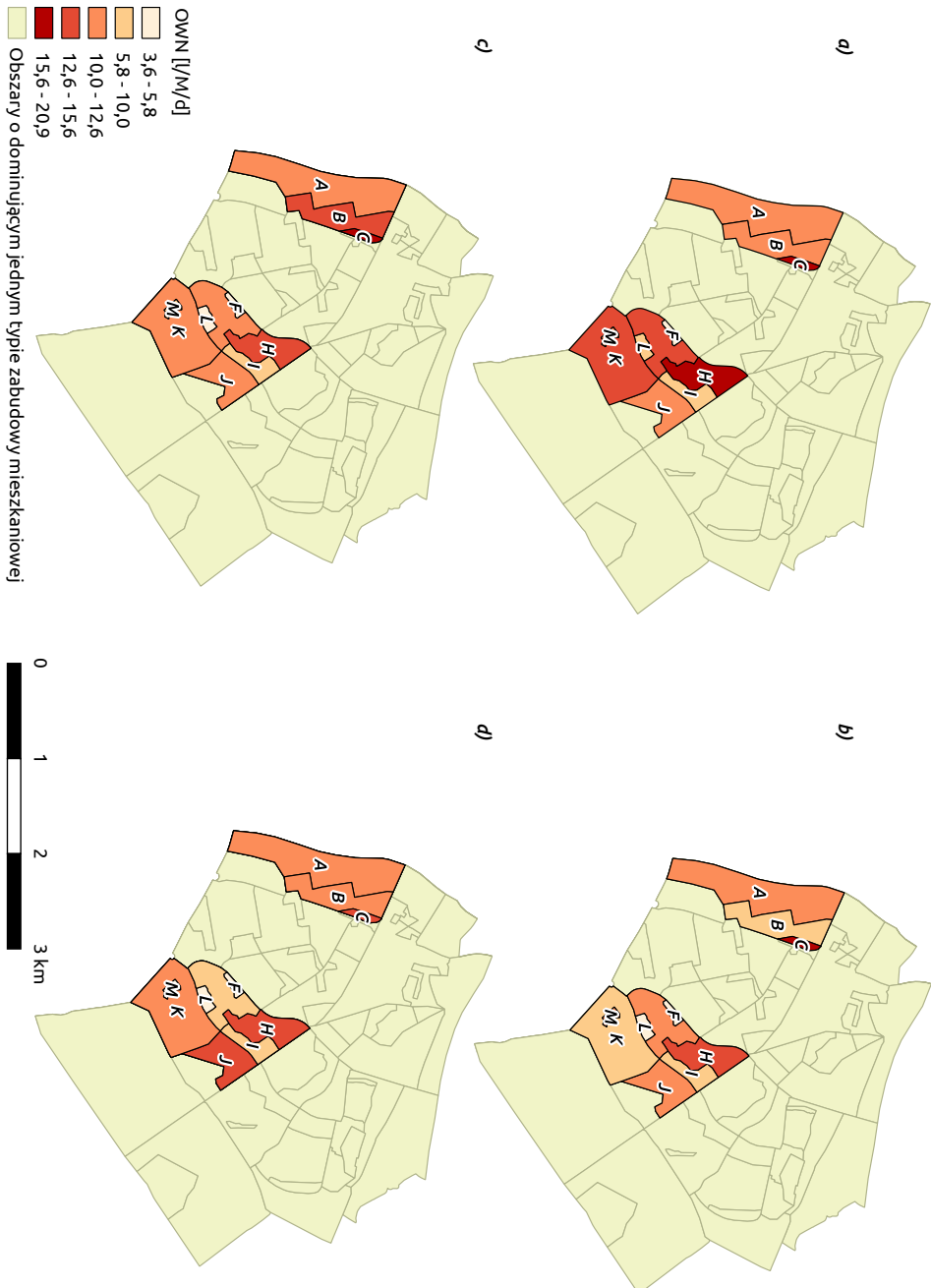


(b)



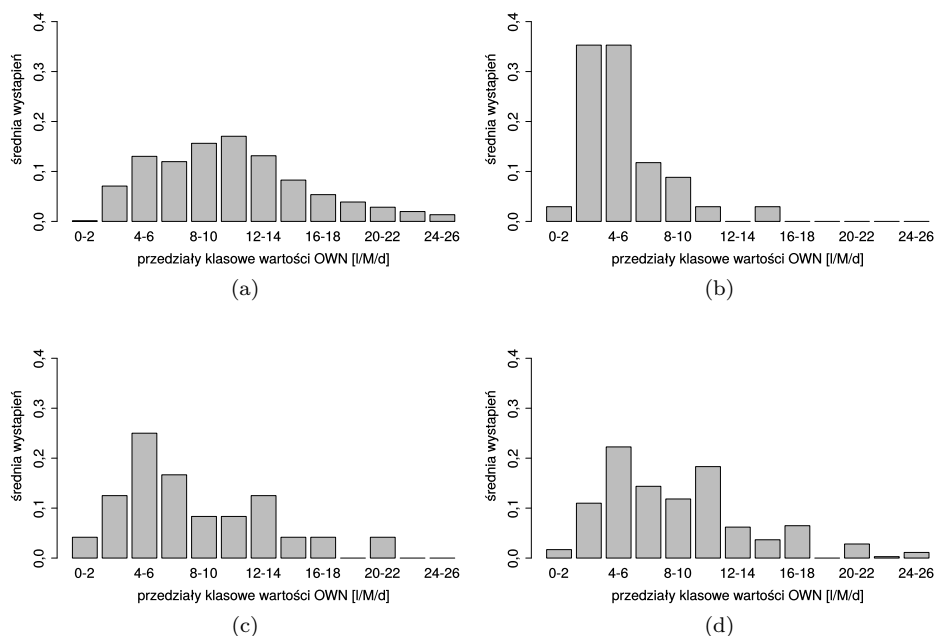
(c)

Ryc. 6.44: Histogramy wartości *OWN* pozyskanych w trakcie badań a) w 34 obszarach wyznaczonych na terenie całego Poznania, przeprowadzonych b) bezpośrednio w 24 gospodarstwach domowych oraz c) z wykorzystaniem geankiety w sektorze VI — porównane rozkładów z danymi uzyskanymi od firmy FBService dla sektora VI, przeliczonymi na podstawie symulacji (10 000 prób) relacji między *WWN* a *OWN* z rozkładu Wakeby określonego na podstawie pomiarów z Pobiedzisk



Ryc. 6.45: Porównanie wyników pomiarów wykonanych w sektorze VI w trakcie wszystkich 4 serii pomiarowych: a) 3-4.08.15, b) 10-11.08.15, c) 17-18.08.15, d) 24-25.08.15; zaprezentowano medianę 10 000 symulacji wykonanych dla każdej z otrzymanych wartości INWN, a klasyfikacji wartości OWIN dokonano metodą Jenksa (Jenks, 1967)

Jak możemy zaobserwować na obrazującej to zestawienie rycinie (Ryc. 6.46), w niektórych klasach różnice zdają się być niewielkie. Test t-Studenta określano wykorzystując wszystkie 10 000 powtórzeń. I choć wykazano w niektórych klasach różnice zauważalnie mniejsze niż w pozostałych⁹, to jednak w dalszym ciągu pozostawały one istotne na poziomie $p < 0,01$.



Ryc. 6.46: Zestawienie średniej wartości *OWN* w każdej z klas dla danych: a) FBSerwis (ze wszystkich 10 000 powtórzeń), b) pochodzących z 34 obszarów testowych, na których dominuje zabudowa wielorodzinna, c) pozyskanych z 24 gospodarstw domowych znajdujących się w zabudowie wielorodzinnej oraz d) uzyskanych przy zastosowaniu 34 geoankiet z sektora VI

Dla każdego z 11 omawianych obszarów znajdujących się w sektorze VI i dla wszystkich 4 serii pomiarowych obliczono z 10 000 wygenerowanych wcześniej wartości *OWN* medianę, a wyniki przedstawiono na rycinie (Ryc. 6.45). Dzięki temu zestawieniu widać, jak bardzo mogą różnić się wartości *OWN* w obrębie jednego obszaru.

W sektorze VI znajdowały się 4 obszary testowe, na których prowadzono prace terenowe, a dla których udało się pozyskać informacje odnośnie wagi odpadów z firmy FBSerwis. Były to obszary: 67, 68, 92 i 94, czyli zgodnie z przyjętymi w tym rozdziale oznaczeniami odpowiednio: B, G, J i I. Porównano zatem mediany *OWN* uzyskane w wyniku badań i dzięki danym FBSerwis.

We wszystkich 4 przypadkach różnice okazały się znaczne. Wyniki *OWN* uzyskane w trakcie prac terenowych (5,13, 4,52, 3,80 i 4,76 l/M/d) były znacznie niższe, niż mediany obliczone na podstawie danych FBSerwis, które w zależności od serii pomiarowej wahały się od 7,34 l/M/d do 14,4 l/M/d.

Mimo tego postanowiono ponownie wykorzystać test t-Studenta dla pojedynczej próby. Pozwolił on sprawdzić, czy po zestawieniu wyników prac terenowych z 10 000 wartościami otrzymanymi w wyniku symulacji, różnice okażą

⁹ W przypadku porównania z danymi terenowymi i wynikami badania przeprowadzonego w gospodarstwach domowych był to przedział 6–8 l/M/d.

sie istotne statystycznie. Porównania dokonano osobno dla 4 serii pomiarowych. We wszystkich 4 przypadkach różnice w każdym z analizowanych obszarów były istotne statystycznie na poziomie $p < 0,001$.

Rozdział 7

Dyskusja

7.1. Porównanie skuteczności metod zastosowanych w pracy

W trakcie przeprowadzonych badań zastosowano 3 różne metody pozyskiwania informacji odnośnie objętości wytwarzanych przez mieszkańców odpadów: (1) bezpośrednie badania w gospodarstwach domowych, (2) szacowanie objętości na podstawie danych zebranych z pomocą geoankiety oraz (3) badania terenowe. Wyniki otrzymane przy użyciu każdej z wyżej wymienionych metod zestawiono ze sobą i porównano z danymi z lat 2013 – 2015 dla całego Poznania uzyskanymi ze ZM GOAP¹.

Testy statystyczne wykazały brak istotnych różnic tylko w przypadku wartości *OWN* otrzymanych dzięki obserwacjom wykonanym bezpośrednio w gospodarstwach domowych. Wynik ten stanowi potwierdzenie założeń, jakie przyjęto decydując się na wykorzystanie tej metody w badaniach. Miała ona stanowić źródło danych referencyjnych dla oceny wiarygodności informacji pozyskanej za pomocą geoankiety i w trakcie badań terenowych. Wydaje się zatem, że choć udało się w ten sposób uzyskać jedynie 30 pomiarów, to wartości te można wykorzystywać dla celów porównawczych.

Należy jednak zwrócić uwagę, że maksymalna wartość *OWN* uzyskana w wyniku badań w gospodarstwach domowych to 21 l/M/d, podczas gdy maksymalna wartość *OWN* podawana w polskiej literaturze wynosi 10 l/M/d (Rosik-Dulewska, 2000; Jędrzak i Szpadt, 2006; Grygorczuk-Petersons i Tałała, 2007; Mamelka, 2008). Tak wysokie wartości mogą wynikać z zastosowanej w pracy metodyki. Badania objętości odpadów przeprowadzone dotychczas organizowano w oparciu o Polską Normę z roku 1987 (BN-87/9103-04). Zatem bazują one jedynie na zbiorczej informacji o ilości śmieci wytwarzanych w gospodarstwach domowych. Ta sama sytuacja dotyczy danych, którymi dysponuje ZM GOAP. Tymczasem ilość odpadów wytwarzanych w pojedynczych gospodarstwach domowych może być znacznie wyższa, niż wynikałoby to z dotychczas przeprowadzonych badań. Świadczą o tym zarówno wyniki uzyskane bezpośrednio w gospodarstwach domowych, jak i za pośrednictwem geoankiety.

Niemniej należy również pamiętać, że dane uzyskane za pomocą geoankiety różnią się znacząco od pozostałych wyników (por. rozdział 6.5.2 — Ryc. 6.38). Mamy w tym przypadku do czynienia z bimodalnym rozkładem wartości *OWN*. Może on wynikać z błędu metodyki, gdyż mieszkańcy mogli przeszacować liczbę

¹ ZM GOAP nie dysponuje informacją o objętości wytwarzanych w mieście odpadów, dlatego porównywane wartości było możliwe tylko dzięki symulacji relacji między *WWN* a *OWN* na podstawie rozkładu Wakeby określonego dzięki pomiarom przeprowadzonym w Pobiedziskach (por. rozdział 6.5.1 oraz 6.5.2).

wyrzucanych przez nich worków na śmieci (por. rozdział 6.2.1 — Ryc. 6.12). Jednak rozkład bimodalny może też świadczyć o wyodrębniających się przy zastosowaniu geoankiety dwóch odrębnych populacjach. Nie są one jednak związane z typem zabudowy, gdyż rozkład wartości *OWN* ma charakter bimodalny zarówno w przypadku analizy dokonanej wyłącznie na podstawie danych pochodzących z zabudowy wielorodzinnej, jak i z jednorodzinnej. Więcej uwagi temu zagadnieniu poświęcono w dalszej części pracy (por. rozdział 7.2).

Porównując wszystkie zastosowane metody badawcze warto też zwrócić uwagę na zakres wartości *OWN* otrzymany dzięki wykorzystaniu każdej z nich oraz na wartości tego wskaźnika, jaka była szacowana dla całego miasta na podstawie danych ZM GOAP (Tab. 7.1).

Tab. 7.1: Zestawienie podstawowych statystyk wartości *OWN* otrzymanych dzięki zastosowaniu każdej z 3 metod badawczych oraz porównanie z danymi z lat 2013 – 2015 pochodzącymi z ZM GOAP (*OWN* dla danych ZM GOAP to łącznie 51 median analizowanego wskaźnika, jakie zostały wyliczone dla poszczególnych miesięcy, a w przypadku roku 2015, również dla 11 sektorów na podstawie *WWN* — por. rozdział 6.5.1)

Źródło danych	OWN [l/M/d]					
	Min.	1 Kw.	Med.	Śr.	3 Kw.	Maks.
pomiary terenowe	0,41	2,19	3,06	4,07	4,88	14,46
geoankieta	1,00	5,00	8,57	9,84	11,67	40,00
badania w gospodarstwach domowych	1,50	4,24	6,10	7,76	10,54	21,00
dane ZM GOAP dla lat 2013 – 2015	0,24	5,67	6,76	6,25	7,87	10,50

Zakres wartości *OWN* wykazuje dużą zbieżność jedynie w przypadku informacji pozyskanych w wyniku bezpośrednich pomiarów w gospodarstwach domowych i na podstawie danych ZM GOAP — największe różnice zaobserwowano w przypadku wartości minimalnych i maksymalnych. Z kolei wartości *OWN* oszacowane za pomocą geoankiety zdają się być znacznie przeszacowane. Natomiast wyniki uzyskane w trakcie prac terenowych są zdecydowanie zaniżone, o czym świadczy nie tylko to porównanie.

Ważne w tym kontekście są również wyniki dotyczące objętości odpadów uzyskane w Poznaniu w latach 2007 – 2008 (Mamełka, 2008). Średnia wartość *OWN* wyniosła wówczas 7,3 l/M/d. Skoro zaś od tego czasu obserwujemy wzrost masy odpadów, prawdopodobnie ich objętość również mogła wzrosnąć. Oczywiście badania przeprowadzone w roku 2008 mogły nie być reprezentatywne, gdyż dotyczyły tylko wybranych 4 obszarów miasta. Niemniej również wcześniejsze badania wskazują, że wartości objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów dla dużego miasta nie powinny być mniejsze niż 4,94 l/M/d (Grygorczuk-Petersons i Tałała, 2007). Tymczasem średnia wartość tego wskaźnika uzyskana w Poznaniu w wyniku przeprowadzonych badań terenowych wyniosła 4,01 l/M/d.

W tym miejscu należy podkreślić, że choć prace terenowe nie zostały zrealizowane na terenie całego Poznania, to dołożono wszelkich starań, by obszar badawczy wyznaczony do ich przeprowadzenia był jak najbardziej reprezentatywny. Ostatecznie objęto tym badaniem przeszło 1/3 mieszkańców — dużo więcej, niż w przypadku geoankiety czy badań przeprowadzonych bezpośred-

nio w gospodarstwach domowych. Również badania przeprowadzone w latach 2007 – 2008 nie objęły tak dużego procenta mieszkańców. Jest zatem mało prawdopodobne, by pomiary wykonane z pomocą czujnika mierzące wypełnienie pojemników odpadami były obarczone aż tak dużą niedokładnością.

