

---

Stanisław Latoś\*, Józef Maślanka\*, Edward Preweda\*

ANALIZA DOKŁADNOŚCI POZIOMYCH OSNÓW GEODEZYJNYCH  
ZAKŁADANYCH METODĄ POLIGONOWĄ  
Z WYKORZYSTANIEM TACHIMETRÓW ELEKTRONICZNYCH\*\*

---

Ustalenie niezbędnej dokładności typowych geodezyjnych osnów poziomych oraz optymalnych zasad ich konstruowania i funkcjonowania stanowi zasadniczy problem racjonalnego prowadzenia, w oparciu o punkty tych osnów, wszystkich prac geodezyjnych. Rozwiązanie tego problemu wymaga w pierwszym rzędzie ustalenia odpowiedniego, dostosowanego do aktualnych oraz przyszłościowych potrzeb i uwarunkowań, modelu konstruowania i funkcjonowania tych osnów, biorąc pod uwagę zadania, jakie mają one do spełnienia w produkcji geodezyjnej oraz stan używanego w praktyce sprzętu pomiarowo-obliczeniowego. Poziome geodezyjne osnowy szczegółowe powinny spełniać wszystkie kryteria odnośnie wymaganej dokładności oraz racjonalnego ich funkcjonowania w prowadzonych powszechnie na terenie kraju typowych pracach geodezyjno-kartograficznych. Aktualnie i w najbliższej przyszłości zadaniem zasadniczym tych prac w Polsce jest i będzie pozyskiwanie, w oparciu o punkty rozpatrywanych osnów, informacji o terenie, łącznie z położonymi na jego powierzchni obiektami inżynierskimi i gospodarczymi – w różnych warstwach tematycznych i dla różnych celów – w sposób dostosowany do wprowadzanego w Polsce krajowego systemu informacji o terenie. Dane te powinny pozwolić na identyfikację i lokalizację – z odpowiednią dokładnością – obiektów terenowych punktowych, liniowych i powierzchniowych, w jednolitym układzie współrzędnych, za pomocą wartości współrzędnych punktów określających położenie i geometrię tych obiektów. Spośród wszystkich prac geodezyjnych, których potrzeby i wymagania mają zaspokajać rozpatrywane osnowy, za najistotniejsze uznać należy pozyskiwanie danych do tworzenia ewidencji gruntów,

---

\*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

\*\*Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego nr 9 T12E 01408 finansowanego przez KBN

jako załączka wielozadaniowego katastru gruntów i budynków, o szerokim zakresie zastosowań i zadań w gospodarce kraju, ale o zróżnicowanym stopniu dokładności tych danych. Z najwyższą, ale realną do osiągnięcia przy stosowaniu ogólnie dostępnych przyrządów i technik pomiarowych, dokładnością należy pozyskiwać dane niezbędne dla ochrony interesów majątkowych stron obrotu nieruchomościami.

Z rozmów z wykonawcami prac rozgraniczeniowych, scaleniowych i podziałowych wynika, że zainteresowane strony za zadowalające uznają wyznaczenie granic własności ich działek z błędem nie większym niż  $\pm 5$  cm. Według opinii większości rzeczoznawców prowadzących wycenę nieruchomości gruntowych, wyznaczanie współrzędnych punktów granicznych wycenianych działek powinno być dokonane z dokładnością pozwalającą na określenie na ich podstawie wielkości pól powierzchni działek z odchyleniem standardowym rzędu 0,5% P. Ocenia się, że przy użyciu obecnie stosowanych w produkcji przyrządów pomiarowych można wyznaczać położenie punktów granicznych z dokładnością nie mniejszą niż  $\pm 3$  cm względem przyjmowanych za bezbłędne punktów odpowiednio założonej osnowy pomiarowej. Stąd, dla zapewnienia wyżej przytoczonych parametrów dokładnościowych, położenie punktów osnowy geodezyjnej, z której wyznaczane będą współrzędne punktów granicznych, nie może być obciążone odchyleniem standardowym większym niż  $\pm 5$  cm. Powyższe wymagania warunkują zasady konstrukcji i funkcjonowania oraz wymagają dokładność wykorzystywanych do tego celu poziomych osnów geodezyjnych.

