

## Opis metodologii obliczania pokrycia radiowego sieci Aero2

### 1. Przygotowanie symulacji pokrycia sygnałem 900 MHz.

Symulacja pokrycia radiowego dla systemu HSPA+900MHz jest wykonywana dla kanału pilota. Oznacza to, że poziom sygnału w danym miejscu zależy od mocy sygnału ustawionego w kanale pilota, oraz od warunków występujących w kanale radiowym. Nie zależy natomiast od obciążenia wynikającego z aktywności terminali abonenckich znajdujących się w sieci.

Do symulacji pokrycia radiowego wykorzystywane jest specjalistyczne oprogramowanie Enterprise® firmy AirCOM – wiodącego na świecie dostawcy tego typu oprogramowania.

Każda stacja bazowa znajdująca się w sieci, posiada swoją reprezentację w bazie danych programu Enterprise, gdzie jest opisana parametrami radiowymi, zgodnymi z rzeczywistością (faktycznym stanem konfiguracji stacji bazowej uruchomionej w sieci) i wpływającymi na propagację sygnału radiowego w danym obszarze. Zestaw takich parametrów jest indywidualny dla każdej stacji bazowej i wynika ze szczególnych warunków właściwych dla danej lokalizacji, przede wszystkim wysokości umieszczenia anten rozsiwczyczych, ich typów, azymutów, kątów pochylenia wiązki głównej, konstrukcji toru antenowego, itd.

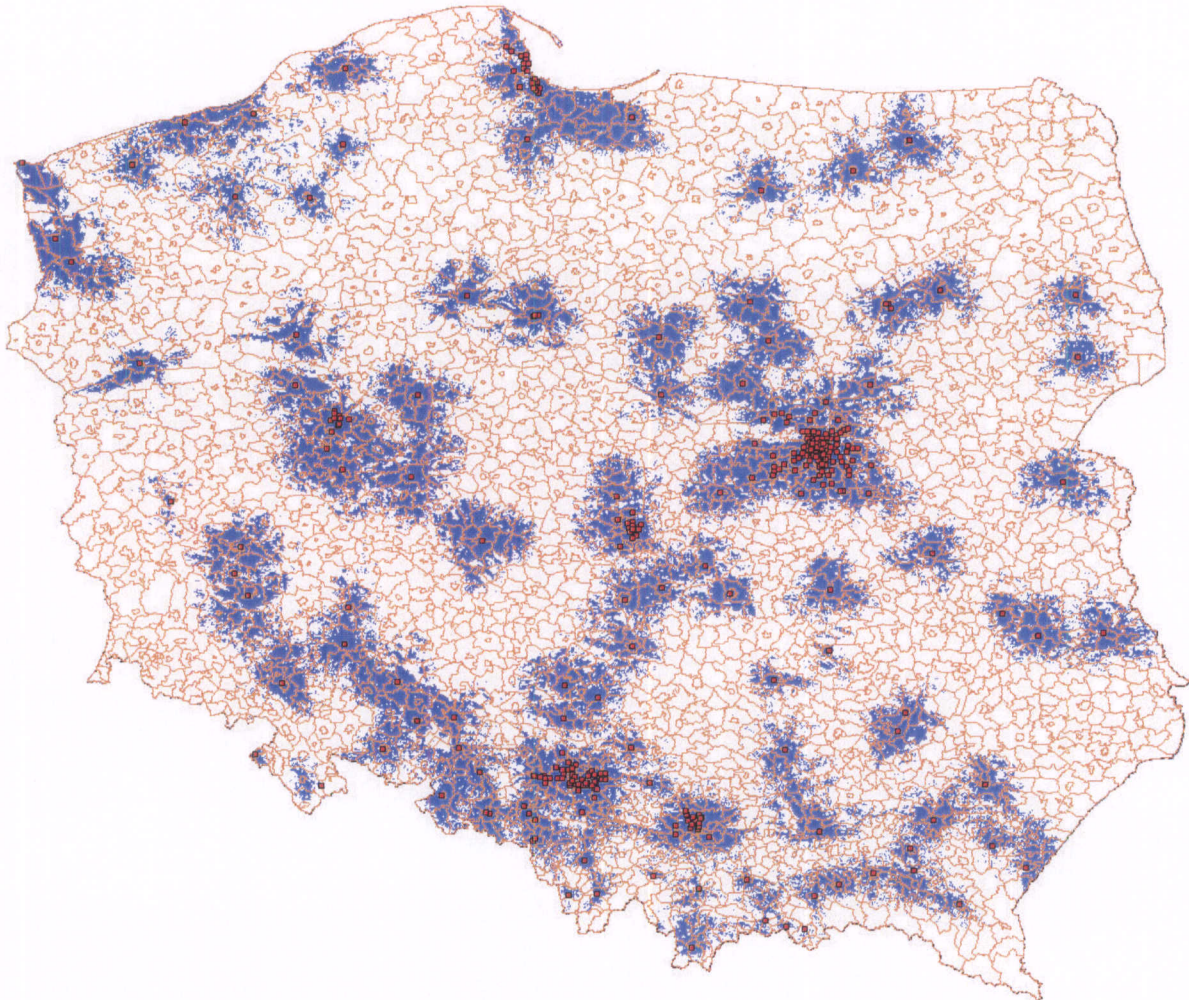
Symulacje wykorzystują mapy cyfrowe, które odzwierciedlają ukształtowanie terenu oraz jego rodzaj (lasy, gęsta zabudowa miejska, łąki, drogi, zabudowa jednorodzinna, itp.) Używane przez nas mapy mają rozdzielczość 50m. Propagacja radiowa w danym obszarze jest więc przede wszystkim zależna od ukształtowania terenu wokół stacji oraz od charakterystyki tłumienia fal radiowych przez różne typy terenu (przykładowo propagacja sygnału w terenie otwartym jest dużo lepsza niż w obszarach zalesionych).