Świadczą o tym też wyniki prac terenowych przeprowadzonych w Pobiedziskach. Pozwoliły one bowiem na pomiar objętości i wagi w tym samym czasie. Rozkład wartości gęstości nasypowej odpadów, którą udało się w ten sposób uzyskać, jest zbliżony do teoretycznego rozkładu Wakeby. Ponadto, średnia gęstość odpadów uzyskana tą metodą wyniosła 0,12 kg/l czyli wartość porównywalną do wyników pomiarów z lat 2007 – 2008. Jak czytamy w raporcie Miejskiego Laboratorium Chemicznego przy Urzędzie m. st. Warszawy, w tym czasie średnia gęstość odpadów w Poznaniu wyniosła 0,123 kg/l (Mamełka, 2008). Otrzymane w trakcie prac terenowych wyniki mieszają się również w zakresie wartości gęstości odpadów typowej dla dużych miastach. Jamróz i Generowicz (2012) podają, że wskaźnik ten waha się przeważnie w przedziale 0,11 – 0,18 kg/l. Zatem sama metoda pomiaru wydaje się być wiarygodnym źródłem wiedzy o objętości odpadów. Być może problem stanowi zatem przeliczenie informacji o objętości na *OWN*, gdyż obarczone błędem mogły być zarówno dane dotyczące liczby mieszkańców, jak i informacja odnośnie dnia wywozu odpadów. Pod tym względem największe wyzwanie stanowiły w trakcie badań obszary zdominowane przez zabudowę jednorodziną.

7.1.1. Ilości odpadów wytwarzanych w zabudowie jednorodzinnej

Wyniki otrzymane na terenie zabudowy jednorodzinnej budzą najwięcej wątpliwości, gdyż zakres wartości objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów wahał się w niej między 0,4 a 2,8 l/*M/d*, a średnia wartość wyniosła 1,75 l/*M/d*. Takie wyniki wydają się mocno zaniżone w porównaniu z wartościami *OWN* uzyskanymi tą samą metodą w zabudowie wielorodzinnej.

Wątpliwości również może budzić ich zestawienie z medianą wartości *OWN* otrzymaną bezpośrednio w gospodarstwach domowych w tym typie zabudowy. Wyniosła ona bowiem 4,27 l/*M/d*. Należy jednak podkreślić, że została ona wyliczona tylko na podstawie 6 pomiarów. Wynik ten może być zatem mocno niereprezentatywny dla całej zabudowy jednorodzinnej. Tym bardziej, że tylko w dwóch z sześciu przebadanych gospodarstw, liczba mieszkańców wyniosła więcej niż 4 osoby, podczas gdy wielkość gospodarstwa domowego w zabudowie jednorodzinnej często bywa większa.

Wartości *OWN* otrzymane w zabudowie jednorodzinnej wydają się znacznie zaniżone również w porównaniu z danymi literaturowymi. Rosik-Dulewska (2000) podaje, że przeciętna wartość tego wskaźnika w zabudowie jednorodzinnej w obszarach miejskich wynosi 3,97 l/*M/d*. Niedużo mniejsze wartości tego wskaźnika w zabudowie jednorodzinnej zostały określone w Poznaniu w badaniach przeprowadzonych w latach 2007 – 2008 (Mamełka, 2008) - 3,6 l/*M/d* (ul. Na Murawie) i 3,2 l/*M/d* (os. Lotników Wilkp.).

Jak zostało wcześniej wspomniane, wątpliwości może budzić przede wszystkim sposób przeliczania objętości odpadów na *OWN*. Największym problemem w czasie prowadzenia badań była duża liczba firm zajmująca się odbiorem odpadów, a każda z nich miała inaczej opracowany harmonogram zbiórki. Zatem

niemożliwym było tak zaplanować prace badawcze, by mieć pewność, że pomiar będzie zrealizowany przed wywozem odpadów. Kilkukrotnie zdarzało się, że studenci będący w terenie w zabudowie jednorodzinnej napotykali gospodarstwa domowe, przy których stały puste pojemniki na śmieci. W konsekwencji łącznie aż 16% wszystkich pomiarów wykonanych w zabudowie jednorodzinnej dało wynik $0 \text{ l}/M/d$. Nie zdecydowano się jednak na wyłączenie tych wyników z dalszych analiz, gdyż zdarzają się gospodarstwa domowe, w których powstaje mało odpadów zmieszanych z różnych względów — np. ich mieszkańcy są zwolennikami idei „zero waste”². Choć wydaje się mało prawdopodobnym, by wśród przebadanych gospodarstw domowych istniał aż tak duży udział osób świadomie prowadzący taki styl życia. Ze względu na czas przeprowadzenia badań w zabudowie jednorodzinnej (sezon wakacyjny) części gospodarzy mogło po prostu nie być w domu. Jednak ponieważ nie dysponowano jednoznacznymi przesłankami, że wartość $0 \text{ l}/M/d$ stanowi błędny wynik, nie zdecydowano się na usunięcie ich z bazy danych. Niestety, te zerowe wartości, które występowały pojedynczo niemal we wszystkich obszarach badawczych, mogły wpłynąć na niskie wyniki w zabudowie jednorodzinnej.

Kolejny czynnik, który mógł wpłynąć na otrzymane wyniki, to losowy dobór próby. Należy pamiętać, że wartość *OWN* w dużej mierze zależy od liczby osób przypadającej na gospodarstwo domowe. Kontrolowanie tego czynnika było niemożliwe przy losowym doborze próby. Ostatecznie średnia liczba osób zameldowanych w przebadanych gospodarstwach i we wszystkich gospodarstwach domowych znajdujących się na obszarach badawczych w zabudowie jednorodzinnej okazała się taka sama — średnio 3 osoby zameldowane pod jednym adresem. Jednak w poszczególnych obszarach obserwujemy już rozbieżności pomiędzy badaną próbą, a populacją całego obszaru.

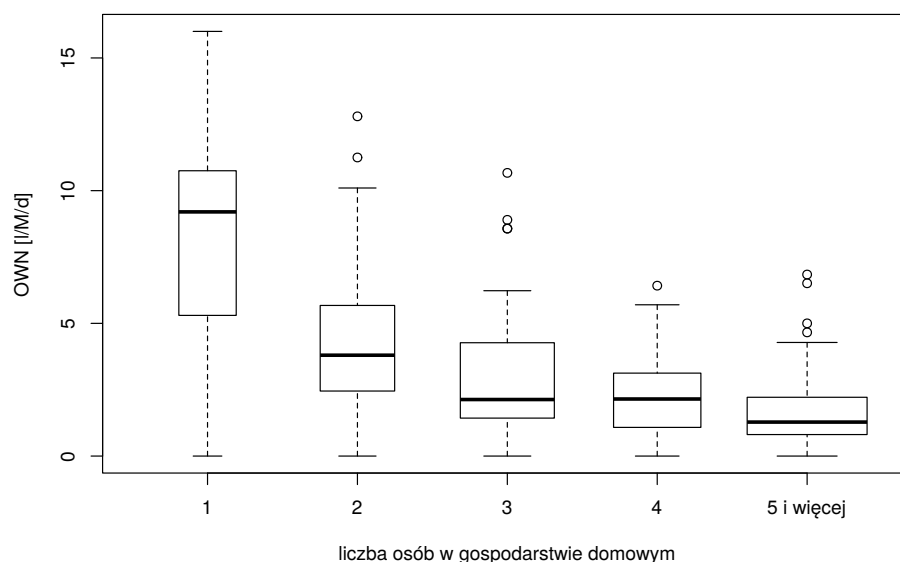
Jako przykład można podać obszar 13 (Morasko-Radojewo), w którym odnotowano najniższą wartość *OWN* ($0,41 \text{ l}/M/d$). Jest to teren, w którym udało się objąć badaniem stosunkowo duży, jak na zabudowę jednorodziną, procent mieszkańców (16,42%). Mimo to średnia liczba osób przypadająca na jedno przebadane gospodarstwo domowe wyniosła 4 osoby, podczas gdy w całym obszarze wartość ta wynosi 2 osoby. Zatem możemy przypuszczać, że wartość *OWN* dla obszaru nr 13 jest zaniżona w stosunku do całego obszaru. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku trzech innych obszarów. W czterech obszarach liczba osób w przebadanych gospodarstwach domowych była większa o 1 osobę w stosunku do całej populacji. Natomiast tylko w dwóch obszarach badawczych wielkość przebadanych gospodarstw domowych była mniejsza w porównaniu z populacją. Innymi słowy w niemal 50% obszarów liczba osób na gospodarstwo domowe w badanych punktach adresowych była większa niż w całym obszarze³. Zatem niereprezentatywność przebadanych gospodarstw mogła mieć również istotny wpływ na niskie wartości *OWN*.

² Trend coraz popularniejszy na świecie. Zwolennicy tej idei generują możliwie jak najmniejszą ilość odpadów, zwłaszcza z żywności, m.in. poprzez optymalne wykorzystanie kupowanych produktów, czy korzystanie z przydomowych kompostowników. Więcej na ten temat można przeczytać na stronie Polskiego Stowarzyszenia Zero Waste — <http://zero-waste.pl>.

³ W porównaniu nie uwzględniono obszaru nr 2, w którym dominuje zabudowa kilkurodzinna, nie jest zatem możliwe oszacowanie ilości osób zamieszkujących pojedyncze gospodarstwo domowe.

Jeżeli przyjrzelibyśmy się wszystkim wynikom otrzymanym w pojedynczych gospodarstwach domowych, do których udało się dotrzeć studentom w trakcie prac terenowych, zauważymy, że wynik poniżej $3 \text{ l}/M/d$ dotyczył głównie gospodarstw, w których zameldowane były min. 4 osoby. Natomiast jednoosobowe gospodarstwa domowe generowały średnio aż $8,25 \text{ l}/M/d$ (Ryc 7.1).

Jest zatem bardzo prawdopodobne, że badania prowadzone w zabudowie jednorodzinnej wymagałoby dokładniejszych informacji o pojedynczych gospodarstwach domowych. Wydaje się też, że wskazany byłby w tym obszarze inny dobór próby badawczej np. z zastosowaniem warstwowego doboru losowego i stratyfikacją grupy docelowej na podstawie wielkości gospodarstwa domowego. Najprawdopodobniej tylko wówczas otrzymane wyniki można było uznać za reprezentatywne dla badanego obszaru.



Ryc. 7.1: Zmienność wartości OWN uzyskana w poszczególnych punktach zbiórki objętych badaniami terenowymi w zabudowie jednorodzinnej w zależności od wielkości gospodarstwa domowego — zestawienie nie obejmuje obszaru nr 2, w którym dominowała zabudowa kilkurodzinna

Niemniej, powyższe zestawienia dla pojedynczych gospodarstw domowych pokazują, jak duży wpływ na otrzymane wyniki może mieć wielkość przebadanych gospodarstw domowych. Jest to zatem również argumentem podważającym reprezentatywność obszarów wytypowanych do badań przeprowadzonych w Poznaniu w latach 2007 – 2008 (Mamelka, 2008). Przy ich wyborze nie kierowano się bowiem w ogóle charakterystyką gospodarstw domowych, a jedynie samym typem zabudowy i jego otoczeniem. Należy jednak podkreślić, że ich główny cel był inny. Miały one pozwolić na przeprowadzenie badań morfologicznych i właściwości technologicznych odpadów komunalnych w Poznaniu. Są to analizy bardzo kosztowne i trudne logistycznie. Przedstawiciele Miejskiego Laboratorium Chemicznego przy urzędzie m.st. Warszawy musieli ustalić przebieg tras pomiarowych w porozumieniu z firmami wywozowymi. Sprawozdanie z przeprowadzonych badań nie podaje szczegółów podjętych ustaleń. Można

jednak przypuszczać, że decydujące było przeprowadzenie badań w sposób jak najmniej angażujący firmę wywozową. Pradopodobnie sugerowano się funkcjonującymi w czasie badań trasami zbiórki odpadów, nie biorąc pod uwagę wielkości gospodarstw domowych, jakie zostaną objęte badaniem. Dopiero po wyznaczeniu tras przeprowadzono ich szczegółową inwentaryzację. Nie obejmowała ona jednak informacji o wielkości gospodarstw domowych ani strukturze społeczno-ekonomicznej mieszkańców. Określono też: adresy budynków, liczbę mieszkańców, rodzaj obiektów infrastruktury towarzyszącej oraz liczbę i typ pojemników. Nie wiemy zatem, na ile gospodarstwa domowe objęte badaniem były typowymi dla całego Poznania w latach 2007 – 2008. Nie możemy mieć z tego względu pewności, czy otrzymane w efekcie wartości *OWN* można uznać za w pełni reprezentatywne.

Warto w tym miejscu zwrócić również uwagę na podobne badania *OWN*, jakie przeprowadzono w ostatnich latach w zabudowie jednorodzinnej w Białymstoku (Grygorczuk-Petersons i Wiater, 2014). Białystok, tak jak Poznań, jest miastem na prawach powiatu. Charakteryzuje się jednak niemal o połowę mniejszą powierzchnią i liczbą mieszkańców oraz mniejszą ilością wytwarzanych przez nich odpadów. Tymczasem średnia wartość *OWN* otrzymana w wyniku przeprowadzonych w Białymstoku badań terenowych, którymi objęto 82 gospodarstwa domowe, wyniosła 1,94 l/M/d. Jest to zatem więcej, niż w przypadku omawianych wyników prac terenowych, choć jest to jednocześnie wartość stosunkowo niska, biorąc pod uwagę dane literaturowe. Grygorczuk-Petersons i Wiater nie podają jednoznacznego wyjaśnienia faktu występowania tak niskich średnich wartości *OWN*.

Prawdopodobnym jest też, że ilość odpadów zmieszanych generowanych w zabudowie jednorodzinnej mogła znacznie zmaleć na przestrzeni ostatnich kilku lat w wyniku zmian systemów zbiórki i rosnącej ilości odpadów zbieranych selektywnie. Wyniki te wskazują zatem na konieczność opracowania nowych wartości referencyjnych, przynajmniej dla dużych polskich miast.

Wyniki te obrazują też, jak trudnym obszarem badawczym jest zabudowa jednorodzinna. Nawet jeśli informacje dotyczące liczby mieszkańców oraz daty ostatniego wywozu odpadów są pewne, to nie gwarantują otrzymania miarodajnych wartości. Pomiar wykonywany na pojedynczych pojemnikach z jednego gospodarstwa domowego są bardzo „wrażliwe” — w takim przypadku przysłowiowy jeden worek robi dużą różnicę. Wystarczy bowiem, by mieszkańcy nie wynosili odpadów od razu do pojemnika. Zabudowa jednorodzinna stwarza przecież takie możliwości, z których niejednokrotnie mieszkańcy korzystają np. wynosząc śmieci tymczasowo do garażu. Zatem prowadzenie badań terenowych w tym typie zabudowy (czy to z użyciem czujników, czy też przez tradycyjną wizualną ocenę wypełnienia pojemników odpadami) wymagałoby przede wszystkim większej liczby obserwacji. Najlepiej przeprowadzonych we współpracy z firmą zajmującą się odbiorem odpadów od mieszkańców, by moment pomiaru był dokładnie zsynchronizowany z wywozem odpadów i by nie wymagał też nawiązywania wcześniejszej współpracy z mieszkańcami (w dniu wywozu pojemniki na odpady są wystawione przed posesje).

Jednocześnie należy podkreślić, że nie ma przesłanek, by twierdzić, że niskie wartości *OWN* odnotowane w zabudowie jednorodzinnej mają wyraźny

związek z liczbą „dzikich wysypisk” pojawiających się w okolicy. Największy problem nielegalnych składowisk odpadów związany jest w Poznaniu z Dzielnicą Grunwald. Zatem, jeśli jej mieszkańcy pozbywaliby się swoich odpadów w znaczącym stopniu nielegalnie, to sektory zbiórki obejmujące ten teren powinny się odznaczać mniejszymi wartościami *WWN* i *OWN*. Tymczasem na trzy sektory, w których ZM GOAP odnotował największą ilość zebranych odpadów w 2015 r., dwa położone były właśnie w Dzielnicy Grunwald — XI i I. Również w trakcie prowadzonych prac terenowych największe wartości *OWN* stwierdzono w tej dzielnicy. Tym samym nie ma przesłanek, by twierdzić, że istnieje odwrotna proporcja między ilością odbieranych od mieszkańców odpadów, a liczbą „dzikich wysypisk”. Można by raczej postawić tezę, że to niska świadomość ekologiczna jest przyczyną obu tych faktów: zarówno dużej ilości powstających ogółem śmieci, jak i tych wyrzucanych nielegalnie. Potwierdzenie jej wymagałoby oczywiście pogłębionych badań.

7.1.2. Zróżnicowanie przestrzenne i zmienność czasowa

Mimo iż wyniki przeprowadzonych prac terenowych budzą pewne wątpliwości (przynajmniej w zabudowie jednorodzinnej), to jednak jedynie ta metoda zbierania informacji o objętości wytwarzanych przez mieszkańców odpadów umożliwiła ocenę zróżnicowania przestrzennego *OWN*. W przypadku geoankietyzacji problem stanowi nie tylko niedokładność otrzymanych wyników, ale również przypadkowy rozkład przestrzenny uczestników ankiety. Gdyby udało się pozyskać wystarczającą liczbę odpowiedzi w każdym z badanych obszarów, można by podjąć próbę określenia mediany *OWN* dla każdego z nich. Niestety, ilość odpowiedzi w dużej mierze związana jest z kosztami promocji. Otrzymanie odpowiedniej liczby odpowiedzi wymagałoby zatem znacznie większych środków finansowych, co w dalszym ciągu nie dawałoby gwarancji powodzenia.