Z analizy możliwości, jakie przy wyznaczaniu położenia punktów poziomych osnów geodezyjnych stwarzają nowoczesne przyrządy oraz techniki pomiarowe i obliczeniowe wynika, że w chwili obecnej osnowy te mogą być zakładane zarówno na podstawie pomiarów geodezyjnych, wykonywanych z wykorzystaniem tachimetrów elektronicznych, jak i techniką satelitarną – z wykorzystaniem GPS. W obu przypadkach dokładność wyznaczenia położenia tych punktów może być znacznie wyższa od wartości określonych dla nich w obowiązujących obecnie instrukcjach pomiarowych. Wybór jednej z metod do realizacji osnowy dla określonego obszaru zależy tylko od posiadanego sprzętu pomiarowego oraz uwarunkowań terenowych, w tym głównie standardu zagęszczenia terenu punktami osnowy wyższej klasy oraz istniejącego i przewidywanego w przyszłości stopnia jego zainwestowania i rozdrobnienia nieruchomości gruntowych. O wyborze określonej metody zakładania osnowy w każdym przypadku powinna decydować również możliwość uzyskania wyznaczenia położenia jej punktów na ustalonym poziomie dokładności, przy niskich kosztach nie tylko realizacji samej osnowy, ale również minimalnych kosztach wykonywanych w oparciu o jej punkty pomiarów szczegółowych, niezbędnych dla prowadzenia mapy zasadniczej w postaci numerycznej oraz zabezpieczenia interesów majątkowych stron obrotu nieruchomościami. Z dokonanych analiz i dotychczasowych doświadczeń wynika, że na terenach niezainwestowanych, odkrytych, o małym obecnie i projektowanym w przyszłości stopniu zainwestowania, rozdrobnieniu działek, jak również o niskim standardzie zagęszczenia terenu punktami osnowy geodezyjnej wyższych klas,

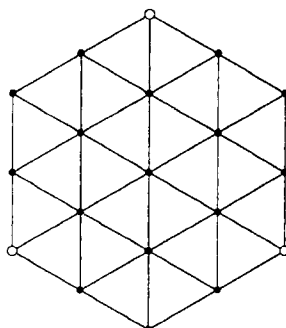
za uzasadnione ekonomicznie uznać należy stosowanie metody satelitarnej. W pozostałych przypadkach w efekcie finalnym, pod względem ekonomicznym i funkcjonalnym korzystniejsze jest zakładanie rozpatrywanych osnów metodami klasycznymi, z wykorzystaniem tachimetrów elektronicznych, jako lepiej dostosowanych do technologii pomiarów szczegółowych. Pozostaje więc do określenia możliwości do uzyskania, przy stosowaniu każdej z rozpatrywanych metod, dokładność wyznaczenia położenia punktów realizowanych osnów.

Z literatury wiadomo, że błąd wyznaczenia położenia punktów metodą satelitarną, w zależności od stosowanej techniki pomiaru, jest rzędu od 1 do 3 cm. Dla ustalenia możliwych do osiągnięcia dokładności wyznaczenia położenia punktów osnów zakładanych metodą klasyczną, z wykorzystaniem tachimetrów elektronicznych, przeprowadzono wstępne analizy dokładnościowe modelowych sieci poligonowych o konstrukcji i wymiarach geometrycznych, jakie mogą mieć te sieci przy stosowaniu ich do zakładania osnów w praktyce. Ponieważ zarówno kształt jak i wymiary geometryczne tych sieci, oprócz innych uwarunkowań terenowych, zależą w zasadniczym stopniu od standardu zagęszczenia terenu punktami nawiązania, poniżej przedstawiamy aktualną charakterystykę oraz stan osnów podstawowych i szczegółowych na obszarze Polski.