Kolejnym elementem decydującym o obszarze pokrycia sygnałem radiowym jest wysokość zawieszenia anten oraz parametry tych anten (zysk). Im wyżej zawieszono anteny, oraz im większy jest ich zysk, tym większy zasięg ma dany sektor stacji bazowej. Zarówno mapy cyfrowe, jak i informacje o typie, wysokości zawieszenia i kierunku promieniowania anten sektorowych, są wykorzystywane do symulacji pokrycia radiowego.

Na zasięg stacji bazowej wpływa również tłumienie toru radiowego. Dzisiejsze rozwiązania proponowane przed dostawców i zastosowane w sieci Aero2, minimalizują tłumienie sygnału w torze antenowym (poprzez umieszczenie tzw. głowic radiowych jak najbliżej anten), przez co można osiągnąć większe pokrycie radiowe bez zwiększania mocy i zmian parametrów pozostałych elementów systemu antenowego. Każdy sektor stacji bazowej posiada właściwą sobie wartość tłumienia toru antenowego, która również jest uwzględniana w procesie symulacji.

Do symulacji radiowych wykorzystywane przez nas są również zaawansowane modele propagacyjne, które opisują zachowanie sygnału radiowego w różnych środowiskach propagacyjnych. Za ich pomocą można z dużą dokładnością wyliczyć spodziewane pokrycie radiowe z danej stacji bazowej, uwzględniając wszystkie właściwe dla tej stacji uwarunkowania, oraz zachowanie się fal radiowych w danym paśmie i w danym środowisku. Modele propagacyjne przez nas używane są dodatkowo zoptymalizowane pod kątem charakterystycznych cech środowiska propagacyjnego występującego w polskich warunkach. Do celów tej optymalizacji zostało wykonanych wiele pomiarów w terenie, co sprawiło, że symulacje wykonywane przy użyciu dostępnych dla nas narzędzi planistycznych, są w bardzo dużym stopniu zbliżone do faktycznego pokrycia radiowego uzyskiwanego z poszczególnych stacji bazowych. Prawdziwość tych symulacji została potwierdzona ogromną ilością pomiarów typu Drive Test, mających na celu weryfikację rzeczywistej propagacji.