Natomiast prace terenowe, przeprowadzone z pomocą zastosowanego do pomiarów czujnika, umożliwiły pozyskanie informacji o ilości odpadów w różnych obszarach badawczych. Wykorzystanie czujników ułatwiło też zbieranie informacji — ocena wizualna wypełnienia pojemnika odpadami nie pozwalałaby na taką dokładność pomiarów przy tak dużej liczbie studentów zaangażowanych w projekt. Dane te umożliwiły zaś wykazanie nieprzypadkowego zróżnicowania przestrzennego ilości wytworzonych przez mieszkańców odpadów poprzez stwierdzenie dodatniej autokorelacji przestrzennej uzyskanych wartości *OWN*. Jest zatem możliwe, że wykorzystana w badaniach metodyka mogłaby znaleźć zastosowanie w modelowaniu zróżnicowania przestrzennego objętości odpadów wytwarzanych przez mieszkańców Poznania, co zostało szerzej omówione w dalszej części pracy (por. rozdział 7.3).

Również zmienność sezonową *OWN* można było uchwycić tylko dzięki pracom terenowym, a otrzymane wyniki potwierdziły prawidłowości opisywane dotychczas w literaturze (Żygadło, 2001a; Gómez i in., 2009; Grygorczuk-Petersons i Wiater, 2014) — objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów jest znacznie mniejszy zimą, niż w pozostałych porach roku. W badaniach Grygorczuk-Petersons i Wiater (2014) prowadzonych w Białymstoku najmniejsze rozproszenie wartości objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów zaobserwowano jednakże latem, czyli odwrotnie niż w przypadku omawianych w niniejszej roz-

prawie prac terenowych. Ponadto w Poznaniu to właśnie w miesiącach letnich odnotowano najwyższe wyniki *OWN* oraz najwięcej wartości odstających tego wskaźnika, podczas gdy w Białymstoku największe ilości odpadów stwierdzono wiosną. Różnice między Białymstokiem i Poznaniem wskazują, jak ważna jest specyfika badanego obszaru. Badania prowadzone w Białymstoku dotyczyły zabudowy jednorodzinnej. W Poznaniu zaś badaniem zmienności sezonowej objęto mieszkańców zabudowy wielorodzinnej wysokiej, co pozwoliło uwzględnić większą liczbę mieszkańców, ale byli oni też bardziej zróżnicowani pod wieloma względami. Niestety nie jest zatem możliwa dyskusja na temat konkretnych przyczyn tych różnic. W tym celu koniecznym byłoby przeprowadzenie dodatkowych badań pozwalających uzyskać informację na temat struktury demograficznej i ekonomicznej mieszkańców.

Teoretycznie analiza zmienności sezonowej byłaby również możliwa w oparciu o badania przeprowadzone bezpośrednio w gospodarstwach domowych, co ułatwiłoby dalszą interpretację wyników. Takie próby były już prowadzone, ale pozwoliły na porównanie jedynie wybranych miesięcy, a nie zmienności w ciągu całego roku (Gómez i in., 2009). W praktyce badania analogiczne do przeprowadzonych prac terenowych oznaczałoby zaangażowanie mieszkańców w roczny monitoring ilości wytwarzanych przez nich odpadów. Pozyskanie osób chętnych do podjęcia takiej współpracy byłoby dużym wyzwaniem, a otrzymane wyniki mogłyby nie być już tak dokładne. Trudno jest bowiem wyrobić we wszystkich osobach tworzących jedno gospodarstwo domowe nawyk odnotowywania liczby wyrzuconych worków na śmieci. Zatem im dłużej trwałoby to badanie, tym większe byłoby prawdopodobieństwo, że osoby biorące w nim udział z czasem zaczęłyby zapominać o monitoringu wyrzucanych worków na śmieci.

Badania przeprowadzone bezpośrednio w gospodarstwach domowych wydają się jednak bardzo dobrym źródłem informacji pozwalającym na badanie zmienności dobowej i tygodniowej *OWN*. Możliwym było dzięki nim dokładne sprawdzenie, które pory w ciągu dnia sprzyjają wyrzucaniu śmieci. Obserwacje te potwierdziły też badania terenowe, co pozwoliło na standaryzację otrzymanych wyników ze względu na godzinę wykonywania pomiarów.

Nie znaleziono w literaturze podobnych prac, które badałyby zmienność dobową ilości wyrzucanych przez mieszkańców odpadów. Tymczasem, jak wykazały otrzymane wyniki, uwzględnienie zmienności dobowej może mieć bardzo duże znaczenie, zwłaszcza dla wiarygodnego porównania wyników otrzymanych w zabudowie wielorodzinnej. Jeśli bowiem nie dysponujemy wiedzą na ten temat, należałoby przyjąć stałą porę wykonywania pomiarów. Najlepiej do godziny 7:00 lub po 19:00, gdyż wówczas jeszcze nie wiele osób zdąży wyrzucić śmieci. W praktyce rzadko jest to możliwe, gdyż oceny wypełnienia pojemników odpadami dokonuje się często we współpracy z firmami wywozującymi odpady, a wywóz odbywa się o różnych porach dnia. Natomiast dysponując wiedzą na temat zmienności dobowej wypełnienia pojemników odpadami, jesteśmy w stanie oszacować, jaki procent odpadów wyrzucanych dziennie przez mieszkańców znalazło się w pojemniku w chwili wykonywania pomiaru. Co więcej, badania przeprowadzone bezpośrednio w 30 gospodarstwach domowych wykazały, że występują w tym względzie pewne prawidłowości niezależne od typu gospodarstwa domowego czy zabudowy, w jakiej się ono znajduje. Zwłaszcza w dni

robocze, jak np. znaczny wzrost w ilości wyrzucanych odpadów po godzinie 16:00. Obserwacje te mogą być jednak charakterystyczne dla stylu życia Poznańców, dlatego należałoby powtórzyć je w innych miastach, by móc potwierdzić zaobserwowane w trakcie badań prawidłowości. Opracowanie ogólnokrajowych wytycznych do standaryzacji badań ilości wyrzucanych śmieci mogłoby bowiem znacznie usprawnić prace terenowe i ułatwić analizy porównawcze.

Natomiast wykorzystanie geoankietyzacji w zakresie badania zmienności dobowej, tygodniowej czy sezonowej wydaje się praktycznie niemożliwe.

7.1.3. Objętość a waga odpadów komunalnych

Porównanie zmienności sezonowej *OWN* i *WWN* wskazało kilka miesięcy, dla których zaobserwowano znaczne różnice między wartościami wyżej wymienionych wskaźników (por. rozdział 6.3.4). Generalnie oba charakteryzowały niższe wartości zimą i wzrost ilości wytwarzanych śmieci na wiosnę. Jednak w przypadku *OWN* skok wartości odnotowanych w okresie wiosna – lato 2014 w porównaniu do średniej rocznej wszystkich wykonanych pomiarów był zdecydowanie większy, niż wynikałoby to z danych ZM GOAP dotyczących wagi odpadów. W tym drugim przypadku miesiące letnie charakteryzuje raczej przeciętna waga, a faktyczny wzrost w stosunku do średniej zaobserwowano dopiero na jesieni. Różnice te mogą wynikać oczywiście z niereprezentatywności obszaru badawczego, w którym analizowano zmienność sezonową. Niemniej, jest również bardzo możliwe, że różnica ta wynika ze zmieniającego się w ciągu roku składu morfologicznego odpadów (Mamełka, 2008; Gómez i in., 2009).

Jak wykazały badania przeprowadzone przez Miejskie Laboratorium Chemiczne przy Urzędzie m. st. Warszawy (Mamełka, 2008), mieszkańcy wyrzucają w Poznaniu dużo takich frakcji odpadów jak papier i tektura czy opakowania z tworzyw sztucznych (por. rozdział 2.1.5). Ich całościowy udział w masie odpadów we wszystkich typach zabudowy objętych badaniem w 2008 r. wyniósł odpowiednio 12% i 12,9%. Są to zatem jedne z najczęściej występujących frakcji, jakie możemy wyodrębnić z odpadów komunalnych zmieszanych zaraz po odpadach biodegradowalnych, co potwierdzają nie tylko badania Miejskiego Laboratorium Chemicznego (Mamełka, 2008). Zgodnie z Krajowym Planem Gospodarki Odpadami (2010) obowiązującym w trakcie przeprowadzanych prac terenowych, tworzywa sztuczne stanowiły aż 15,1% wszystkich odpadów wytworzonych w dużych miastach w roku 2008. Jeszcze większy był udział papieru i tektury (19,10%), z których również powstaje wiele odpadów opakowaniowych. Jednak w przypadku odpadów z tworzyw sztucznych należy pamiętać, że składają się one z wyjątkowo lekkiego materiału, ale zajmują często bardzo dużo miejsca w porównaniu z pozostałymi frakcjami. Zatem to właśnie ich duży udział w zmieszanych odpadach komunalnych może znacząco wpływać na wypełnieniu pojemników odpadami, a analiza nie tylko masy zbieranych odpadów, ale również ich objętości, może być podstawą do wstępnej oceny składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych.

W tym miejscu należy zauważyć, że zmienność sezonowa ilości wytwarzanych śmieci dotyczy nie tylko ich ilości, ale również składu jakościowego. Jak wykazały badania prowadzone w Poznaniu w latach 2007 – 2008 (Mamełka, 2008) udział poszczególnych frakcji odpadów może zależeć zarówno od miesiąca

miarowego, jak i typu zabudowy, w której badania zostały przeprowadzone. Na przykład najmniejszy udział opakowań z tworzyw sztucznych w całym strumieniu odpadów odnotowano w Poznaniu w grudniu 2007. Niestety badania te nie były prowadzone w miesiącach letnich. Można się jednak domyślać, że okres ten sprzyja pojawianiu się większej ilości plastikowych opadów opakowaniowych, głównie po napojach. Potwierdzają to badania prowadzone w latach 2006 – 2007 w mieście Chihuahua w Meksyku (Gómez i in., 2009).

Badania, które prowadzili Gómez i in. (2009) w kwietniu, sierpniu i styczniu bezpośrednio w gospodarstwach domowych miały pokazać wpływ poziomu zamożności mieszkańców na ilość i jakość generowanych śmieci. We wszystkich przypadkach zaobserwowano to samo zjawisko — największy udział frakcji opakowań z tworzyw sztucznych wystąpił w sierpniu i był on znacznie wyższy niż w pozostałych 2 badanych miesiącach. Chociaż we wszystkich przypadkach, to kwiecień był tym miesiącem, który charakteryzowały największe wartości całkowitej ilości generowanych odpadów. Natomiast w styczniu odnotowano najmniejszą ilość odpadów, oraz najmniejszy udział odpadów plastikowych. Warto też zwrócić uwagę, że zdecydowanie większy udział tej frakcji odpadów pojawił się w najuboższych gospodarstwach domowych.

Przedstawiona powyżej literatura oraz wyniki omawianych badań terenowych dowodzą, że odpady wykazują dużą zmienność sezonową nie tylko w zakresie ilości generowanych śmieci, jak również ich składu morfologicznego — ten zaś może mieć istotny wpływ na objętość odpadów. Nie powinno się zatem podejmować strategicznych decyzji dotyczących gospodarki odpadami, jedynie w oparciu o dane dotyczące ich wagi. Jednak informacja ta jest dużo łatwiejsza do zdobycia, dlatego też przeważnie to na jej podstawie działają firmy i instytucje odpowiedzialne za opracowywanie miejskich systemów zbiórki odpadów. Nie powinno się też przeliczać bezpośrednio wagi na objętość, gdyż jest to duże uproszczenie. Gęstość zależy bowiem od wielu zmiennych w czasie i przestrzeni czynników (Mamełka, 2008). Gdyby możliwym było bardziej wiarygodne przeliczanie masy odpadów na ich objętość, być może udałoby się rzadziej widywać na naszych osiedlach przepełnione pojemniki na odpady.

Wyniki badań porównawczych, które zostały przeprowadzone w Pobiedziskach wskazują, że szacowanie objętości odpadów w oparciu o ich masę może być jednak możliwe. Jak zostało wykazane w trakcie badań, rozkład wartości gęstości odpadów w przebadanych pojemnikach można modelować stochastycznie. Okazał się on być zbliżony do rozkładu teoretycznego Wakeby, który jest tzw. rozkładem o grubym ogonie, co zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia wartości odległych od średniej w porównaniu do rozkładu normalnego. Fakt, że rozkład wartości gęstości można opisać przy pomocy rozkładu teoretycznego pozwoli na szacowanie w oparciu o ten rozkład zakresu wartości *OWN*, jakie potencjalnie mogą wystąpić na badanym terenie.

Możliwość tą wykorzystano w pracy do szacowania wartości *OWN* na podstawie istniejących danych *WWN*. Uzyskane tą drogą wyniki zdają się być wiarygodne. Świadczy o tym brak istotnych różnic statystycznych między wartościami *OWN* uzyskanymi dzięki pomiarom wykonanym bezpośrednio w 30 gospodarstwach domowych oraz szacowanymi na podstawie danych ZM GOAP.

Jednak by metoda ta mogła znaleźć szersze zastosowanie w gospodarce odpadami, wymagałaby przeprowadzenia szeregu dodatkowych badań.

Należałoby wykonać w Poznaniu w kilku obszarach — najlepiej w każdym z sektorów zbiórki — analogiczne badania do prac przeprowadzonych w Pobiedziskach (por. rozdział 4.3.3). Dzięki temu byłoby możliwe sprawdzenie, czy za każdym razem rozkład gęstości odpadów byłby zbliżony do rozkładu Wakeby czy też mogłyby znaleźć tu zastosowanie również inne teoretyczne rozkłady statystyczne. Dodatkowe badania umożliwiłyby również znalezienie odpowiedzi na pytanie, czy i przy spełnieniu jakich warunków można by szerzej wykorzystać zastosowaną w pracy metodę symulacji dla szacowania objętości odpadów jedynie w oparciu o informacje dotyczące ich masy.

W chwili obecnej Poznań dysponuje już pojazdami z dynamicznymi systemami wagowymi, dzięki czemu przeprowadzenie takich badań na terenie miasta byłoby realne i wskazane.

7.1.4. Porównanie wyników uzyskanych przy wykorzystaniu wszystkich 3 metod badawczych

Dzięki zastosowaniu w badaniach aż trzech metod pomiarowych możliwe było nie tylko badanie zróżnicowania przestrzennego i zmienności czasowej ilości generowanych w Poznaniu śmieci, ale przede wszystkim porównanie wad i zalet różnych sposobów pozyskiwania informacji o objętości zmieszanych odpadów komunalnych, a w konsekwencji o *OWN*. Na tej podstawie opracowane zostały następujące sugestie związane z prowadzeniem monitoringu ilości generowanych przez mieszkańców odpadów:

- jeśli to tylko możliwe, zalecane jest przeprowadzanie badań bezpośrednio w gospodarstwach domowych, gdyż dają one najbardziej wiarygodne wyniki;
- w zabudowie wielorodzinnej pomiary wykonywać najlepiej z samego rana, kiedy tylko jest możliwy dostęp do pojemników z odpadami i jeszcze przed wywozem śmieci przez śmieciarki lub późnym wieczorem (najlepiej po godzinie 19:00) — mamy wówczas pełną informację odnośnie wszystkich odpadów, które zostały wytworzone w dniach poprzednich w danym punkcie zbiórki, zmienność liczby odpadów, jaka trafia do pojemników jest już niewielka i nie trzeba wprowadzać do wyników dodatkowych poprawek ze względu na godzinę wykonywania pomiarów; jeśli jednak nie jest możliwe zastosowanie takiej procedury, zalecana jest standaryzacja wyników;
- właściwa interpretacja wyników wymaga wzięcia pod uwagę zmienności sezonowej ilości powstających odpadów;
- trzeba zwrócić szczególną uwagę na właściwe zaplanowanie badań terenowych w zabudowie jednorodzinnej, która jest trudnym obszarem badawczym;
- przy wyznaczaniu obszarów badawczych, zwłaszcza w zabudowie jednorodzinnej, należy zatroszczyć się o możliwie jak najlepszą reprezentatywność wybranego obszaru pod kątem wielkości gospodarstw domowych;
- ze względu na silne i słabe strony poszczególnych metod badawczych, warto przy planowaniu badań nie ograniczać się tylko do jednej metody;
- regularny monitoring odpadów komunalnych nie powinien ograniczać się jedynie do badania masy odpadów — warto poszukać optymalnej metody pozwalającej również na wyliczenie *OWN*, który jest lepszym wskaźnikiem

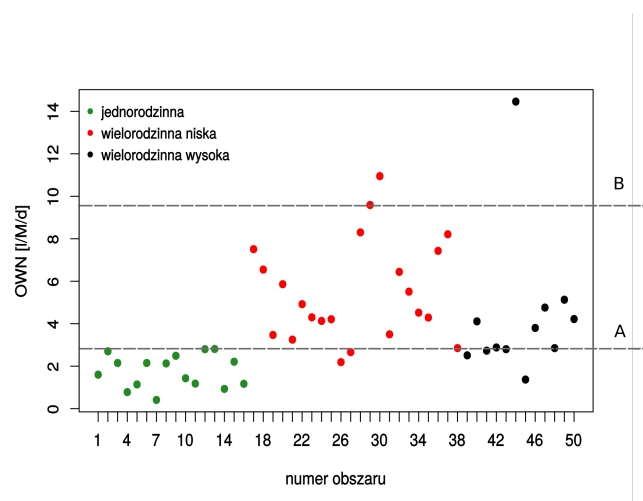
Tab. 7.2: Porównanie wszystkich trzech metod wykorzystanych w badaniach