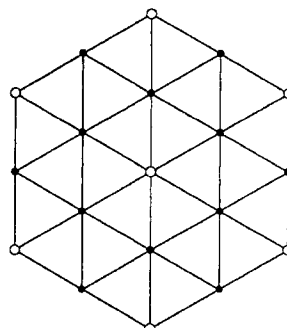
Abstrahując od omawiania zabiegów technicznych, jakie w ciągu ostatnich lat dokonuje się na sieciach geodezyjnych w celu podniesienia ich dokładności i jednorodności oraz dostosowania ich do standardów europejskich, dla celów praktycznych w Polsce utrzymuje się nadal podział geodezyjnej osnowy poziomej na podstawową I klasy, szczegółową klasy II i III oraz pomiarową.

Do chwili obecnej na obszarze całego kraju założono osnowy I i II klasy, o odpowiednim standardzie zagęszczenia terenu ich punktami oraz o ustalonej ich dokładności. W ostatnich latach, na niektórych fragmentach obszaru kraju, istniejącą osnowę drugiej klasy dogęszcza się punktami wyznaczanymi metodą satelitarną oraz przystąpiono do powszechnej realizacji, na znacznych częściach obszaru całego kraju, osnowy III klasy. Punkty funkcjonujących w kraju osnów: podstawowej I klasy oraz szczegółowej II klasy, o standardzie zagęszczenia terenu punktami rzędu 1 punkt na około 50 km<sup>2</sup> – w sieci I klasy i 1 punkt na obszar od 2 do 10 km<sup>2</sup> – w sieci II klasy, rozmieszczone są na obszarze kraju we wzajemnych odległościach rzędu 7 km – w sieci I klasy oraz od 1 do 3 km – w sieci II klasy. Punkty tych osnów stanowią bazę zakładania osnów szczegółowych III klasy oraz pomiarowych, realizowanych metodami klasycznymi z wykorzystaniem tachimetrów elektronicznych. Z uwarunkowaniami powyższymi należy się liczyć badając możliwość zakładania rozpatrywanych osnów metodami klasycznymi, poddając wstępnej analizie dokładnościowej konstrukcje sieci modelowych, zbliżonych kształtem i wymiarami geometrycznymi do sieci, jakie mogą mieć zastosowanie w praktyce.

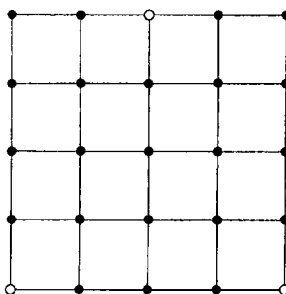
Zważywszy, że rozpatrywane osnowy będą realizowane na znacznych obszarach o kształcie zbliżonym do regularnego, można je zakładać w postaci sieci zbliżonych do konstrukcji przedstawionych schematycznie na rysunkach 1 i 2 oraz 3 i 4.