Wyniki symulacji radiowej HSPA+ 900MHz dla 355 stacji przedstawiono na rysunku poniżej:



Rysunek 1: symulacja pokrycia HSPA+ 900MHz dla 355 stacji bazowych (na mapie oznaczono także powiaty).

## **2. Analiza GIS w celu określenia pokrycia ludności oraz terenu.**

### **Środowisko obliczeniowe:**

- MapInfo Professional v10.0.1;
- Mapy cyfrowe "Polska 2009" firmy Imagis SA zawierające dane demograficzne GUS (stan 31.12.2007);
- Mapa zasięgu przygotowane zgodnie z opisem w poprzednim Rozdziale.

### **Metodologia:**

- Dla wszystkich gmin w Polsce obliczono jak część gminy (w ha) znajduje się w obrębie zasięgu sieci Aero2;
- Na tej podstawie obliczono procentowy wskaźnik pokrycia zasięgiem każdej gminy;
- Proporcjonalnie wyliczono jaki procent ludności każdej gminy jest w zasięgu sieci (zakładając równomierny rozkład ludności w gminie).

### **Wyniki:**

- Po zsumowaniu i podzieleniu przez stan ludności Polski na koniec 2007r. otrzymaliśmy wynik - 53,6% ludności w zasięgu sieci Aero2;
- W rezultacie przeprowadzonych obliczeń dla weryfikacji drugiej części wymagań rezerwacji Aero2 (pokrycie gmin) uzyskano wyniki: dla 200 gmin miejskich, miejsko-wiejskich lub powiatów grodzkich liczących mniej niż 50 000 mieszkańców w co najmniej 118 powiatach uzyskano średnie pokrycie gminy na poziomie 79% jej powierzchni. Wartość maksymalna pokrycia powierzchni gminy wynosi 100%, a minimalna 54,5%;
- W Tabeli 1 znajduje się lista wybranych gmin wraz z procentowym pokryciem ich powierzchni zasięgiem usługi Aero2 HSPA+ 900MHz.

Gmina	Województwo	Powiat	pow_gm_h a	pow_pokryta _ha	%pokrycia
Leżajsk	Podkarpackie	leżajski	2 061	2 392	100,0%
Płońsk	Mazowieckie	płoński	1 138	1 286	100,0%
Oława	Dolnośląskie	oławski	2 734	3 080	100,0%
Józefów	Mazowieckie	otwocki	2 392	2 515	100,0%
Limanowa	Małopolskie	limanowski	1 864	1 937	100,0%
Jaworzyna Śląska	Dolnośląskie	świdnicki	6 734	6 922	100,0%
Ciechanów	Mazowieckie	ciechanowski	3 284	3 343	100,0%
Milanówek	Mazowieckie	grodziski	1 352	1 373	100,0%
Lędziny	Śląskie	bieruńsko-lędziński	3 104	3 134	100,0%
Ozorków	Łódzkie	zgierski	1 547	1 559	100,0%
Kołobrzeg	Zachodniopomorskie	kołobrzegi	2 567	2 587	100,0%
Żyrardów	Mazowieckie	żyrardowski	1 435	1 446	100,0%
Skierniewice	Łódzkie	Skierniewice	3 286	3 308	100,0%
Karczew	Mazowieckie	otwocki	8 149	8 174	100,0%
Krosno	Podkarpackie	Krosno	4 348	4 359	100,0%
Konstantynów Łódzki	Łódzkie	pabianicki	2 687	2 693	100,0%
Mrągowo	Warmińsko-Mazurskie	mrągowski	1 480	1 483	100,0%
Giżycko	Warmińsko-Mazurskie	giżycki	1 387	1 388	100,0%
Lewin Brzeski	Opolskie	brzeski	15 971	15 967	100,0%
Sierpc	Mazowieckie	sierpecki	1 860	1 859	99,9%
Bielsk Podlaski	Podlaskie	bielski	2 692	2 684	99,7%
Sandomierz	Świętokrzyskie	sandomierski	2 832	2 823	99,7%
Ożarów Mazowiecki	Mazowieckie	warszawski zachodni	7 134	7 106	99,6%
Brzeg	Opolskie	brzeski	1 461	1 455	99,6%
Piastów	Mazowieckie	pruszkowski	583	580	99,5%
Luboń	Wielkopolskie	poznański	1 352	1 344	99,4%
Grybów	Małopolskie	nowosądecki	1 700	1 690	99,4%
Imielin	Śląskie	bieruńsko-lędziński	2 804	2 787	99,4%
Ząbki	Mazowieckie	wołomiński	1 113	1 105	99,3%
Wojkowice	Śląskie	będziński	1 277	1 268	99,3%
Błonie	Mazowieckie	warszawski zachodni	8 584	8 515	99,2%
Brwinów	Mazowieckie	pruszkowski	6 916	6 846	99,0%
Aleksandrów Łódzki	Łódzkie	zgierski	11 558	11 429	98,9%
Czeladź	Śląskie	będziński	1 657	1 638	98,8%
Łomianki	Mazowieckie	warszawski zachodni	3 806	3 759	98,8%
Wołomin	Mazowieckie	wołomiński	6 153	6 064	98,5%
Marki	Mazowieckie	wołomiński	2 601	2 560	98,4%
Wieliczka	Małopolskie	wielicki	10 004	9 833	98,3%
Radzionków	Śląskie	tarnogórski	1 315	1 291	98,2%
Starogard Gdański	Pomorskie	starogardzki	2 527	2 480	98,1%
Grodzisk Mazowiecki	Mazowieckie	grodziski	10 703	10 501	98,1%