		METODA		
OCENA	bezppośrednie badania w gospodarstwach domowych	geoankietyzacja	badania terenowe	
dokładności szacowanej wartości <i>OWN</i>	<p>najdokładniejsza metoda</p> <p>- otrzymane wartości są najbardziej wiarygodne i nie obciążone ryzykiem związanym z niepewnością danych dot. liczby osób w gospodarstwie domowe, czy dni, dla których <i>OWN</i> jest wyliczany</p>	<p>wartości przeszacowane</p> <p>- wyniki budzące największą wątpliwość</p>	<p>wyniki zaniżone, zwłaszcza w zabudowie jednorodzinnej</p> <p>- pomiary objętości odpadów nie budzą wątpliwości, jednak dokładność metody zależy od wiarygodności informacji dot. zamieszkujących badany obszar i liczby dni, dla których <i>OWN</i> jest wyliczany</p>	
wielkość badanej próby	kilkadziesiąt gospodarstw domowych	kilkaset gospodarstw domowych	<p>największa próba</p> <p>- ok. 1/3 mieszkańców Poznania</p>	
możliwość interpretacji wyników w kontekście wpływu czynników społeczno-ekonomicznych	<p>najlepsza - nie budząca większych wątpliwości interpretacyjnych</p>	<p>bardzo dobra przy założeniu, że większość respondentów dobrze oszacuje ilość wyrzucanych odpadów</p>	<p>bardzo niewielka ze względu na mały dostęp do danych przestrzennych na wyznaczonym stopniu szczegółowości</p>	
możliwość przeliczenia <i>OWN</i> na <i>WWN</i> lub gęstość nasypową odpadów	<p>trudne, ale możliwe</p> <p>- wymagałoby wyznaczenia każdego gospodarstwa w tzw. "wagę bagażową"</p>	<p>bez wiarygodnych przeliczeń, praktycznie niemożliwe</p>	<p>możliwe, ale wymaga synchronizacji pomiarów z firmami odpowiedzialnymi za wywóz odpadów, które posiadają pojazdy wyposażone w dynamiczne czujniki wagowe</p>	
badanie zróżnicowania przestrzennego	praktycznie nie możliwe bez połączenia z inną metodą	trudne ze względu na brak kontroli nad rozkładem przestrzennym respondentów	możliwe	
badanie zmienności sezonowej	bardzo trudne, a wiarygodność wyników obciążona większą niepewnością	niemożliwe	możliwe, ale tylko w wybranych obszarach badawczych, na bardzo ograniczonej próbie	
badanie zmienności tygodniowej i dobowej	najlepsze źródło informacji	bardzo niepewne źródło informacji	dobre źródło informacji	

wypełnienia pojemników odpadami, a dodatkowo w porównaniu z *WWN* może być również podstawą do oceny skuteczności zbiórki selektywnej na badanym obszarze.

7.2. Wpływ zabudowy mieszkaniowej na ilości wytwarzanych odpadów

Wyniki omówionych prac terenowych oraz badań przeprowadzonych bezpośrednio w gospodarstwach domowych potwierdzają wcześniejsze, prowadzone w Poznaniu, obserwacje dotyczące wpływu zabudowy mieszkaniowej na ilość powstających odpadów (Mamełka, 2008) — w zabudowie jednorodzinnej wytwarzanych jest znacznie mniej odpadów, niż w zabudowie wielorodzinnej (Ryc. 7.2). Choć, jak wspomniano poprzednio, wyniki badań terenowych prowadzone w zabudowie jednorodzinnej mogą budzić wątpliwości. Należy też podkreślić, że istnieją również przesłanki wykazujące odwrotne zależności w tym zakresie.



Ryc. 7.2: Średnia wartość objętości odpadów wytwarzana przez mieszkańców każdego z 50 obszarów badawczych (z podziałem na typy zabudowy) zestawiona z danymi pochodzącymi z raportu Miejskiego Laboratorium Chemicznego (Mamełka, 2008), gdzie A — oznacza najmniejszą zmierzoną wartość *OWN* (analiza składu ilościowego odpadów w zabudowie jednorodzinnej na os. Lotników Włkp.), B — najwyższą zmierzoną wartość *OWN* (analiza składu ilościowego odpadów w zabudowie wielorodzinnej, starej na Jeźycach)

Rosik-Dulewska (2000) powołując się na wcześniejsze badania (Skalmowski, 1992) wskazywała, że na obszarach miejskich to właśnie w zabudowie jednorodzinnej powstaje najwięcej odpadów. Obserwację tę potwierdzają w przypadku Poznania badania prowadzone przez studentów Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM (Szymczak, 2013).

Dennison i in. (1996a) również podawali, że w zabudowie jednorodzinnej powstaje więcej śmieci (w tym głównie papieru, plastiku i szkła), jednak zależność ta została zaobserwowana tylko w przypadku tzw. „bliźniaków”. Nie odnotowali oni natomiast żadnych istotnych różnic w ilości odpadów powstających w zabudowie jednorodzinnej wolnostojącej. Niejednoznaczne są też badania, na które powołują się Jędrzcak i Szpadt (2006). Jednym z przykładów miast przy-

wołanych w ich pracy, w których przeprowadzono analizę jakościową i ilościową odpadów komunalnych, jest Zielona Góra. Wyróżniono w tych badaniach dwa rodzaje zabudowy jednorodzinnej — z ogrzewaniem gazowym i „na węgiel”. W tym drugim przypadku średnia masa odpadów pochodząca z zabudowy jednorodzinnej była bardziej zbliżona do ilości odpadów odnotowanych w zabudowie wielorodzinnej wysokiej, a w zabudowie śródmiejskiej zaobserwowana masa odpadów była zdecydowanie niższa. Natomiast w zabudowie jednorodzinnej z ogrzewaniem gazowym zaobserwowano najmniejszą masę odpadów spośród wszystkich 4 wyróżnionych w tym badaniu typów zabudowy. Również w przypadku geoankietyzacji zastosowanej w trakcie badań prezentowanych w omawianej pracy otrzymano niejednoznaczne wyniki.

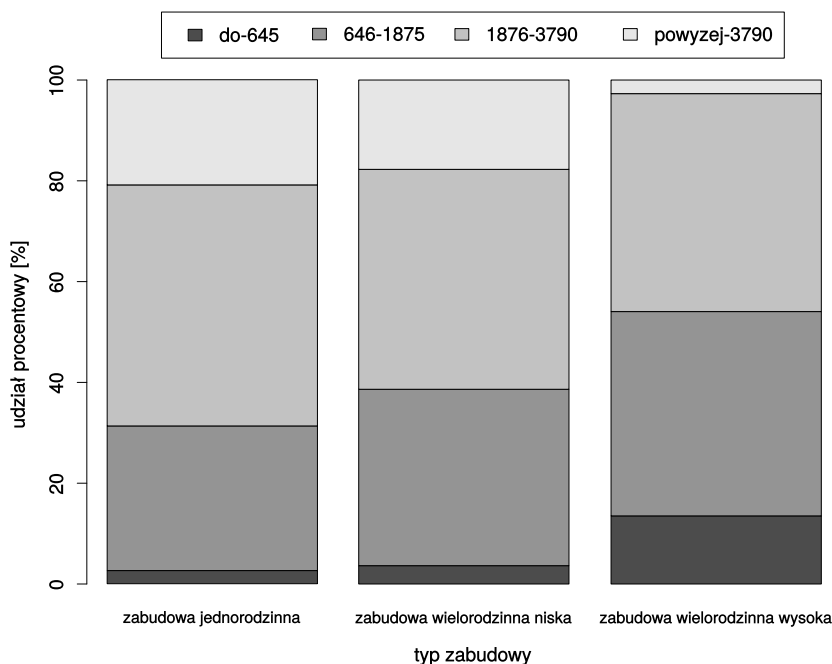
Mediana wartości *OWN* otrzymana na podstawie odpowiedzi ankietowanych była niemal równa w każdym z 3 typów zabudowy. Tymczasem wartości *OWN* otrzymane w wyniku badań prowadzonych w terenie i w 30 gospodarstwach domowych różnią się znacząco między obszarami zdominowanymi przez poszczególne typy zabudowy. Można by zatem podejrzewać, że zbieranie informacji o ilości wyrzucanych przez mieszkańców śmieci metodą geoankiety daje niemiernodajne wyniki.

Niemniej zestawienie badanego tą metodą wskaźnika z wielkością gospodarstwa domowego, w którym mieszkał ankietowany, wskazuje już na zależności zgodne z oczekiwanymi — wraz z rosnącą liczbą osób w gospodarstwie domowym maleje jednostkowy wskaźnik ilości wytwarzanych odpadów. Tę samą zależność zaobserwowano w trakcie badań przeprowadzonych bezpośrednio w gospodarstwach domowych, potwierdzają je również prace Dennisona i in. (1996b) oraz Dysona i Changa (2005). Zatem potencjalny błąd oszacowania, wskazany wcześniej w pracy (patrz rozdz. 6.2.1), nie musi być jedynym możliwym wytłumaczeniem otrzymanych wyników. Równie ważne w tym aspekcie może być zróżnicowanie charakterystyk, jakie zaobserwowano w obrębie każdego z trzech uwzględnionych w badaniu typów zabudowy. Szczególnie istotna w tym zakresie zdaje się być informacja odnośnie rozporządzalnego przychód na osobę w gospodarstwie domowym.

Wpływ zamożności mieszkańców na ilość wytwarzanych przez nich odpadów został wielokrotnie wykazany we wcześniejszych badaniach (Dennison i in., 1996b; Dyson i Chang, 2005; Gómez i in., 2009). Zakładano, że przyjęty w pracy podział Poznania na trzy typy zabudowy, pozwoli na uchwycenie tego wpływu, przynajmniej do pewnego stopnia. Wiadomo bowiem, że na zakup mieszkania w zabudowie jednorodzinnej przeważnie mogą pozwolić sobie osoby zamożniejsze, natomiast w zabudowie wielorodzinnej wysokiej, którą przeważnie charakteryzują mieszkania o mniejszym metrażu i standardzie, zamieszkują osoby mniej majątne. Jednak jak wykazały badania wykonane z pomocą geoankiety, zależność ta nie jest taka prosta.

W zasadzie jeżeli uwzględnione zostaną wszystkie odpowiedzi zawierające deklarację odnośnie uzyskiwanego dochodu na osobę w gospodarstwie domowym, to okaże się, że struktura zamożności ankietowanych w każdym z trzech typów zabudowy nie różni się znacząco (Ryc. 7.3). Jedynie wyniki uzyskane w zabudowie wielorodzinnej wysokiej wskazują, że jest ona częściej zamieszkiwana przez osoby mniej majątne. Zaobserwowano w niej stosunkowo niewielki udział

mieszkańców deklarujących dochód powyżej 3790 zł/osobę/m-c, przy jednoczesnym znacznym wzroście liczby gospodarstw o najniższym dochodzie (poniżej 645 zł/osobę/m-c).



Ryc. 7.3: Procentowy udział odpowiedzi dotyczących deklarowanego dochodu na osobę na miesiąc w gospodarstwie domowym, udzielonych przez ankietowanych w każdym z trzech typów zabudowy

Należy też pamiętać, że prawie 80% jednoosobowych gospodarstw domowych, jakie udało się przebadać przy pomocy geoankiety, znajdowało się w zabudowie wielorodzinnej, a w tym 15% stanowiły gospodarstwa zlokalizowane w zabudowie wielorodzinnej wysokiej. Wśród tych mieszkańców nie odnotowano przedstawicieli najuboższej części społeczeństwa. Ta sama sytuacja dotyczyła ankietowanych mieszkających w drugim, najczęściej występującym w tej zabudowie typie gospodarstw domowych. Były to dwuosobowe gospodarstwa. Mieszkańcy obydwu typów stanowili łącznie niemal 50% wszystkich ankietowanych zamieszkujących zabudowę wielorodzinną wysoką. W obydwu przypadkach zaobserwowano wysokie wartości *OWN*. Mediana tych wartości wyniosła aż 10 l/M/d. Jednocześnie, tylko wśród tej części odpowiedzi zebranych w obszarach zdominowanych przez zabudowę wysoką, występowały przypadki gospodarstw domowych, w których nie prowadzono segregacji odpadów. Sytuacja ta miała miejsce u 22% ankietowanych pochodzących z jednoosobowych i dwuosobowych gospodarstw domowych.

Druga część ankiet z zabudowy wielorodzinnej wysokiej stanowiły głównie odpowiedzi udzielone przez przedstawicieli rodzin z niepełnoletnimi lub pełnoletnimi dziećmi (typ C i D), rodziny wielopokoleniowe (typ E) oraz rzadko zmieniający się współlokatorzy (typ G). Tę grupę odpowiedzi charakteryzują dwie cechy. Po pierwsze — ankietowani deklarowali zdecydowanie mniejszy rozporządzały dochód na osobę w gospodarstwie domowym (w rodzinach wielo-

pokoleniowych nie przekraczający 645 zł/osobę/m-c). Po drugie zaś — mediana wartości *OWN* w poszczególnych typach gospodarstw domowych wahała się od 5,16 l/M/d w rodzinach wielopokoleniowych do 7,5 l/M/d w gospodarstwach typu C i G.

Oznacza to zatem, że wyodrębnienie zabudowy wielorodzinnej bez uwzględnienia zamożności osób w niej zamieszkujących, może prowadzić do błędnych wniosków. W przypadku opisywanych badań przeprowadzonych z pomocą geoankietyzacji wydaje się, że wartości mediany *OWN* otrzymane w poszczególnych typach zabudowy są równe ze względu na charakterystykę przebadanych gospodarstw domowych. Główną rolę w tym względzie odgrywa zapewne wpływ rozporządzalnego dochodu na osobę w gospodarstwie domowym, który nie różni się znacząco między dwoma z trzech wyodrębnionych typów zabudowy. Natomiast w trzecim, czyli w zabudowie wielorodzinnej wysokiej, która lekko odbiega od pozostałych dwóch pod tym względem, najpewniej mamy do czynienia z bilansowaniem (kompensowaniem) się wpływu na ilość wytwarzanych przez mieszkańców odpadów dwóch działających w przeciwnych kierunkach czynników. Bogatsza część społeczeństwa zamieszkująca te obszary, reprezentowana przez jedno i dwuosobowe gospodarstwa domowe, charakteryzuje się zdecydowanie większą produkcją odpadów komunalnych. Wśród pozostałych mieszkańców zabudowy wielorodzinnej wysokiej znaleźli się przedstawiciele mniej zamożnych gospodarstw domowych, którzy z kolei wytwarzają znacznie mniej odpadów. Prawdopodobnie dlatego właśnie mediana wartości *OWN* otrzymanego w wyniku geoankietyzacji nie różni się istotnie między przyjętymi w pracy trzema typami zabudowy.

Za taką interpretacją przemawiają wyniki otrzymane w 30 gospodarstwach domowych. W ich przypadku zauważono znaczne różnice mediany *OWN* między poszczególnymi typami zabudowy. Szczególnie mocno odstają wyniki uzyskane w zabudowie wielorodzinnej wysokiej, gdzie mediana *OWN* wyniosła prawie 12 l/M/d.

W przypadku badań przeprowadzonych bezpośrednio w 30 gospodarstwach domowych, 9 z nich było zlokalizowanych w zabudowie wielorodzinnej wysokiej. Z tej liczby aż 2/3 charakteryzowało się wysokim dochodem — 1876 do 3790 zł/m-c/osobę. Były to przeważnie gospodarstwa, w których mieszkały 2 osoby. Jednocześnie stwierdzono, że największa ilość odpadów wytwarzanych w tym typie zabudowy związana jest z jednoosobowymi i dwuosobowymi gospodarstwami domowymi.

Generalnie, w przypadku monitoringu prowadzonego bezpośrednio w gospodarstwach domowych najwyższy wskaźnik odpadów stwierdzono w jednoosobowych gospodarstwach (mediana *OWN* osiągnęła w nich przeszło 13 l/M/d). Były one jednak zlokalizowane jedynie w zabudowie wielorodzinnej. W przypadku geoankiet również najwięcej odpadów w przeliczeniu na osobę pochodziło z jednoosobowych gospodarstw domowych (mediana *OWN* w ich przypadku wyniosła 10 l/M/d). Tendencje te potwierdzają inne badania realizowane w tym zakresie w Dublinie w Irlandii. Zaobserwowano w nich wzrost udziału wytwarzanych przez mieszkańców śmieci, co mogło wiązać się ze znacznym wzrostem ilości jednoosobowych gospodarstw domowych (Purcell i Magette, 2009). Również Jenkins i in. (2003) zauważyli, że większa liczba osób mieszkająca w go-

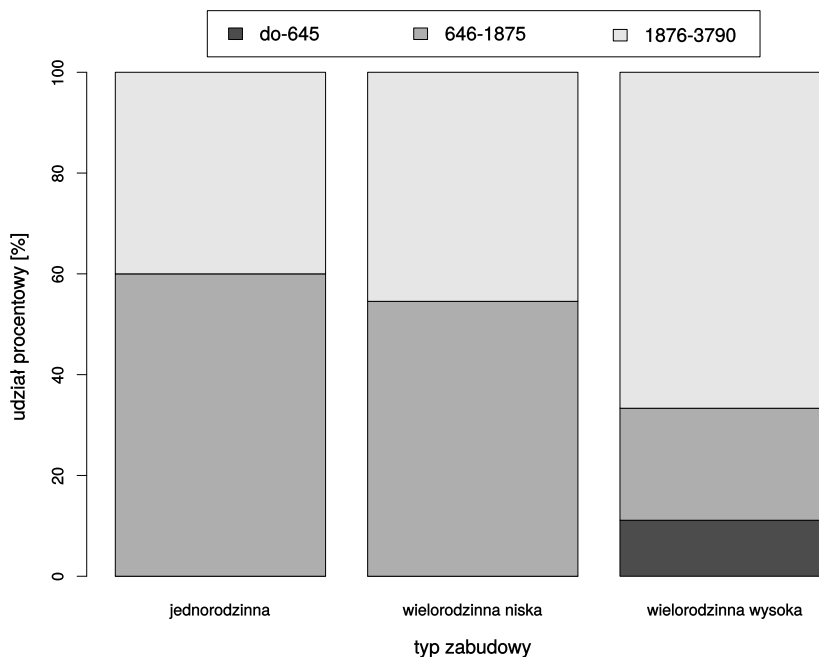
spodarstwie domowym może znacząco przyczynić się do zmniejszenia wskaźnika wytwarzanych odpadów.