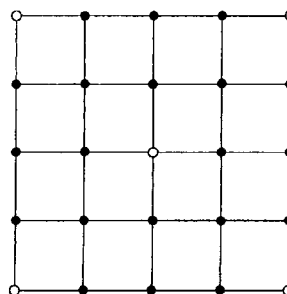
Rys. 1



Rys. 2



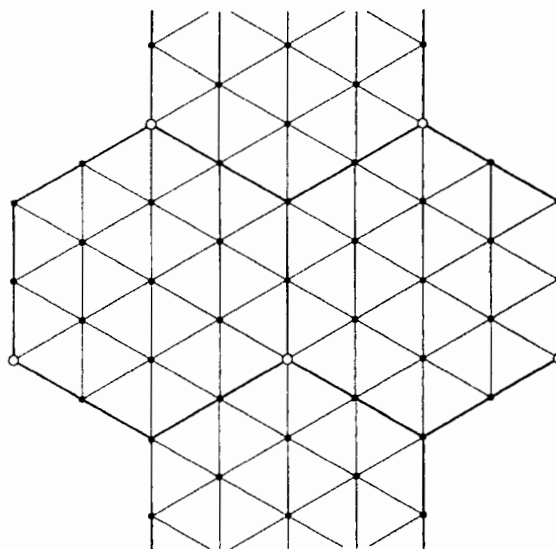
Rys. 3



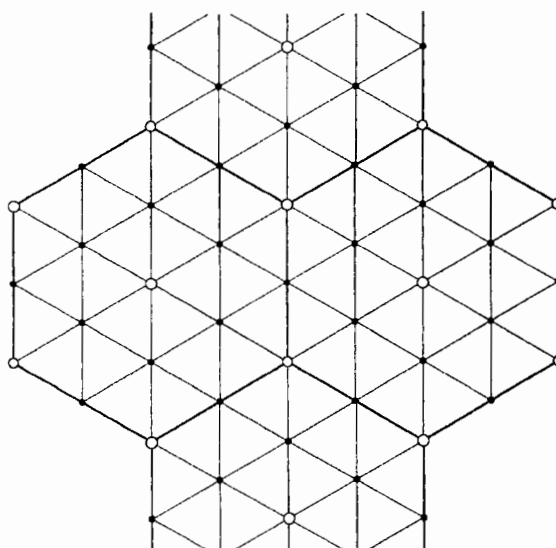
Rys. 4

Pokazane na powyższych rysunkach konstrukcje to klasyczne sieci poligonowe, zbudowane z typowych ciągów poligonowych, o określonej liczbie boków i ustalonej ich długości, o przebiegu dostosowanym do istniejących warunków terenowych, nawiązane do trzech lub siedmiu punktów stałych – jak dla przypadków konstrukcji przedstawionych na rysunkach 1 i 2 lub trzech czy pięciu – jak dla konstrukcji przedstawionych na rysunkach 3 i 4. Przyjęcie takiej liczebności oraz rozmieszczenia punktów nawiązania w analizowanych sieciach wynika z dużego prawdopodobieństwa takiego ich rozmieszczenia w terenie.

Przedstawione powyżej sieci pozwalają na założenie rozpatrywanych osnów na obszarze o określonej powierzchni, zależnej od wzajemnej odległości punktów nawiązania. W przypadku obszarów przekraczających tę powierzchnię lub mniejszego zagęszczenia terenu punktami nawiązania, konstrukcje te można łączyć ze sobą w sposób przedstawiony schematycznie na rysunkach 5 i 6 oraz 7 i 8, uzyskując sieci o znacznie większym zasięgu terytorialnym, nawet przy mniejszej liczbie punktów nawiązania.



Rys. 5

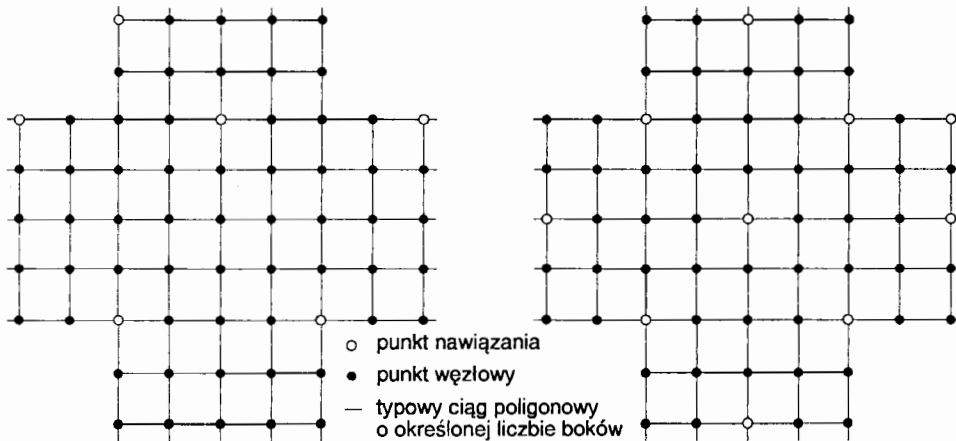


Rys. 6

Każdy z rozpatrywanych typów sieci może mieć dobrane odpowiednio do potrzeb i warunków terenowych parametry geometryczne, przy ustalonym standardzie zagęszczenia terenu punktami nawiązania i założonych dokładnościach pomiaru

ich elementów, możliwych do osiągnięcia przy zastosowaniu używanych powszechnie tachimetrów elektronicznych. Dla znalezienia zależności pomiędzy tymi parametrami a dokładnością wyznaczenia położenia punktów przeprowadzono analizy dokładnościowe tych sieci przy następujących uwarunkowaniach:

- punkty sieci będą wyznaczone klasyczną metodą poligonową,
- ciągi tworzące analizowane sieci będą ciągami typowymi, zawierającymi kolejno 3, 6 lub 9 boków, o długości 0,1, 0,2, 0,3 i 0,6 km,
- analizowane sieci mogą być jedno- lub dwu-strefowe (obwodowe), o punktach rozmieszczonych symetrycznie względem ich geometrycznego środka,
- błąd  $m_d$  pomiaru długości boków w sieciach, niezależnie od ich długości przyjmowano raz jako równy  $m_d = \pm 10$  mm, a w następnej wersji –  $m_d = \pm 5$  mm,
- błąd  $m_\alpha$  pomiaru kątów w sieciach uzależniono od długości boków tworzących ciągi, zgodnie z zależnością  $m_\alpha = \frac{m_d}{d} \rho$ ,
- liczba punktów nawiązania w analizowanych sieciach będzie wynosić trzy – w sieciach przedstawionych na rysunkach 1 i 3 oraz 5 i 7, pięć – w sieciach przedstawionych na rysunkach 4 i 8 oraz siedem – w sieciach przedstawionych na rysunkach 2 i 6,
- punkty nawiązania w każdym przypadku przyjęto za bezbłędne.



Rys. 7

Rys. 8

Dokładność analizowanych sieci scharakteryzowano za pomocą następujących parametrów:

- wartości ekstremalnych błędów średnich współrzędnych  $m_x$ ,  $m_y$  i  $m_p$  wyznaczenia położenia punktów,
- wielkości ekstremalnych półośi  $A$  i  $B$  elips błędów wyznaczanych punktów,
- wielkości promienia średniego  $r$  koła błędów wyznaczanych punktów,

— wielkości promienia  $R$  hiperkuli błędu sieci.

Wartości liczbowe tych parametrów obliczono z następujących zależności:

$$m_x = \sqrt{V(X)}; \quad m_y = \sqrt{V(Y)}; \quad m_p = \sqrt{V(X) + V(Y)};$$

$$A = \sqrt{\frac{V(X) + V(Y)}{2} + \left[ \left( \frac{V(X) - V(Y)}{2} \right)^2 + \text{Cov}(XY)^2 \right]^{\frac{1}{2}}};$$

$$B = \sqrt{\frac{V(X) + V(Y)}{2} - \left[ \left( \frac{V(X) - V(Y)}{2} \right)^2 + \text{Cov}(XY)^2 \right]^{\frac{1}{2}}};$$

$$r = (\det[Q_{ii}])^{\frac{1}{4}}; \quad R = (\det[Q])^{\frac{1}{4n}}$$

gdzie:

$V(X)$  – wariancja zmiennej  $X$ ,

$V(Y)$  – wariancja zmiennej  $Y$ ,

$\text{Cov}(XY)$  – kowariancja zmiennej  $XY$ ,

$Q$  – macierz wariancyjno-kowariancyjna, o wymiarach  $(2n \times 2n)$ , dla współrzędnych wyznaczanych punktów,

$Q_{ii}$  – macierz wariancyjno-kowariancyjna, o wymiarach  $(2 \times 2)$ , dla współrzędnych  $i$ -tego punktu,

$n$  – liczba wyznaczanych punktów.

Zasadność wykorzystania do analizy dokładności rozpatrywanych sieci wyżej wymienionych parametrów oraz sposobu ich obliczenia wykazano w [8]. Analizę dokładności i graficzną interpretację wyników wykonano za pomocą programów komputerowych opracowanych przez dr inż. E. Prewedę [9]. Ostateczne rezultaty obliczeń i analiz badanych sieci zestawiono w tabelach 1, 2, 3, 4 oraz przedstawiono graficznie w sposób schematyczny na rysunkach od 1 do 96 z których w niniejszej pracy, ze względu na ograniczoną jej objętość, zamieszczono tylko wybrane cztery (rys. 9, 10, 11, 12). We wspomnianych tabelach, oprócz charakterystyki dokładnościowej analizowanych sieci, podano parametry charakteryzujące ich konstrukcję geometryczną.