Mosina	Wielkopolskie	poznański	17 081	16 752	98,1%
Radomsko	Łódzkie	radomszczański	5 145	5 044	98,0%
Śrem	Wielkopolskie	śremski	20 619	20 194	97,9%
Gorlice	Małopolskie	gorlicki	2 356	2 304	97,8%
Kobyłka	Mazowieckie	wołomiński	2 005	1 957	97,6%
Nowy Staw	Pomorskie	malborski	11 438	11 153	97,5%
Sulejówek	Mazowieckie	miński	1 951	1 902	97,5%
Piaski	Lubelskie	świdnicki	16 973	16 511	97,3%
Nowy Dwór Gdański	Pomorskie	nowodworski	21 300	20 712	97,2%
Konstancin-Jeziorna	Mazowieckie	piaseczyński	7 828	7 606	97,2%
Żerków	Wielkopolskie	jarociński	17 050	16 530	97,0%
Krzanowice	Śląskie	raciborski	4 706	4 553	96,7%
Czempiń	Wielkopolskie	kościański	14 246	13 782	96,7%
Zakroczym	Mazowieckie	nowodworski	7 142	6 905	96,7%
Żabno	Małopolskie	tarnowski	10 262	9 906	96,5%
Ryki	Lubelskie	rycki	16 180	15 569	96,2%
Pyskowice	Śląskie	gliwicki	3 114	2 986	95,9%
Bieruń	Śląskie	bieruńsko-lędziński	4 031	3 861	95,8%
Podkowa Leśna	Mazowieckie	grodziski	1 010	967	95,8%
Rzgów	Łódzkie	łódzki wschodni	6 597	6 289	95,3%
Nowy Dwór Mazowiecki	Mazowieckie	nowodworski	2 827	2 688	95,1%
Jasło	Podkarpackie	jasielski	3 665	3 464	94,5%
Skawina	Małopolskie	krakowski	10 015	9 463	94,5%
Żarów	Dolnośląskie	świdnicki	8 798	8 312	94,5%
Koprzywnica	Świętokrzyskie	sandomierski	6 919	6 528	94,4%
Halinów	Mazowieckie	miński	6 309	5 951	94,3%
Puszczykowo	Wielkopolskie	poznański	1 665	1 564	93,9%
Nowe Skalmierzyce	Wielkopolskie	ostrowski	12 567	11 685	93,0%
Niemodlin	Opolskie	opolski	18 321	16 926	92,4%
Opoczno	Łódzkie	opoczyński	19 045	17 582	92,3%
Radzymin	Mazowieckie	wołomiński	13 093	12 061	92,1%
KłECKO	Wielkopolskie	gnieźnieński	13 170	12 085	91,8%
Tarnobrzeg	Podkarpackie	Tarnobrzeg	8 583	7 859	91,6%
Wyszków	Mazowieckie	wyszkowski	16 546	15 028	90,8%
Świątniki Górne	Małopolskie	krakowski	2 017	1 823	90,4%
Góra Kalwaria	Mazowieckie	piaseczyński	14 511	13 074	90,1%
Otwock	Mazowieckie	otwocki	4 733	4 241	89,6%
Jarocin	Wielkopolskie	jarociński	20 023	17 848	89,1%
Szamotuły	Wielkopolskie	szamotulski	17 507	15 512	88,6%
Swarzędz	Wielkopolskie	poznański	10 199	9 032	88,6%
Krapkowice	Opolskie	krapkowicki	9 744	8 613	88,4%
Świnoujście	Zachodniopomorskie	Świnoujście	19 510	17 208	88,2%
Środa Wielkopolska	Wielkopolskie	średzki	20 730	18 279	88,2%
Szczecinek	Zachodniopomorskie	szczecinecki	3 716	3 275	88,1%
Garwolin	Mazowieckie	garwoliński	2 208	1 944	88,0%
Serock	Mazowieckie	legionowski	10 896	9 540	87,6%
Pruszcz Gdański	Pomorskie	gdański	1 647	1 441	87,5%
Świebodzice	Dolnośląskie	świdnicki	3 045	2 662	87,4%
Wiązów	Dolnośląskie	strzeliński	14 182	12 382	87,3%
Blachownia	Śląskie	częstochowski	6 721	5 863	87,2%
Zdzieszowice	Opolskie	krapkowicki	5 785	5 005	86,5%
Pilawa	Mazowieckie	garwoliński	7 725	6 680	86,5%
Czerwionka-Leszczyny	Śląskie	rybnicki	11 565	9 977	86,3%
Święta Katarzyna	Dolnośląskie	wrocławski	9 857	8 500	86,2%