Zatem w badaniach przeprowadzonych bezpośrednio w gospodarstwach domowych znajdujących się w zabudowie wielorodzinnej udało się uchwycić wpływ jedynie bogatszej części społeczeństwa, związanej z jedno i dwuosobowymi gospodarstwami domowymi. Natomiast zabrakło wśród nich przedstawicieli gospodarstw domowych zamieszkałych przez większą liczbę osób, charakteryzujących się mniejszym, osiaganym w miesiącu, dochodem na osobę. I właśnie ta sytuacja najprawdopodobniej była główną przyczyną tak dużych różnic w wynikach otrzymanych obydwoma metodami, nie zaś zawyżone wartości *OWN* oszacowane z pomocą geoankiety.

Natomiast trzeba jednocześnie podkreślić, że nie ma pewności, czy wyjaśnienie to może tłumaczyć wyniki otrzymanych w zabudowie jednorodzinnej. W badaniach przeprowadzonych bezpośrednio w gospodarstwach domowych procentowy udział odpowiedzi dotyczących deklarowanego dochodu nie różnił się bowiem znacząco między mieszkańcami zabudowy jednorodzinnej i wielorodzinnej niskiej (Ryc. 7.4). Taka sama sytuacja miała też miejsce w przypadku odpowiedzi udzielonych przez uczestników geoankiety. Nie zaobserwowano u tych ankietowanych również istotnych różnic między wartościami *OWN* oszacowanych w obu typach zabudowy. Podczas gdy w gospodarstwach domowych zauważono zdecydowanie mniejszą ilość odpadów wytworzonych w zabudowie jednorodzinnej. Mediana wartości *OWN* w ich przypadku wyniosła 4,3 l/M/d, podczas gdy w zabudowie wielorodzinnej niskiej obliczonej wartość *OWN* wyniosła prawie 6 l/M/d. Należy jednak pamiętać, że wyniki dotyczące zabudowy jednorodzinnej pochodzą w tym przypadku jedynie z 6 gospodarstw domowych.

Również dane pochodzące z geoankiet wydają się być niewystarczające do interpretacji wyników w tym typie zabudowy. Z jej pomocą udało się bowiem uzyskać odpowiedzi jedynie od 3 przedstawicieli gospodarstw domowych znajdujących się w zabudowie jednorodzinnej, którzy zadeklarowali dochodów poniżej 645 zł na osobę. Jednocześnie należy pamiętać, że tak niski dochód jest często związany z dużymi rodzinami. Niestety, w zabudowie jednorodzinnej udało się dotrzeć jedynie do 17 gospodarstw domowych, które zamieszkuje 5 lub więcej osób. Tymczasem zgodnie z danymi medunkowymi, które były wykorzystane w pracy — tylko w samej zabudowie jednorodzinnej takie rodziny stanowią prawie 30% wszystkich gospodarstw domowych.

Wyniki analizy wpływu zabudowy na ilość generowanych odpadów wskazują, że dla obszaru zabudowy jednorodzinnej trudno jest zidentyfikować wyraźne prawidłowości. Toteż wskazane byłoby przeprowadzić dodatkowe badania dedykowane głównie temu typowi zabudowy, najlepiej bezpośrednio w gospodarstwach domowych.



Ryc. 7.4: Procentowy udział odpowiedzi dotyczących deklarowanego dochodu na osobę na miesiąc w gospodarstwie domowym, udzielonych przez mieszkańców 30 przebadanych gospodarstw domowych w każdym z trzech typów zabudowy

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono jeszcze jedną prawidłowość dotyczącą typu zabudowy. Otóż większe wartości *OWN* w zabudowie wielorodzinnej odnotowano w zamkniętych punktach zbiórki. Znaczący zdaje się być w tym przypadku wpływ działalności osób ubogich i bezdomnych na wypełnienie pojemników odpadami. Świadczą o tym nie tylko w wyniki pomiarów uzyskanych w obszarach z ogólnodostępnymi punktami zbiórki. Grupa badawcza przekonała się o skali tego zjawiska osobiście będąc w terenie. Zaobserwowano wręcz, że istnieje w Poznaniu podział na nieformalne rewiry, które monitorują konkretne osoby i które wyrażały swoje zainteresowanie czy wręcz zaniepokojenie obecnością „intruzów” w pobliżu znajdujących się na ich terenie pojemników. W tym miejscu pojawia się pytanie, czy w związku z powyższym zamykanie pojemników jest faktycznie dobrym rozwiązaniem? Z jednej strony wiadomo, że generalnie nasze społeczeństwo nie czuje się komfortowo w obecności osób ubogich, które penetrują kontenery na odpady. Niemniej, jak długo takie osoby istnieją, ogólnie dostępne punkty zbiórki stanowią dla nich niejednokrotnie podstawowe źródło utrzymania i, jak widzimy, przyczyniają się dość znacząco do zmniejszenia ilości zbieranych odpadów komunalnych, a co za tym idzie — do mniejszego marnotrawienia jedzenia i surowców.

7.3. Wskazania dotyczące modelowania prognostycznego ilości odpadów

Na podstawie zdobytych informacji odnośnie ilości wytwarzanych odpadów w wybranych obszarach testowych podjęto próbę opracowania modelu prognozującego wartość *OWN* dla całego miasta. Otrzymane wyniki *OWN* z 50 loka-

lizacji wykazały dodatnią autokorelację przestrzenną, podobnie jak reszty pochodzące ze stworzonego na wstępie modelu regresji wielorakiej. Są to poważne przesłanki wskazujące na konieczność zastosowania modelu przestrzennego.

Wśród modeli przestrzennych najczęściej rozpatrywanych w literaturze należy wymienić dwa typy: „częściowo-lokalne“, stosujące metodę krigingu (Krige, 1966) oraz bazujące na modelu Cliffa-Orda (Anselin, 1988). Te drugie Suchecki (2010) dzieli na: regresyjno-przestrzenne autoregresyjne modele SAR (*Spatial Autoregressive Models*) zwane też modelami opóźnienia przestrzennego SLM (*Spatial Lag Models*), modele z autokorelacją przestrzenną składnika losowego SEM (*Spatial Error Models*), modele z przestrzenną filtracją zmiennych objaśnianych tzw. modele regresji krzyżowej SCM (*Spatial Cross-regressive Models*) oraz modele przestrzenne. Jednak jak podkreśla Suchecki (2010) wszystkie powyższe rozwiązania zakładają brak heteroscedastyczności przestrzennej, która może wpływać na pewne skokowe zmiany rozmieszczenia wartości badanej zmiennej. Tymczasem rzeczywistość jest dużo bardziej skomplikowana, zwłaszcza przy tak złożonych problemach jak modelowanie ilości odpadów komunalnych, które wiąże się z brakiem stabilności parametrów strukturalnych. Najpewniej właśnie z tej przyczyny w modelowaniu ilości odpadów bardzo rzadko korzysta się z modelowania przestrzennego.

Jak wykazują ostatnie przeglądy literatury dotyczącej gospodarki odpadami (Chen i in., 2015; Kolekar i in., 2016), tylko w jednej pracy (Keser i in., 2012) na przestrzeni ostatnich lat wykorzystano regresyjny model przestrzenny (SAR). Dopiero ostatnio w literaturze pojawił się też inny przykład wykorzystania modelu SAR w gospodarce odpadami komunalnymi. W Szwecji z powodzeniem zastosowano go w analizie zachowań mieszkańców poszczególnych gmin w zakresie ilości odzyskiwanych odpadów opakowaniowych (Hage i in., 2018). W tej samej pracy podjęto również próbę wykorzystania w badaniu modelu błędu przestrzennego SEM. Wyniki testu mnożnika Lagrange’a okazały się jednak nieistotne statystycznie.

Niemniej, należy podkreślić, że Keser (2012) w swojej pracy wykazał, iż wykorzystanie modelu regresji ważonej geograficznie GWR (*Geographically Weighted Regression*) w przypadku modelowania ilości wytworzonych odpadów, daje dużo lepsze wyniki niż SAR. Warto też nadmienić, że GWR jest w zasadzie jedynym modelem, który umożliwia uwzględnienie zróżnicowania przestrzennego relacji pomiędzy zmienną zależną a zmiennymi niezależnymi w poszczególnych lokalizacjach oraz wskazuje, które parametry są istotne w różnych punktach obserwacji (Suchecki, 2010).

Wyniki opisanych w pracy pomiarów terenowych również wskazują, że w przypadku modelowania *OWN* w mniejszej skali, czyli skali miasta, warto rozważyć wykorzystanie modelu regresji ważonej geograficznie (por. rozdział 6.4.2). Należy w tym miejscu podkreślić, że zarówno Keser (2012), jak i Hage (2018) prowadzili swoje badania w skali całego kraju i opierali je na danych administracyjnych. Jak dotąd nikt wcześniej nie podjął się takiej próby w skali jednego miasta. Problem nastęrcza nie tylko dobór odpowiedniej metodyki pozyskiwania danych, ale przede wszystkim konieczność uzyskania możliwie dużej próby badawczej (Anselin i Florax, 1995; Griffith, 1996).

Próba uzyskana w przypadku opisywanego projektu wydaje się niestety zbyt mała, by pokusić się o dające wiarygodne wyniki modelowanie przestrzenne z wykorzystaniem GWR. Przeprowadzone badania pozwalają jednak poszerzyć naszą wiedzę o zmiennych niezależnych, które należałoby w takim modelowaniu uwzględnić.

Po pierwsze zauważalny jest wpływ zabudowy mieszkaniowej, co zostało szczegółowo opisane w rozdziałach 6.4 i 7.2. Otrzymane wyniki nie wskazują jednak jednoznacznie, czy należałoby utrzymać podział na wydzielone w pracy trzy typy zabudowy. Niemniej wskazują one, że istnieją istotne statystycznie różnice dotyczące ilości odpadów powstających w zabudowie wielorodzinnej i jednorodzinnej, co potwierdzają też inne, prowadzone w Polsce, badania (Skalmowski, 1992; Jędrzak i Szpadt, 2006; Mamelka, 2008; Szymczak, 2013). Wyniki omówione w rozdziale 7.2 dowodzą jednak też, że sama informacja o zabudowie mieszkaniowej jest niewystarczająca, zwłaszcza w kontekście modelowania przestrzennego.

Wydaje się, że najważniejszą informacją, którą powinno uwzględniać modelowanie przestrzenne ilości odpadów powstających w mieście, to zamożność mieszkańców lub ewentualnie — liczba osób przypadająca na gospodarstwo domowe. Jak wykazały omawiane badania, dostępność punktów zbiórki może mieć również znaczenie w tym względzie. Nie spotkano jednak w literaturze, by w badaniach nad produkcją odpadów komunalnych czynnik ten był brany pod uwagę. Dodatkowo zaś, w przypadku modelowania opartego na danych pochodzących z pomiarów terenowych przeprowadzanych w różnym czasie, należałoby też uwzględnić godzinę ich wykonywania (por. rozdział 6.3.2).

Warto zwrócić też uwagę na możliwość zastosowania innego od modelowania przestrzennego podejścia do szacowania ilości odpadów w poszczególnych obszarach miasta. Ciekawą propozycję w tym względzie przedstawili Gallardo i in. (2014) dla jednego z hiszpańskich miast (Castellón de la Plana). Oszacowali oni masę odpadów wytwarzanych w różnych obszarach tego miasta, podzielonego według opracowanej przez autora klasyfikacji. Obszary były wydzielone na podstawie informacji dotyczącej głównych funkcji zabudowy (usługowo-handlowa, usługowo-handlowo-mieszkaniowa i mieszkaniowa) oraz dochodu mieszkańców (w podziale na 4 klasy zamożności). Dane dotyczące dochodu pochodziły z innych badań i były szacowane w oparciu o informacje dotyczące wysokości czynszu (Gallardo i in., 2011).

W ten sposób stworzonych zostało 6 typów obszarów: 1) usługowo-handlowo-mieszkalne charakteryzujące się wysokim dochodem mieszkańców, 2) usługowo-handlowo-mieszkalne charakteryzujące się bardzo wysokim dochodem mieszkańców, 3) mieszkalne charakteryzujące się bardzo niskim dochodem mieszkańców, 4) mieszkalne charakteryzujące się niskim dochodem mieszkańców, 5) mieszkalne charakteryzujące się wysokim dochodem mieszkańców, 6) mieszkalne charakteryzujące się bardzo wysokim dochodem mieszkańców.

Następnie, dla każdego obszaru została obliczona ilość odpadów w kilogramach powstająca w kolejnych miesiącach na metr chodnika. Jest to wartość szacunkowa, która opiera się na informacji o ogólnej ilości odpadów wytwarzanych w mieście w kolejnych miesiącach. Drugą zmienną, poza typem obszaru, była informacja odnośnie liczby osób mieszkających w danym obszarze wzdłuż li-

nii chodników. Jest to uproszczenie, które zastosowano z braku dokładniejszych informacji odnośnie liczby osób zamieszkujących poszczególne gospodarstwa domowe. Zdecydowano się zatem również oszacować liczbę osób zameldowanych wzdłuż ulic miasta, co spowodowało jego podział pod względem liczby mieszkańców na 3 klasy.

Opisane badania mogą stanowić inspirację odnośnie próby szacowania ilości odpadów w przestrzeni miasta, w przypadku braku wystarczająco szczegółowych danych przestrzennych. Niestety, otrzymane przez Gallardo i in. (2014) wyniki nie zostały w żaden sposób zweryfikowane w terenie. Nie ma zatem też przesłanek, by twierdzić, że zastosowanie podobnego podejścia w Poznaniu mogłoby przynieść miarodajne wyniki.

Jednak w przeciwieństwie do badań przeprowadzonych w Castellón de la Plana (Gallardo i in., 2014), Poznań posiada obecnie dość szczegółowe dane odnośnie masy odpadów (w podziale na sektory zbiórki) oraz szczegółowe dane dotyczące ich objętości zebrane w poszczególnych osiedlach uzyskane w trakcie realizacji omawianego projektu. Problem stanowi jedynie brak danych dotyczących statusu ekonomicznego mieszkańców. Jeśli uda się go rozwiązać, należałoby sprawdzić, czy metoda zaproponowana w Castellón de la Plana w Hiszpanii (Gallardo i in., 2014) mogłaby znaleźć praktyczne zastosowanie w Poznaniu.

Rozdział 8

Podsumowanie

Prowadzenie badań dotyczących objętości odpadów komunalnych powstających w skali miasta jest bardzo skomplikowanym przedsięwzięciem, a istniejące w tym zakresie zalecenia są niewystarczające. Przedstawiony projekt jest pierwszą od lat pracą metodyczną dotyczącą tego zagadnienia — obecne wytyczne opierają się głównie na publikacji z roku 2006 (Jędrzak i Szpadt, 2006). Prezentowana praca jest też najbardziej szczegółowym badaniem dotyczącym monitoringu objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów, jakie zostało dotąd przeprowadzone w Poznaniu i pierwszą próbą zmierzenia się z tą problematyką w ujęciu czasowo-przestrzennym. Jej najważniejsze osiągnięcia można zaprezentować w następujących punktach:

1. W wyniku opisanego projektu zostały opracowane czujniki ułatwiające prowadzenie porównywalnych pomiarów wypełnienia pojemników odpadami w wielu obszarach badawczych. Ich zastosowanie nie tylko pozwala zminimalizować ryzyko wystąpienia błędów pomiarowych, ale również ułatwia gromadzenie danych w terenie, umożliwiając ich analizę i interpretację w kontekście przestrzennym.
2. Wykazana została w Poznaniu autokorelacja przestrzenna *OWN*, co potwierdza hipotezę postawioną w pracy — ilość odpadów komunalnych, powstających w gospodarstwach domowych na terenie miasta zależy w znacznym stopniu od lokalizacji tych gospodarstw. Zmienność ta ma też charakter nieprzypadkowy.
3. Określono zmienność dobową ilości odpadów wytwarzanych przez poznaniaków i opracowano na tej podstawie metodę standaryzacji pomiarów ze względu na godzinę ich wykonywania.
4. Wskazano zostały też konkretne obszary charakteryzujące się większą ilością generowanych przez mieszkańców odpadów.
5. Udało się określić zmienność sezonową ilości wytwarzanych w Poznaniu odpadów wyrażoną zarówno przez ich wagę jak i objętość oraz wskazano miesiące, w których zaobserwowano znaczące różnice w wartościach *OWN* i *WWN*.
6. Wykazano, że planowanie systemu gospodarki odpadami jedynie w oparciu o informację odnośnie całkowitej masy odpadów zebranych w Poznaniu jest niewystarczające dla prawidłowego określenia ilości odpadów powstających w poszczególnych obszarach w kolejnych miesiącach.
7. Zaproponowano sposób szacowania wartości *OWN* na podstawie informacji odnośnie masy odpadów oraz w oparciu o dane symulowanych z użyciem teoretycznego rozkładu gęstości odpadów.