Otrzymane z analiz wartości liczbowe ocenianych parametrów badanych sieci oraz ich lokalizacja w każdej z rozpatrywanych konstrukcji pozwalają postawić następujące wnioski:

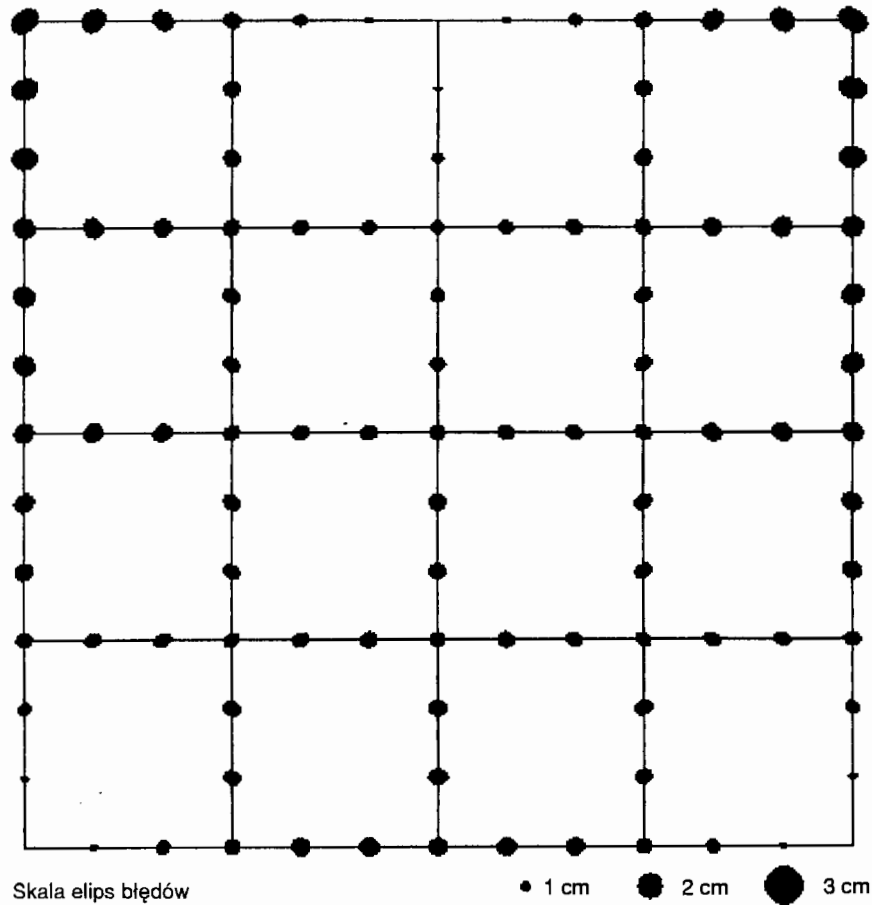
— Zastosowanie każdej z analizowanych konstrukcji sieci – z wyjątkiem zbudowanych z ciągów o liczbie boków równej 9 i przy założonym błędzie pomiaru długości równym 10 mm oraz kąta równym odpowiednio  $20''$ ,  $10''$ , i  $3''$  – pozwala na wyznaczenie położenia punktów realizowanych w ich postaci osnów z błędem nie przekraczającym 5 cm, czyli dwukrotnie mniejszym od wymagań stawianych dla osnów III klasy [7]. W wyłączonych konstrukcjach osiągnięcie wspomnianej dokładności jest możliwe i realne przy podniesionej dokładności pomiaru kątów i długości boków.

## Sieć typu K/3/3/0.1/20/10

Długość boku [km]	Długość ciągu [km]	Liczba ciągów w sieci	Liczba punktów sieci			Zasięg sieci [km <sup>2</sup> ]	1 punkt nawiazania na pow. [km <sup>2</sup> ]	1 punkt sieci na pow. [km <sup>2</sup> ]	Wzajemna odległość punktów nawiazania [km]	Zalożone błędy pomiaru elementów sieci	
			nawiazania	wyznaczanych	razem					kąt ["]	odległość [mm]
0,1	0,3	40	3	102	105	1,44	0,48	0,01	1,2	20	10