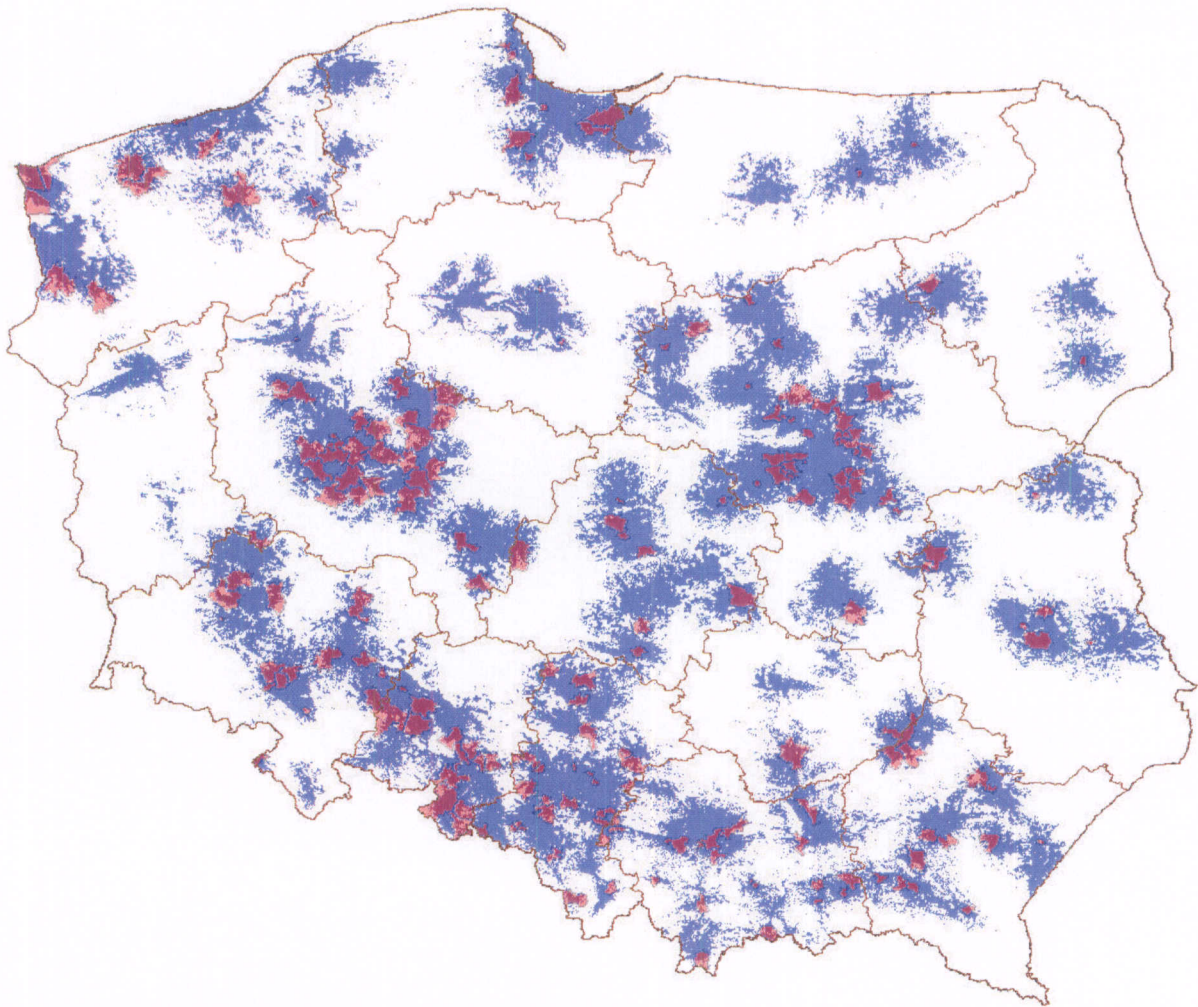
Kórnik	Wielkopolskie	poznański	18 658	15 976	85,6%
Mikołów	Śląskie	mikołowski	7 889	6 729	85,3%
Głogówek	Opolskie	prudnicki	17 006	14 431	84,9%
Żukowo	Pomorskie	kartuski	16 395	13 903	84,8%
Kudowa-Zdrój	Dolnośląskie	klodzki	3 399	2 873	84,5%
Busko-Zdrój	Świętokrzyskie	buski	23 588	19 939	84,5%
Jastarnia	Pomorskie	pucki	800	673	84,1%
Mława	Mazowieckie	mławski	3 550	2 974	83,8%
Tarczyn	Mazowieckie	piaseczyński	11 415	9 561	83,8%
Niepołomice	Małopolskie	wielicki	9 511	7 957	83,7%
Strzegom	Dolnośląskie	świdnicki	14 471	12 089	83,5%
Radlin	Śląskie	wodzisławski	1 253	1 044	83,3%
Baborów	Opolskie	głubczycki	11 697	9 706	83,0%
Biecz	Małopolskie	gorlicki	9 928	8 229	82,9%
Jedlicze	Podkarpackie	krośnieński	5 821	4 801	82,5%
Trzebnica	Dolnośląskie	trzebnicki	20 019	16 444	82,1%
Trzemeszno	Wielkopolskie	gnieźnieński	17 481	14 316	81,9%
Stęszew	Wielkopolskie	poznański	17 522	14 265	81,4%
Sanok	Podkarpackie	sanocki	3 815	3 100	81,3%
Kłobuck	Śląskie	kłobucki	13 040	10 542	80,8%
Polkowice	Dolnośląskie	polkowicki	16 728	13 500	80,7%
Rydułtowy	Śląskie	wodzisławski	1 500	1 192	79,4%
Strzyżów	Podkarpackie	strzyżowski	14 023	11 139	79,4%
Świdnik	Lubelskie	świdnicki	2 035	1 599	78,6%
Oświęcim	Małopolskie	oświęcimski	3 030	2 369	78,2%
Skarszewy	Pomorskie	starogardzki	16 979	13 247	78,0%
Ciechocinek	Kujawsko-Pomorskie	aleksandrowski	1 559	1 214	77,9%