8. Wykazano, że typ zabudowy mieszkaniowej nie jest wystarczającym czynnikiem różnicującym ilość odpadów komunalnych powstających w skali miasta. Jednocześnie jest to obecnie jedyny czynnik mający charakter przestrzenny, jaki wykorzystuje się w Polsce w planowaniu gospodarki odpadami.
9. Inne kryteria, które udało się przeanalizować w pracy, czyli struktura wiekowa mieszkańców i udział budynków pełniących funkcję usługowo-handlową, również nie wykazały jednoznacznego powiązania z ilością wytwarzanych odpadów.
10. Wyniki badań przeprowadzonych w gospodarstwach domowych i za pomocą geoankiety wskazały, że kluczowym kryterium, które powinno zostać uwzględnione w badaniach poza typem zabudowy, to najprawdopodobniej zamożność osób zamieszkujących obszar badawczy, a także wielkość gospodarstwa domowego.
11. Przeprowadzono badania porównawcze z wykorzystaniem trzech różnych metod pozyskiwania informacji odnośnie objętości odpadów komunalnych. Jak wykazano, każda z nich daje inne korzyści, ale jest też związana z różnymi ograniczeniami. Dlatego ważnym jest, by nie bazować na jednej, ale umiejętnie łączyć różne metody.
12. Dokonano próby modelowania prognostycznego z uwzględnieniem zróżnicowania przestrzennego *OWN* oraz opracowano wskazania, które mogą pozwolić na wykorzystanie w przyszłości informacji o niestacjonarności przestrzennej ilości generowanych przez poznaniaków odpadów.

Należy podkreślić, że omawiana praca nie ma charakteru aplikacyjnego, a jedynie poznawczy. Wskazuje pewne możliwości i kierunki, ale by ich zastosowanie w praktyce było realne, konieczna byłaby kontynuacja opisanych badań, najlepiej z wykorzystaniem wszystkich trzech metod badawczych zaproponowanych w pracy.

W pierwszej kolejności należałoby przeprowadzić dokładniejsze badania bezpośrednio w gospodarstwach domowych. Zwłaszcza w zabudowie jednorodzinnej i kilkurodzinnej, gdzie, jak zostało wykazane w pracy, monitoring wypełnienia pojemników odpadami jest zadaniem niezwykle trudnym. Ta metoda jest bowiem wiarygodnym źródłem wiedzy o zamożności osób objętych badaniem. Pozwala też otrzymać dokładne wyniki dotyczące informacji niezbędnych dla obliczenia *OWN*, jak również odnośnie samych gospodarstw domowych we wszystkich typach zabudowy mieszkaniowej. Jest to ważny wniosek płynący z pracy, tym bardziej, że tak dokładnych danych o dochodzie mieszkańców oraz o liczbie osób zamieszkujących gospodarstwo domowe nie można pozyskać bezpośrednio od organów administracji publicznej.

Większe nakłady finansowe i czasowe poświęcone w przyszłości tej metodzie mogłyby zatem umożliwić zbadanie, jak duży wpływ na ilość powstających odpadów ma dochód rozporządzalny przypadający na gospodarstwo domowe. Pozwoliłoby to również na wskazanie innych, kluczowych w tym względzie czynników i na dokładniejszą analizę ogólnego stanu gospodarki odpadami uwzględniającego różne obszary Poznania.

Badania prowadzone bezpośrednio w gospodarstwach domowych pozwoliłyby też na jednoczesny monitoring objętości, według zaproponowanej w pracy metodyki wraz z badaniem wagi odpadów. W tym celu koniecznym byłoby

jednak zakupienie dodatkowego sprzętu, który na szczęście nie jest obecnie zbyt kosztowny. Pozwoliłoby to na sprawdzenie, czy rozkład Wakeby jest typowym rozkładem charakteryzującym gęstość odpadów w Poznaniu. Dzięki temu można by podjąć próbę opracowania ogólnej metodyki dotyczącej przeliczania wagi odpadów na objętość.

Koniecznym byłoby jednak zaangażowanie większej liczby mieszkańców w tak prowadzony program monitoringu wytwarzanych odpadów, by wyniki można było uznać za reprezentatywne dla całego miasta. Przyszłe badania powinny zatem zmierzać do wskazania odpowiednich wytycznych dotyczących doboru i wielkości próby, by zastosowanie tej metody mogło dać wiarygodne wyniki przy możliwie jak najmniejszych kosztach.

W następnej kolejności należałoby podjąć próbę wyznaczenia nowych obszarów badawczych. Podział Poznania na obszary o dominującym typie zabudowy jest dobrym, lecz nie wystarczającym rozwiązaniem. Wykazały to w szczególności wyniki geoankiety oraz badania nad autokorelacją przestrzenną. Jak już zostało wspomniane, poza typem zabudowy należałoby uwzględnić przynajmniej informację odnośnie zamożności mieszkańców. Mogłoby być to możliwe nie tylko dzięki badaniom przeprowadzonym bezpośrednio w gospodarstwach domowych, ale również wykorzystując informacje pośrednie na ten temat np. cen nieruchomości na rynku mieszkaniowym.

Istotnym czynnikiem, który powinien być brany również pod uwagę przy wyznaczaniu nowych obszarów badawczych, jest średnia wielkość gospodarstw domowych. Jest to szczególnie ważne dla wyników otrzymywanych w zabudowie jednorodzinnej i kilkunordzinnej. Przy czym należy pamiętać, że dane meldunkowe nie muszą być najbardziej wiarygodnym źródłem informacji w tym zakresie.

Zarówno dane dotyczące zamożności jak i wielkości gospodarstw domowych w określonych obszarach można badać wykorzystując ankietyzację — zarówno w jej tradycyjnej formie, jak i przy zastosowaniu geoankiety. Ta druga metoda wydaje się jednak lepszym źródłem informacji, gdyż pozwala w krótkim czasie otrzymać informację od dużej liczby gospodarstw domowych, uwzględniając ich lokalizację. Pozwala zatem lepiej określić charakter gospodarstw domowych w przestrzeni miasta, choć nie jest najlepszym źródłem wiedzy o ilości wytwarzanych odpadów.

Wykorzystując geoankietę należy jednak pamiętać, by dobrze zaplanować jej promocję, tak, by dotrzeć do odpowiedniej liczby respondentów w różnych rejonach miasta. Ponieważ Poznań coraz częściej korzysta z tego sposobu pozyskiwania opinii mieszkańców na różne tematy, wskazanym byłoby zatem zbieranie informacji ważnych dla planowania gospodarki odpadami przy okazji innych realizowanych w mieście badań.

Dopiero opracowanie nowego podziału miasta uwzględniającego nie tylko typ zabudowy, ale również inne istotne czynniki, wpływające na ilość powstających odpadów, w tym głównie zamożność mieszkańców, dałoby podstawę, by pokusić się o modelowanie przestrzenne *OWN* w skali miasta. Wówczas dopiero zasadnym byłoby prowadzenie prac terenowych z wykorzystaniem opracowanych w ramach omawianego projektu czujników mierzących wypełnienie pojemników odpadami.

Omawiana praca stanowiła próbę wytyczenia nowych szlaków w zakresie badania ilości wytwarzanych przez mieszkańców miast odpadów komunalnych. Zawiera wiele wytycznych i wskazań odnośnie stosowanej metodyki, ze szczególnym uwzględnieniem analizy czasowo-przestrzennej tego zjawiska. Podkreśla też rolę informacji odnośnie objętości odpadów, jaka była dotąd niedoceniana w monitoringu odpadów komunalnych. Tym bardziej wskazanym byłby dalsze prace realizowane w oparciu o otrzymane wyniki, gdyż mogłyby one w znacznym stopniu usprawnić system gospodarki odpadami nie tylko na terenie Poznania.

Bibliografia

- Alankiewicz, T. (2009). *Skuteczność funkcjonowania gospodarki odpadami na przykładzie jednostek samorządowych województwa poznańskiego*. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu. 27
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*, volume 4 z *Studies in Operational Regional Science*. Springer Netherlands, Dordrecht. 126, 161
- Anselin, L. i Florax, R. J. G. M. (1995). Small Sample Properties of Tests for Spatial Dependence in Regression Models: Some Further Results. [w:] Anselin, L. i Florax, R. J. G. M. (red.), *New Directions in Spatial Econometrics*, Advances in Spatial Science, str. 21–49. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. 46, 161
- Bach, H., Mild, A., Natter, M., i Weber, A. (2004). Combining socio-demographic and logistic factors to explain the generation and collection of waste paper. *Resources, Conservation and Recycling*, 41(1): 65–73. 23, 25
- Bandara, N. J. G. J., Hettiaratchi, J. P. A., Wirasinghe, S. C., i Pilapiiya, S. (2007). Relation of waste generation and composition to socio-economic factors: A case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 135(1-3): 31–39. 23
- Barr, S., Ford, N., i Gilg, A. (2003). Attitudes towards recycling household waste in Exeter, Devon: quantitative and qualitative approaches. *Local Environment*, 8(4): 407–421. 25
- Beigl, P., Lebersorger, S., i Salhofer, S. (2008). Modelling municipal solid waste generation: A review. *Waste Management*, 28(1): 200–214. 23, 26
- Beigl, P. i Wassermann, G. (2004). Forecasting municipal solid waste generation in major European cities. *Waste Magazine*, 2: 5–8. 23, 25
- Belton, V., Crowe, D., Matthews, R., i Scott, S. (1994). A survey of public attitudes to recycling in Glasgow. *Waste Management Research*, 12: 351–367. 24
- Berube, A., Trujillo, J. L., Parilla, J., i Ran, T. (2015). Global MetroMonitor 2014 - an uncertain recovery. *The Brookings Institution - Metropolitan Policy Program*. 37
- Bilitewski, B., Härdtle, G., Marek, K., Bartkiewicz, B., Lisicka, E., i Przywecki, W. (2006). *Podręcznik gospodarki odpadami: teoria i praktyka*. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa. 4, 8, 27
- Boer, E., Jędrzszak, A., Kowalsi, Z., Kulczycka, J., i Szpadt, R. (2010). A review of municipal solid waste composition and quantities in Poland. *Waste Management*, 30: 369–377. 27

- Bogajewski, T. (2000). *Zmiana składu i masy odpadów komunalnych w Poznaniu w latach 1994-1998*. Rozprawa doktorska, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza. ix, 17, 18, 34, 43
- Boucher, B. i Martin, M. (2003). FR 2 853 059 A1 - Domestic waste container filling rate indicating device. 31, 59, 60
- Branżowa Norma (1987). BN-87/9103-04: Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Metody oznaczania wskaźnika nagromadzenia. 28, 143
- Brown, D. P. (2015). Garbage: How population, landmass, and development interact with culture in the production of waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 98: 41–54. 9, 10
- Bruvoll, A., Halvorsen, B., i Nyborg, K. (2002). Households' recycling efforts. *Resources, Conservation and Recycling*, 36(4): 337–354. 25
- Chalkias, C. i Lasaridi, K. (2009). A GIS based model for the optimisation of municipal solid waste collection: The case study of Nikea, Athens, Greece. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 5(10): 640–650. 26
- Chen, H., Jiang, W., Yang, Y., Yang, Y., i Man, X. (2015). Global trends of municipal solid waste research from 1997 to 2014 using bibliometric analysis. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 65(10): 1161–1170. 161
- Chung, S. i Poon, C. (1994). Hong Kong citizens' attitude towards waste recycling and waste minimization measures. *Resources, Conservation and Recycling*, 10(4): 377–400. 24
- Chung, S. i Poon, C. (1999). The attitudes of Guangzhou citizens on waste reduction and environmental issue. *Resources, Conservation and Recycling*, 25: 35–59. 25
- Chung, S. S. (2010). Projecting municipal solid waste: The case of Hong Kong SAR. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11): 759–768. 26
- Coggins, C. (1994). Who is the Recycler? *Journal of Waste Management and Resource Recovery*, 1(2): 69–75. 24
- Colin, D. S. (2003). GB 2 402 737 A - Level sensor for waste container. 30, 31, 60
- Czepakiewicz, M., Jankowski, P., i Młodkowski, M. (2016). Geo-questionnaires in urban planning: recruitment methods, participant engagement, and data quality. *Cartography and Geographic Information Science*, str. 1–17. 52
- Czepakiewicz, M., Młodkowski, M., Zwoliński, Z., i Jankowski, P. (2015). Eliciting residents' preferences for urban function change using online geo-questionnaires. *AGILE 2015 - Lisbon*. 52
- Czepakiewicz, M. i Snabb, K. (2013). 'Lean' Public Participation Gis : Towards a Sustainable Tool for Participatory Urban Planning. *GIS Ostrava 2013 - Geoinformatics for City Transformation*. 52
- Dahlén, L., Vukicevic, S., Meijer, J.-E., i Lagerkvist, A. (2007). Comparison of different collection systems for sorted household waste in Sweden. *Waste Management*, 27: 1298–1305. 25
- Dangelemyr, J. (1995). DE 4321 754 A1 - Method for detecting the filling level of bulk goods containers set up distributed over an area and arrangement for carrying out the method. 30

- Daskalopoulos, E., Badr, O., i Probert, S. D. (1998). Municipal solid waste: A prediction methodology for the generation rate and composition in the European Union countries and the United States of America. *Resources, Conservation and Recycling*, 24(2): 155–166. 23, 25
- Dennison, G. J., Dodd, V. A., i Whelan, B. (1996a). A socio-economic based survey of household waste characteristics in the city of Dublin, Ireland . I . Waste composition. *Resources, Conservation and Recycling*, 17: 227–244. 22, 23, 24, 34, 47, 48, 75, 93, 155
- Dennison, G. J., Dodd, V. a., i Whelan, B. (1996b). A socio-economic based survey of household waste characteristics in the city of Dublin, Ireland. II. Waste quantities. *Resources, Conservation and Recycling*, 17: 245–257. 22, 23, 24, 34, 47, 48, 93, 156
- D'Obyrn, K. i Szalińska, E. (2005). *Odpady komunalne. Zbiórka, recykling, unieszkodliwianie*. Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków. 27
- Dyson, B. i Chang, N. B. (2005). Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. *Waste Management*, 25(7): 669–679. 22, 23, 156
- Dziennik Ustaw (1996). Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. 2005 nr 236 poz. 2008 z późn. zm.). xvii, 11, 13, 27
- Dziennik Ustaw (1997). Ustawa z dnia 27 czerwca 1997 r. o odpadach (Dz. U. nr 96, poz. 592). 11
- Dziennik Ustaw (2001). Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz. U. nr 62, poz. 628). 26
- Dziennik Ustaw (2010). Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014. 18, 26, 151
- Dziennik Ustaw (2011). Ustawa z dnia 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. nr 152, poz. 897). xvii, 12, 13
- Dziennik Ustaw (2013). Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. z 2013 r. poz. 21). 3
- Dziennik Ustaw (2015a). Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. 2013 poz.1399).
- Dziennik Ustaw (2015b). Ustawa z dnia 15 stycznia 2015 r. o zmianie ustawy o odpadach oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. poz. 122).
- Ebro, A. i Vining, J. (2001). How similar are recycling and waste reduction? Future orientation and reasons for reducing waste as predictors of self - reported behavior. *Environment and Behavior*, 33(3): 424–448. 25
- Eurostat - Statistical Office of the European Communities (2015). Waste statistics. 9
- Everett, J. i Pierce, J. (1993). Curbside recycling in the USA: convenience and mandatory participation. *Waste Management Research*, 11: 49–61. 24
- Federalny Urząd Środowiskowy - Umweltbundesamt (2010). *Sprawdzone metody gospodarowania odpadami komunalnymi*. Stowarzyszenie Technologii Ekologicznych SILESIA Opole i INTECUS Dresden GmbH, Olsztyn. 44
- Florax, R. J. G. M. i Rey, S. (1995). The Impacts of Misspecified Spatial Interaction in Linear Regression Models. [w:] Anselin, L. i Florax, R. J. G. M. (red.), *New Directions in Spatial Econometrics*, Advances in Spatial

- Science, str. 111–135. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. 46
- Floz, D. (1991). Recycling program design management and participation: a national survey of municipal experience. *Public Administration Review*, 51(3): 222–231. 24
- Foltynowicz, Z. i Mancewicz, M. (2012). Historia gospodarki odpadami. Cz. I. *Recycling*, 9: 1–26. 7
- Foltynowicz, Z. i Mancewicz, M. (2015). Historia gospodarki odpadami. Cz. III. *Recycling*, 11: 1–6. 8
- Fotheringham, S. A., Brunson, C., i Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression - the analysis of spatially varying relationships*. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex. 126
- Gallardo, A., Carlos, M., Peris, M., i Colomer, F. J. (2014). Methodology to design a municipal solid waste generation and composition map: A case study. *Waste Management*, 34(11): 1920–1931. 162, 163
- Gallardo, A., Gómez, A., Bovea, M., Colomer, F., i Carlos, M. (2011). Determinación de la influencia del factor α nivel de renta en la eficiencia de la recogida selectiva de residuos urbanos. *Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima*, str. 70–75. 162
- Gellynck, X., Jacobsen, R., i Verhelst, P. (2011). Identifying the key factors in increasing recycling and reducing residual household waste: A case study of the Flemish region of Belgium. *Journal of Environmental Management*, 92(10): 2683–2690. 23, 26
- Ghose, M. K., Dikshit, a. K., i Sharma, S. K. (2006). A GIS based transportation model for solid waste disposal - A case study on Asansol municipality. *Waste Management*, 26(11): 1287–1293. 26
- Gómez, G., Meneses, M., Ballinas, L., i Castells, F. (2009). Seasonal characterization of municipal solid waste (MSW) in the city of Chihuahua, Mexico. *Waste Management*, 29(7): 2018–2024. 22, 23, 47, 149, 150, 151, 152, 156
- Griffith, D. A. (1996). Some Guideline for Specifying the Geographic Weights Matrix Contained in Spatial Statistical Models. *Practical Handbook of Spatial Statistics*, str. 65–82. 46, 161
- Grodzinska-Jurczak, M. (2003). The relation between education, knowledge and action for better waste management in Poland. *Waste Management Research*, 21(1): 2–18. 27
- Grygorczuk-Petersons, E. i Wiater, J. (2014). Sezonowa zmienność wskaźnika nagromadzenia odpadów w wybranym osiedlu Białegostok. *Inżynieria Ekologiczna*, 40: 82–91. 22, 34, 148, 149
- Grygorczuk-Petersons, E. H. i Tałała, I. A. (2007). *Kształtowanie gospodarki odpadami w gminie*. Podlaska Agencja Zarządzania Energią, Białystok. 27, 29, 97, 143, 144
- Gunders, D. (2012). Wasted: How America is losing up to 40 percent of its food from farm to fork to landfill. *Natural Resources Defense Council Issue Paper*, str. 1–26. 9
- GUS - Departament Badań Demograficznych i Rynku (2014). *Gospodarstwa domowe i rodziny. Charakterystyka demograficzna. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011*. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa. 37, 48

- GUS - Departament Badań Społecznych i Warunków Życia (2014). *Budżety gospodarstw domowych w 2013r.* Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa. xvii, 37, 49, 50
- GUS - Departament Warunków Życia (2011). *Metodologia badań budżetów gospodarstw domowych. Zeszyt metodologiczny zaopiniowany przez Komisję Metodologiczną GUS.* Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa. 22, 49
- Hage, O., Sandberg, K., Söderholm, P., i Berglund, C. (2018). The regional heterogeneity of household recycling: a spatial-econometric analysis of Swedish plastic packing waste. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, str. 1–23. 161
- Hall, K. D., Guo, J., Dore, M., i Chow, C. C. (2009). The progressive increase of food waste in America and its environmental impact. *PLoS ONE*, 4(11): 1–6. 9
- Houghton, J. C. (1978). Birth of a parent: the Wakeby distribution for modeling flood flow. *Wat.Resour.Res.*, 16(6): 1105–1109. 127
- Humes, E. (2012). *Garbology: Our Dirty Love Affair with Trash.* Penguin Publishing Group. 7
- Hung, M.-L., Ma, H.-W., i Yang, W.-F. (2007). A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management. *Waste Management*, 27(2): 209–219. 26
- Ibáñez, M. V., Prades, M., i Simó, A. (2011). Modelling municipal waste separation rates using generalized linear models and beta regression. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(12): 1129–1138. 23
- Jacobsen, H. (2003). EP 1 302 413 A1 - A level sensing and indicating arrangement. 30, 31
- Jamroz, A. i Generowicz, A. (2012). Tendencje zmian nagromadzenia odpadów komunalnych na przykładzie małego miasta. *Czasopismo techniczne - Środowisko*, 1(4): 101 – 112. 27, 145
- Janka, W. (2015). Historia gospodarki odpadami, Zakład Gospodarki Komunalnej Sp. z o. o. [dostęp: 20.03.2015], http://www.zgkim.zgora.pl/cms/images/pdf_files/C20_Historia_gospodarki_odpadami.pdf. 3, 4, 5, 6
- Jędrzszak, A. i Szpadt, R. (2006). *Określenie metodyki badań składu sitowego, morfologicznego i chemicznego odpadów komunalnych.* Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zamówienie Ministra Środowiska, Kamieniec Wr. - Zielona Góra. 17, 21, 27, 28, 29, 34, 43, 44, 97, 143, 156, 162, 165
- Jenkins, R., Marinez, S., Palmer, K., i Podolsky, M. (2003). The determinants of of household recycling: a material-specific analysis of recycling programme features and unit pricing. *The Journal of Environmental Economics and Managemen*, 45(2): 294–318. 25, 159
- Jenks, G. F. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7: 186–190. x, xi, xv, 67, 74, 76, 80, 82, 140
- Kahila, M. i Kytta, M. (2008). SoftGIS as a bridge-builder in collaborative urban planning. [w:] Geertman, S. i Stillwell, J. (red.), *Planning support systems: Best practice and new methods*, str. 389–411. Springer. 52
- Karadimas, N. V., Loumos, V., Orsoni, A., Hill, K., i Kt, S. (2006). Municipal Solid Waste Generation Modelling Based on Fuzzy Logic. [w:] Borutzky,

- W., Orsoni, A., i Zobel, R. (red.), *Proceeding 20th European Confernce on Modelling And Simulation*. 26
- Karadimas, N. V. i Loumos, V. G. (2008). GIS-based modelling for the estimation of municipal solid waste generation and collection. *Waste Management Research*, 26(4): 337–346. 26
- Karamidas, N. V., Kouzas, G., Gnostopoulos, A. I., i Loumos, V. (2005). Urban solid waste collection and routing: the ant colony strategic approach. *International Journal of Simulation Modelling*, 6(12): 45–53. 26
- Kelejian, H. H. i Prucha, I. R. (2010). Specification and Estimation of Spatial Autoregressive Models with Autoregressive and Heteroskedastic Disturbances. *Journal of Econometrics*, 157(1): 53–67. 27
- Keser, S., Duzgun, S., i Aksoy, A. (2012). Application of spatial and non-spatial data analysis in determination of the factors that impact municipal solid waste generation rates in Turkey. *Waste management*, 32(3): 359–371. 26, 161
- Kolekar, K., Hazra, T., i Chakrabarty, S. (2016). A Review on Prediction of Municipal Solid Waste Generation Models. *Procedia Environmental Sciences*, 35: 238–244. 161
- Krige, D. G. (1966). Moving average surfaces for ore evaluation. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 66: 13–38. 161
- Kulczycka, J., Generowicz, A., i Kowalski, Z. (2011). Strength and Weakness of Municipal and Packaging Waste System in Poland. [w:] Jang, B. i Yoa, X. (red.), *Integrated Waste Management - Volume I*, str. 79 – 90. Wyd. InTech, Croatia. 27
- Lebersorger, S. i Beigl, P. (2011). Municipal solid waste generation in municipalities: quantifying impacts of household structure, commercial waste and domestic fuel. *Waste management*, 31(9-10): 1907–1915. 22, 23
- LeSage, J. i Pace, R. K. (2009). *Introduction to Spatial Econometrics*. Statistics: A Series of Textbooks and Monographs. CRC Press. 125
- Lipska, A. i Zagórska, W. (2011). Stająca się dorosłość w ujęciu Jeffreya J. Arnetta jako rozbudowana faza liminalna rytuału przejścia. *Psychologia*, 1: 2011. 49
- Luxford, L. (2014). WO 2014/063184 A1 - Distributed Monitoring System and Waste Management System and Method. 30, 31, 59, 60
- Macias, A. (2001). *Antropogeniczny przepływ materii i energii na przykładzie wybranych miast Wielkopolski*. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej, t. 31, Poznań. 27
- Mamelka, D. (2008). Sprawozdanie z poboru prób oraz z przeprowadzonych badań morfologicznych i własności technicznych odpadów komunalnych z terenu Miasta Poznania w okresie październik - grudzień 2007 oraz kwiecień - maj 2008r. *Miejskie Laboratorium Chemiczne przy Urzędzie m.st. Warszawy*. ix, xv, 17, 18, 19, 21, 29, 34, 43, 44, 97, 143, 144, 145, 147, 151, 152, 155, 162
- Martin, M., Williams, I. D., i Clark, M. (2006). Social, cultural and structural influences on household waste recycling: A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 48(4): 357–395. 23, 25
- Melosi, M. V. (1996). The Viability of Incineration as a Disposal Option: The Evolution of a Niche Technology, 1885–1995. *Public Works Management & Policy*, 1(1): 31–42. 5

- Monitor Polski (2011). Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych (Dz.U. 2011 nr 279 poz. 43)
- Mucha, H.-K. i Schluter, M. (1994). DE 44 11 478 A1 - Method for monitoring the filling levels of collecting containers for valuable materials. 30, 60
- Noehammer, H. C. i Byer, P. (1997). Effect of design variables on participation in residential curbside recycling programs. *Waste Management Research*, 15: 407–427. 24
- Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej (1999). Dyrektywa Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów. 25
- Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej (2008). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy. 8, 25
- Parysek, J. J. i Mierzejewska, L. (2006). City Profile. Poznań. *Cities*, 23(4): 291–305. 38
- Peixoto, H. (2012). Optimization of municipal solid waste collection routes based on the containers' fill status data. Praca magisterska, Universidade do Porto. 26
- Platt, B., Docherty, C., Broughton, A., i Morris, D. (1991). Beyond 40 percent: record setting recycling and composting programs. *Institut for Local Self Reliance*. 24
- Polakowski, J. (2016). Zmienność przestrzenna i czasowa produkcji odpadów komunalnych w północnej części Miasta Poznania. Praca magisterska, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza. 56
- Polskiej, R. (2015). Ustawa z dnia 17 stycznia 2015 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. 2015 poz.87).
- Pottebaum, J. R. i Inalsingh, A. A. (2004). WO 2004/102134 A3 - Dynamic weighting system. 30
- Purcell, M. i Magette, W. L. (2009). Prediction of household and commercial BMW generation according to socio-economic and other factors for the Dublin region. *Waste management*, 29(4): 1237–1250. 22, 25, 159
- Rada Europy (1975). Dyrektywa Rady z dnia 15 lipca 1975 r. w sprawie odpadów (75/442/EWG). 8
- Rosik-Dulewska, C. (2000). *Podstawy gospodarki odpadami*. Wyd. PWN, Warszawa. 27, 29, 34, 97, 143, 145, 155
- Savino, A. A. (2008). Large population – more sanitation – The state of urban solid waste management in Latin America. *Waste Management World*, 9(4). 9
- Skalmowski, K. (1992). *Właściwości technologiczne odpadów miejskich w Polsce. Kierunki zmian i prognoza*. Warszawa. 22, 23, 27, 29, 75, 155, 162
- Skalmowski, K. (2005). Właściwości technologiczne odpadów komunalnych w Warszawie. [w:] *Mat. VI Międz. Forum Gospodarki Odpadami*, Poznań-Licheń Stary. 29
- Sucheckie, B. (2010). *Ekonometria przestrzenna. Metody i modele analizy danych przestrzennych*. Metody Ilościowe. Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa. 161

- Szymczak, J. (2013). Analiza produkcji odpadów w poszczególnych gospodarstwach domowych. [w:] Kostrzewski, A. (red.), *GEOFORUM, 90 lat Studenckiego Koła Naukowego Geografów w Poznaniu (1923-2013)*, str. 89–96. Studenckie Koło Naukowe Geografów im. Stanisława Pawłowskiego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań. ix, xvii, 19, 20, 21, 34, 47, 48, 155, 162
- Tonglet, M., Phillips, P. S., i Bates, M. P. (2004). Determining the drivers for householder pro-environmental behaviour: waste minimisation compared to recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 42(1): 27–48. 22, 23, 25
- Urząd Miasta Poznania (2009). *Sytuacja materialno-bytowa poznańskich gospodarstw domowych*. 37, 49
- Urząd Miasta Poznania Wydział Rozwoju Miasta (2006). *Warunki życia mieszkańców Poznania*. 49
- Urząd Miasta Poznania Wydział Rozwoju Miasta (2013). *Poznań - Sytuacja społeczno-gospodarcza 2012*. Wydawnictwo Miejskie Poznania, Poznań. 68
- Urząd Statystyczny w Poznaniu (2011). *Prognoza gospodarstw domowych w województwie wielkopolskim na lata 2010-2035*. Poznań. 49
- U.S. Congress (2012). Solid Waste Disposal Act. *Public Law*, str. 1–163. 7
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2015). Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2012. 9
- William, C. i Blackman, J. (2001). *Basic Hazardous Waste Management, Third Edition*. CRC Press LLC, 3rd edition. 4, 7
- World Bank (2012). What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. 9, 10, 11, 24
- Wysocka, P. (2011). Przyczyny nieefektywnego planowania strategicznego gospodarki odpadami w Polsce - przykład Województwa Wielkopolskiego. [w:] Kuczera, M. (red.), *Wpływ Młodych Naukowców na osiągnięcia Polskiej Nauki*, nr 62, str. 210–222. 27, 34
- Xudong, C., Geng, Y., i Fujita, T. (2009). Municipal Solid Waste Management in China. *Waste Management*, 30(4): 716–724. 11
- Yehezkiely, R. (1992). FR 2 695 346 A1 - Waste compactor and associated collection system. 30, 31
- ZM GOAP (2013). Uchwała Nr VI/29/2013 Zgromadzenia Międzygminnego Gospodarka Odpadami Aglomeracji Poznańskiej z dnia 12 marca 2013 roku. 16
- Żygadło, M. (2001a). *Strategia gospodarki odpadami komunalnymi: praca zbiorowa*. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Wielkopolski. 22, 27, 28, 43, 50, 149
- Żygadło, M. (2001b). Źródła pochodzenia odpadów stałych. [w:] *Strategia gospodarki odpadami komunalnymi: praca zbiorowa*. 21, 27, 34

Dodatek A.

**Badania w gospodarstwach domowych -
formularz**

Formularz wypełniany przez uczestników badania ilości odpadów
wytwarzanych w gospodarstwach domowych.

PYTANIA DOTYCZĄCE GOSPODARSTWA DOMOWEGO:

1. Proszę podać typ zabudowy, w jakim znajduje się Państwa gospodarstwo domowe:

- jednorodzinna
 wielorodzinna niska (do 5 pięter) wielorodzinna wysoka (powyżej 5 pięter)

2. Jaki jest standardowy rozmiar worka na śmieci, z którego Pan/Pani korzysta w swoim gospodarstwie domowym:

- 35 l (odpowiednik standardowej reklamówki) 60 l 120 l
 inny - proszę podać jaki :

3. Czy segreguje Pan/Pani odpady w swoim gospodarstwie domowym?

- Tak Nie

4. Jeżeli tak, to które (można zaznaczyć wiele odpowiedzi):

- szkło plastik makulatura
 odpady zielone odpady niebezpieczne (baterie, lekarstwa, odpady elektryczne itp.)

5) Ile osób liczy Pana/Pani w gospodarstwie domowe:

- 1 2 3 4 5 6+

6) Proszę określić typ Pana/Pani gospodarstwa domowego:

- jednoosobowe gospodarstwo
 para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci
 para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi
 rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci
 rodziny wielopokoleniowe, z czego min. jedna z niepełnoletnimi dziećmi
 wielu, często zmieniających się współlokatorów
 rzadko zmieniający się współlokatorzy
 inne, jakie:

7) Które z poniższych grup pokoleniowych zamieszkują Państwa gospodarstwo domowe:

- 0-18 lat 19-34 lat 35 - 59 lat 60 i starsze
-

OPCJONALNIE:

1) Proszę podać orientacyjny adres Państwa gospodarstwa domowego, np. osiedle, kod -pocztowy itp.:

.....

2) Jakiej są Państwa dochód netto na osobę w gospodarstwie domowym?

- do 645 zł 646 zł – 1875 zł 1876 zł – 3790 zł powyżej 3790 zł

BADANIA REALIZOWANE W RAMACH PROJEKTU "Modelowanie ilości odpadów komunalnych powstających w przestrzeni miejskiej (na przykładzie Poznania)"

Grant NCN nr UMO-2012/05/N/HS4/00509



NARODOWE CENTRUM NAUKI

Proszę podać dni, w których w trakcie trwania badania wyrzucane były w państwa gospodarstwie domowym ZMIESZANE odpady komunalne.

Dzień rozpoczęcia badania*:

Lp.	Dzień	Godzina	Liczba worków	UWAGI
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				
15.				
16.				
17.				
18.				
19.				
20.				
21.				
22.				
24.				
25.				
26.				