Pyzdry	Wielkopolskie	wrzesiński	13 790	10 616	77,0%
Knurów	Śląskie	gliwicki	3 395	2 609	76,9%
Gryfice	Zachodniopomorskie	gryficki	26 163	19 947	76,2%
Łęczna	Lubelskie	łęczyński	7 490	5 708	76,2%
Dobczyce	Małopolskie	myślenicki	6 663	5 057	75,9%
Strumień	Śląskie	cieszyński	5 840	4 413	75,6%
Baranów	Podkarpackie	tarnobrzescki	12 186	9 137	75,0%
Sandomierski					
Kąty Wrocławskie	Dolnośląskie	wrocławski	17 650	13 214	74,9%
Dęblin	Lubelskie	rycki	3 851	2 876	74,7%
Ścinawa	Dolnośląskie	lubiński	16 456	12 260	74,5%
Boguchwała	Podkarpackie	rzeszowski	9 619	7 165	74,5%
Bobowa	Małopolskie	gorlicki	4 984	3 677	73,8%
Błaszki	Łódzkie	sieradzki	20 163	14 844	73,6%
Radymno	Podkarpackie	jarosławski	1 359	998	73,5%
Toszek	Śląskie	gliwicki	9 853	7 200	73,1%
Głubczyce	Opolskie	głubczycki	29 433	21 444	72,9%
Chojnów	Dolnośląskie	legnicki	532	388	72,8%
Nowogród	Podlaskie	łomżyński	10 098	7 326	72,5%
Kańczuga	Podkarpackie	przeworski	10 515	7 627	72,5%
Czerniejewo	Wielkopolskie	gnieźnieński	11 201	8 116	72,5%
Biezuń	Mazowieckie	żuromiński	12 202	8 759	71,8%
Kostrzyn	Wielkopolskie	poznański	15 421	10 964	71,1%
Gogolin	Opolskie	krakowicki	10 051	7 111	70,7%
Dolsk	Wielkopolskie	śremski	12 476	8 792	70,5%
Gryfino	Zachodniopomorskie	gryfiński	25 362	17 694	69,8%
Września	Wielkopolskie	wrzesiński	22 184	15 476	69,8%
Grabów nad Prosną	Wielkopolskie	ostrzeszowski	12 355	8 619	69,8%
Ostroróg	Wielkopolskie	szamotulski	8 499	5 926	69,7%

Poręba	Śląskie	zawierciański	4 004	2 780	69,4%
Czarnków	Wielkopolskie	czarnkowsko- trzcianecki	1 003	689	68,7%
Krzepice	Śląskie	kłobucki	7 881	5 410	68,6%
Karlino	Zachodniopomorskie	białogardzki	14 102	9 655	68,5%
Szlichtyngowa	Lubuskie	wschowski	9 974	6 827	68,4%
Reda	Pomorskie	wejherowski	2 945	2 009	68,2%
Prószków	Opolskie	opolski	12 123	8 240	68,0%
Chełmek	Małopolskie	oświęcimski	2 724	1 842	67,6%
Grodzów	Opolskie	brzeski	28 639	19 343	67,5%
Książ Wielkopolski	Wielkopolskie	śremski	14 787	9 979	67,5%
Puck	Pomorskie	pucki	490	324	66,1%
Dzierżoniów	Dolnośląskie	dzierżoniowski	2 007	1 323	65,9%
Zielonka	Mazowieckie	wołomiński	7 923	5 217	65,9%
Sopot	Pomorskie	Sopot	1 731	1 139	65,8%
Kietrz	Opolskie	głubczycki	13 993	9 166	65,5%
Leśnica	Opolskie	strzelecki	9 463	6 171	65,2%
Zakopane	Małopolskie	tatrzański	8 435	5 482	65,0%
Sucha Beskidzka	Małopolskie	suski	2 746	1 780	64,8%
Szczawnica	Małopolskie	nowotarski	8 789	5 690	64,7%
Chełmża	Kujawsko-Pomorskie	toruński	783	504	64,4%
Połczyn-Zdrój	Zachodniopomorskie	świdwiński	34 371	21 985	64,0%
Międzyzdroje	Zachodniopomorskie	kamieński	11 717	7 448	63,6%
Miłosław	Wielkopolskie	wrzesiński	13 226	8 385	63,4%
Rabka-Zdrój	Małopolskie	nowotarski	6 902	4 355	63,1%
Sławków	Śląskie	będziński	3 660	2 254	61,6%
Rumia	Pomorskie	wejherowski	3 286	2 006	61,1%
Chocianów	Dolnośląskie	połkowicki	22 176	13 421	60,5%
Nowa Sarzyna	Podkarpackie	leżajski	14 423	8 692	60,3%
Witkowo	Wielkopolskie	gnieźniński	18 440	11 013	59,7%
Żywiec	Śląskie	żywiecki	5 057	2 999	59,3%
Pyrzyce	Zachodniopomorskie	pyrzycki	20 440	12 084	59,1%
Płoty	Zachodniopomorskie	gryficki	23 879	14 040	58,8%
Sośnicowice	Śląskie	gliwicki	11 624	6 830	58,8%
Nasielsk	Mazowieckie	nowodworski	20 247	11 851	58,5%
Nowa Dęba	Podkarpackie	tarnobrzesci	14 252	8 300	58,2%
Rejowiec Fabryczny	Lubelskie	chełmski	1 436	828	57,7%
Międzyrzec Podlaski	Lubelskie	białski	2 002	1 149	57,4%
Wojnicz	Małopolskie	tarnowski	7 855	4 495	57,2%
Łazy	Śląskie	zawierciański	13 256	7 584	57,2%
Kamieński	Łódzkie	radomszczański	9 581	5 408	56,4%
Skaryszew	Mazowieckie	radomski	17 141	9 661	56,4%
Krzywiń	Wielkopolskie	kościański	17 916	10 059	56,1%
Kościan	Wielkopolskie	kościański	875	489	55,8%
Tyczyn	Podkarpackie	rzyszowski	7 638	4 257	55,7%
Wisła	Śląskie	cieszyński	11 026	6 137	55,7%
Woźniki	Śląskie	lubliniecki	12 736	7 077	55,6%
Brzeszcze	Małopolskie	oświęcimski	4 613	2 550	55,3%
Obrzycko	Wielkopolskie	szamotulski	372	205	55,2%
Nowe Warpno	Zachodniopomorskie	policki	19 707	10 849	55,1%
Pszów	Śląskie	wodzisławski	2 042	1 113	54,5%