*work na odpady musi być pusty w dniu rozpoczęcia badania

BADANIA REALIZOWANE W RAMACH PROJEKTU "Modelowanie ilości odpadów komunalnych powstających w przestrzeni miejskiej (na przykładzie Poznania)"

Grant NCN nr UMO-2012/05/N/HS4/00509  N A R O D O W E C E N T R U M N A U K I

Dodatek B.
Treść geoankiety

Badanie ankietowe ... x

odpady.geoankieta.pl/#

geoankieta [O projekcie](#) [Kontakt](#)

Badanie ankietowe dotyczące odpadów komunalnych wytwarzanych w Poznaniu

PROSZĘ WYBRAĆ OBSZAR PANA/PANI ZAMIESZANIA:

[ANTONINEK](#)

[CHARTOWO](#)

[DS BABILON](#)

[GRUNWALD POŁUDNIE](#)

[GRUNWALD PÓLNOC](#)

[GÓRCZYN – OSIEDLE PRZY DRUŻYNOWEJ](#)

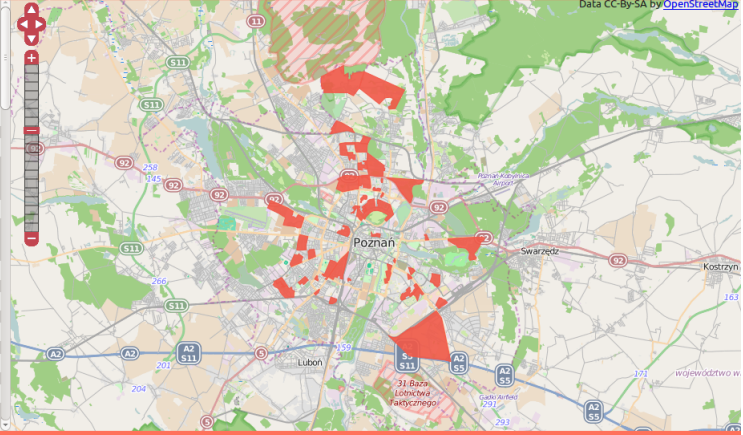
[GÓRCZYN – PRZY UL. ANDRZEJEWSKIEGO](#)



[JEŻYCE - OKOLICE UL. POZNAŃSKIEJ](#)

[JUNIKOWO](#)

[KRZESINY-POKRZYWNO-GARASZEWO](#)

[MAŁE GARBARY - GROCHOWE ŁĄKI - ŚWIĘTY](#)



Organizator:  Partnerzy: 

geoankieta [O projekcie](#) [Kontakt](#)

OS. CHROBREGO



SZANOWNI MIESZKAŃCY

Zapraszamy do wzięcia udziału w ankiecie dotyczącej odpadów komunalnych wytwarzanych w Państwa domach.

Orientacyjny czas wypełnienia ankiety to 5 minut.

Ankieta ta jest częścią projektu badawczego realizowanego na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu i finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (2012/05/N/H54/00509).

NASTĘPNE

Organizator:  Partnerzy: 

geoankieta [O projekcie](#) [Kontakt](#)

STRONA 1 z 4

ODPADY W GOSPODARSTWIE DOMOWYM

Ile razy w tygodniu wyrzuca Pan/Pani śmieci?

1

2

3

4

5

6

codziennie

Jaki jest standardowy rozmiar worka na śmieci, z którego Pan/Pani korzysta w swoim gospodarstwie domowym:

35 l (odpowiednik standardowej reklamówki)

60 l

120 l

inny, jaki?

Czy segreguje Pan/Pani odpady w swoim gospodarstwie domowym

tak

nie

Jeśli tak, to które:

szkło



plastik

makulatura

odpady zielone

odpady niebezpieczne (baterie, leki, odpady elektryczne)

POPZEDNIE **NASTĘPNE**

Organizator:  Partnerzy: 

STRONA 2 z 4

GOSPODARSTWO DOMOWE

Ile osób liczy Pana/Pani gospodarstwo domowe

- 1
 2
 3
 4
 5
 6 i więcej

Proszę określić typ Pana/Pani gospodarstwa domowego

- jednoosobowe
 para będąca w stałym związku bez niepełnoletnich dzieci
 para będąca w stałym związku z niepełnoletnimi dziećmi
 rodziny wielopokoleniowe bez niepełnoletnich dzieci
 mieszkanie tyrodziny wielopokoleniowe m.in. jedna z niepełnoletnimi dziećmi
 wielu, często zmieniających się współlokatorów
 rzadko zmieniający się współlokatorzy
 inne, jakie?

Które z poniższych grup pokoleniowych zamieszkuje Państwa gospodarstwo domowe:

- 0-19 lat
 19-35 lat
 35-59 lat
 60 lat i więcej

Jakie są Państwa dochody (netto) na osobę w gospodarstwie domowym?

- do 645 zł
 646 zł – 1875 zł
 1876 zł – 3790 zł
 powyżej 3790 zł

POPZEDNIE

NASTĘPNE

Organizator:

Partnerzy:

OS. CHROBREGO

STRONA 3 z 4

MIEJSCE ZBIÓRKI ODPADÓW KOMUNALNYCH (OPCJONALNIE)

Proszę zaznaczyć na mapie orientacyjną lokalizację punktu zbiórki odpadów komunalnych, z którego Pan/Pani korzysta lub (w przypadku zabudowy jednorodzinnej) - pobliską ulicę.

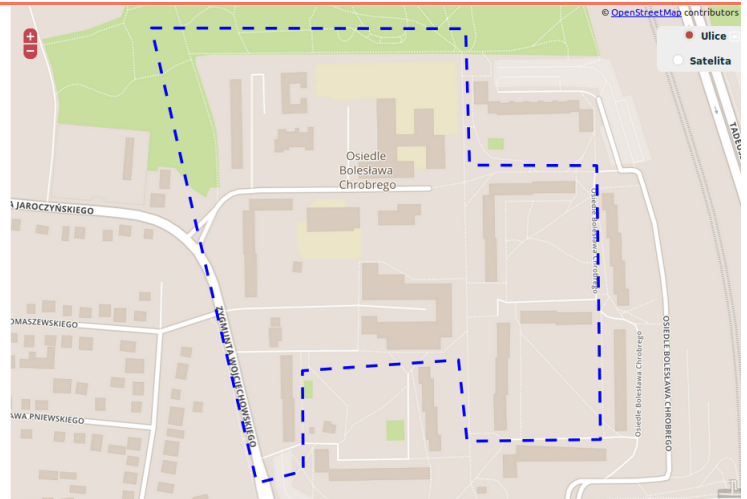
- Znajdź miejsce na mapie
- Użyj kontroltek by powiększyć mapę lub ją przesunąć
- Naciśnij poniższy przycisk i umieść punkt na mapie

MIEJSCE ZBIÓRKI ODPADÓW KOMUNALNYCH

Jeśli ma Pan/Pani dodatkowe uwagi dotyczące systemu zbiórki odpadów komunalnych w Poznaniu, proszę się nimi podzielić.

POPZEDNIE

NASTĘPNE



Organizator:

Partnerzy:

OS. CHROBREGO

STRONA 4 z 4

INFORMACJA NA TEMAT OSOBY WYPEŁNIAJĄCEJ ANKIETĘ

Wiek w latach

Płeć

- kobieta
 mężczyzna

POPZEDNIE

NASTĘPNE

Organizator:

Partnerzy:

[O projekcie](#) [Kontakt](#)


OS. CHROBREGO

Dziękujemy za poświęcony czas!

Wyniki badania zostaną przekazane do dalszej analizy, a w późniejszym czasie, zostaną również opublikowane na stronie projektu. Oczywiście państwa odpowiedzi pozostaną anonimowe, a publikowane wyniki będą agregowane do obszarów badawczych, w których przeprowadzona była ankietyzacja.

W przypadku jakichkolwiek pytań i uwag dotyczących badania, prosimy o kontakt na adres: [pwysocka\(at\)amu.edu.pl](mailto:pwysocka(at)amu.edu.pl)
Badanie jest realizowane w ramach projektu Narodowego Centrum Nauki (2012/05/N/HS4/00509) przez Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

POPZEDNIE

Organizator: Partnerzy:  RECODED
research code design

Dodatek C.

Wyniki geoankiety

Wartości WNO w gospodarstwach domowych, przeliczone dla
każdego z obszarów badawczych.

ID obszaru	Wszystkie ankiety				Bez odstających wartości OWN			
	\bar{X}	σ	Me	l.ankiet	\bar{X}	σ	Me	l.ankiet
2	3,54	0,67	3,33	3	3,54	0,67	3,33	3
3	5,71	NA	5,71	1	5,71	NA	5,71	1
8	7,22	3,85	5	3	7,22	3,85	5,00	3
10	8,74	3,18	8,57	13	8,74	3,18	8,57	13
11	10,00	NA	10	1	10,00	NA	10,00	1
12	9,78	5,06	11,43	7	9,78	5,06	11,43	7
13	8,20	4,09	7,18	10	8,20	4,09	7,18	10
14	10,49	7,26	8,035	8	8,32	4,17	7,50	7
16	6,86	4,47	5,485	8	6,86	4,47	5,49	8
17	13,72	13,23	8,035	8	6,87	2,56	7,50	6
19	9,54	3,83	10	13	9,54	3,83	10,00	13
21	13,62	9,13	10	13	10,18	3,81	10,00	11
22	9,81	8,00	8,57	17	8,24	4,82	8,04	16
24	5,96	3,21	6	6	5,96	3,21	6,00	6
28	6,88	3,61	6,875	4	6,88	3,61	6,88	4
34	6,78	3,99	5,71	7	6,78	3,99	5,71	7
35	7,44	4,97	6,67	25	6,85	4,11	6,67	24
36	8,79	6,32	7,62	20	7,67	3,98	6,67	19
37	12,49	9,62	10	17	9,89	4,79	9,29	14
38	8,90	4,85	7,915	16	8,90	4,85	7,92	16
39	6,33	2,56	5,835	8	6,33	2,56	5,84	8
40	10,74	4,61	10	8	10,74	4,61	10,00	8
41	10,48	9,16	7,5	5	6,67	3,91	6,25	4
42	6,25	2,50	5	4	6,25	2,50	5,00	4
46	10,00	NA	10	1	10,00	NA	10,00	1
48	20,00	NA	20	1	20,00	NA	20,00	1
50	6,25	NA	6,25	1	6,25	NA	6,25	1
52	17,08	27,30	10,71	12	9,29	4,14	10,71	11
56	8,14	3,63	8,57	21	8,14	3,63	8,57	21
61	15,00	NA	15	1	15,00	NA	15,00	1
62	14,51	10,69	12,43	16	9,53	6,12	10,00	12
66	9,99	5,13	8,75	9	9,99	5,13	8,75	9
67	13,28	7,36	11,965	14	11,99	5,80	11,43	13
68	6,32	3,16	5	7	6,32	3,16	5,00	7
69	17,50	17,68	17,5	2	5,00	NA	5,00	1
74	11,49	8,29	10	19	8,51	4,01	7,92	16
75	9,37	5,79	10,12	6	9,37	5,79	10,12	6
83	9,00	8,49	9	2	9,00	8,49	9,00	2
84	9,86	4,87	10	5	9,86	4,87	10,00	5
85	22,72	14,01	30	5	7,50	1,17	7,50	2
86	10,18	3,79	10,18	2	10,18	3,79	10,18	2
87	8,39	5,65	6,785	6	8,39	5,65	6,79	6
88	7,48	3,91	6	6	7,48	3,91	6,00	6
91	9,76	5,69	9,285	4	9,76	5,69	9,29	4
92	5,47	2,88	5,465	2	5,47	2,88	5,47	2
98	9,82	2,35	10	5	9,82	2,35	10,00	5

Dodatek D.

Zestawienie zmienności dobowej wyrzucania odpadów przez poznaniaków

Częstotliwość wyrzucania odpadów w poszczególnych porach dnia -
wyniki badań w gospodarstwach domowych z rozróżnieniem typu
zabudowy.

Pory dnia	Zabudowa					
	jednorodzinna		wielorodzinna niska		wielorodzinna wysoka	
	pon - pt	weekend	pon - pt	weekend	pon - pt	weekend
6:00 - 7:00	0	0	11	1	0	0
7:00 - 8:00	4	0	8	7	4	0
8:00 - 9:00	1	3	2	1	2	1
9:00 - 10:00	2	2	5	2	0	1
10:00 - 11:00	1	0	1	2	7	1
11:00 - 12:00	1	1	2	3	1	3
12:00 - 13:00	2	1	1	2	1	4
13:00 - 14:00	0	4	4	3	2	1
14:00 - 15:00	2	1	4	0	2	1
15:00 - 16:00	3	1	6	1	4	3
16:00 - 17:00	10	1	9	1	4	0
17:00 - 18:00	10	2	6	3	13	2
18:00 - 19:00	5	1	12	6	14	3
19:00 - 20:00	2	2	6	3	4	0
20:00 - 21:00	2	0	10	1	2	1
21:00 - 22:00	0	1	12	4	1	1
22:00 - 23:00	0	0	2	0	2	1
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0

Dodatek E.

**Zróźnicowanie przestrzenne
współczynnika OWN**

Wyniki badań terenowych przeprowadzonych w zabudowie
wielorodzinnej niskiej i wysokiej.

ID obszaru	OWN bez standaryzacji					OWN ze standaryzacją				
	\bar{X}	σ	Me	min.	maks.	\bar{X}	σ	Me	min.	maks.
34	5,13	4,565	3,52	1,58	10,28	5,47	4,326	4,22	1,90	10,28
35	6,97	1,178	6,87	5,85	10,28	8,62	2,575	7,51	6,79	11,57
36	8,35	5,228	5,36	5,30	14,39	8,90	5,193	6,55	5,30	14,85
37	3,61	2,551	4,95	0,67	5,21	3,25	1,818	3,47	1,33	4,95
38	5,16	3,021	3,95	2,93	8,60	6,14	2,336	5,86	3,95	8,60
39	3,10	1,398	3,05	1,73	4,52	3,96	1,354	3,25	3,12	5,53
40	6,05	2,909	4,92	3,88	9,36	5,20	0,934	4,92	4,43	6,24
41	3,13	0,252	3,25	2,84	3,31	4,19	0,535	4,30	3,61	4,67
42	2,92	0,613	3,04	2,25	3,46	4,08	0,326	4,13	3,73	4,38
46	4,34	1,651	3,64	3,16	6,23	4,41	0,391	4,21	4,15	4,86
48	2,59	1,364	2,57	1,23	3,96	2,23	0,135	2,19	2,11	2,38
50	2,98	0,295	3,04	2,66	3,24	2,72	0,741	2,66	2,01	3,49
52	3,23	0,796	2,78	2,76	4,15	7,34	1,695	8,30	5,38	8,33
53	9,06	1,384	9,73	7,47	9,99	8,40	3,308	9,59	4,66	10,95
56	15,28	1,632	16,00	13,41	16,42	12,01	5,232	10,95	7,38	17,69
61	3,39	1,243	2,72	2,63	4,82	3,68	1,065	3,50	2,72	4,82
62	4,30	0,291	4,47	3,96	4,47	6,06	0,793	6,44	5,15	6,59
66	5,91	3,131	6,43	2,55	8,74	5,48	0,370	5,51	5,09	5,83
67	4,88	1,811	3,85	3,82	6,97	5,49	1,339	5,13	4,37	6,97
68	4,27	2,024	4,23	2,26	6,31	4,52	0,891	4,52	3,63	5,41
69	5,22	1,232	5,24	3,97	6,44	4,18	0,642	4,29	3,50	4,77
74	4,82	0,995	5,20	3,69	5,57	8,41	1,733	7,43	7,39	10,41
75	5,75	2,344	4,86	3,98	8,41	8,69	2,366	8,21	6,59	11,25
76	3,12	0,560	2,85	2,75	3,76	3,12	0,560	2,85	2,75	3,76
83	1,73	0,985	1,25	1,07	2,86	3,45	1,969	2,51	2,13	5,71
84	6,17	1,956	6,16	4,23	8,14	4,12	1,304	4,11	2,82	5,43
85	1,23	0,259	1,23	1,04	1,41	2,73	2,037	2,73	1,29	4,17
86	3,38	1,339	2,88	2,37	4,90	3,93	2,271	2,88	2,37	6,53
87	1,66	1,486	2,10	0,00	2,87	2,21	1,982	2,80	0,00	3,83
88	8,46	1,127	8,69	7,23	9,45	14,39	3,016	14,46	11,34	17,37
91	1,46	0,325	1,46	1,14	1,79	1,64	0,653	1,37	1,17	2,39
92	2,34	0,632	2,55	1,63	2,85	4,57	1,707	3,80	3,40	6,53
94	6,31	2,212	6,80	3,89	8,23	5,63	2,297	4,76	3,89	8,23
98	2,69	1,803	2,14	1,23	4,70	2,89	1,273	2,85	1,64	4,18

**Wyniki badań terenowych przeprowadzonych w zabudowie
jednorodzinnej**

ID obszaru	OWN					Liczba gospodarstw
	$\bar{\chi}$	σ	Me	Min.	Maks.	
2	2,62	2,38	1,60	0,80	8,60	11
3	4,43	5,38	2,70	0,00	16,00	9
8	2,15	1,70	2,15	0,00	4,66	5
10	1,36	1,70	0,78	0,00	6,42	22
11	2,37	3,03	1,14	0,00	9,20	14
12	2,77	2,80	2,15	0,00	8,57	18
13	1,13	1,61	0,41	0,00	5,15	21
14	3,03	2,88	2,13	0,00	9,30	31
16	3,09	3,15	2,49	0,00	12,80	34
17	2,08	2,39	1,43	0,00	8,90	19
19	2,04	2,96	1,18	0,00	12,20	17
20	4,00	3,28	2,80	0,00	12,80	11
21	3,80	3,37	2,81	0,00	12,80	17
22	1,34	1,49	0,93	0,00	5,50	19
24	4,78	9,14	2,21	0,00	40,00	18
28	2,05	3,27	1,17	0,00	15,20	22