Tabela 1: Lista wybranych gmin/powiatów zgodnie z wymaganiami rezerwacji Aero2 900 MHz.

- Na Rysunku 2 przedstawiono graficznie (kolorem ciemno niebieskim) wybrane gminy i powiaty spełniające wymagania rezerwacji Aero2 900MHz, gdzie usługa Aero2 HSPA+ 900MHz dostępna jest na co najmniej 54,5% powierzchni gminy/powiatu.

PC  
OK



Rysunek 2: Gminy i powiaty spełniające wymagania rezerwacji dla Aero2 (pasmo 900MHz).

### 3. Podsumowanie

W poniższej tabeli przedstawiono podsumowanie wyliczeń GIS i wymagania rezerwacji Aero2 oraz listę gmin, gdzie średnie pokrycie powierzchni gminy zasięgiem usługi 900MHz wynosi 79%.

	Raport UKE	Obliczenia Aero2	Rezerwacja Aero2 900MHz
Liczba stacji bazowych	355	355	n.d.
Poziom sygnału:	b.d.	-110 dBm	n.d.
Liczba gmin miejskich, miejsko-wiejskich, powiatów grodzkich <50 k mieszkańców	99	200	200
Liczba powiatów j.w.	71	118	80
Średni procent pokrycia powierzchni gminy/powiatu	b.d.	79,00%	n.d.

Tabela 2: Podsumowanie wyliczeń GIS.

Należy pamiętać, że zasięg sieci Aero2 obejmuje również wiele gmin poza przedstawioną listą, jednak te gminy nie są rozpatrywane ze względu na rezerwację (więcej niż 50k mieszkańców albo gminy wiejskie) lub też pokrycie ich powierzchni jest mniejsze niż 54% (patrz Rysunek 2).