Wykaz punktów stałych		
Oznaczenie punktu	X [m]	Y [m]
1	0,000	0,000
4	0,000	1200,000
20	1200,000	600,000

Wyniki analizy dokładności					
Półosie elipsy błędów		Promień koła błędów		Promień hiperkuli błędów	
max [cm]	min [cm]	max [cm]	min [cm]	[cm]	
2,54	0,64	2,17	0,76	0,65	



Rys. 9

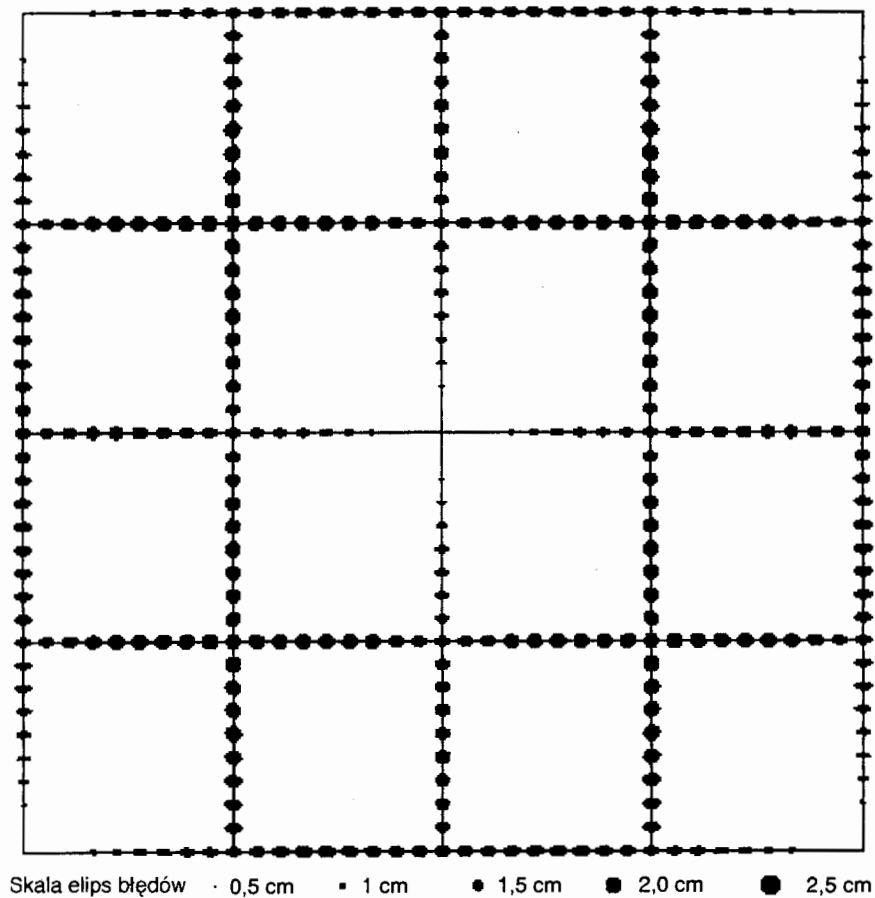


Sieć typu K/5/9/0.6/2/5

Dług. boku [km]	Dług. ciągu [km]	Liczba ciągów w sieci	Liczba punktów sieci			Zasięg sieci [km <sup>2</sup> ]	1 punkt nawiązania na pow. [km <sup>2</sup> ]	1 punkt sieci na pow. [km <sup>2</sup> ]	Wzajemna odl. punktów nawiązania [km]	Założone błędy pomiaru elementów sieci	
			nawiązania	wyznaczanych	razem					kąt (")	odl. [mm]
0,6	5,4	40	5	340	345	466,56	93,31	1,37	15,3	2	5

Wykaz punktów stałych		
Oznaczenie punktu	X [m]	Y [m]
1	0,000	0,000
2	21600,000	0,000
3	21600,000	21600,000
4	0,000	21600,000
5	10800,000	10800,000

Wyniki analizy dokładności				
Półosie elipsy błędów		Promień koła błędów		Promień hiperkuli błędów
max [cm]	min [cm]	max [cm]	min [cm]	[cm]
2,36	0,49	2,04	0,51	0,43



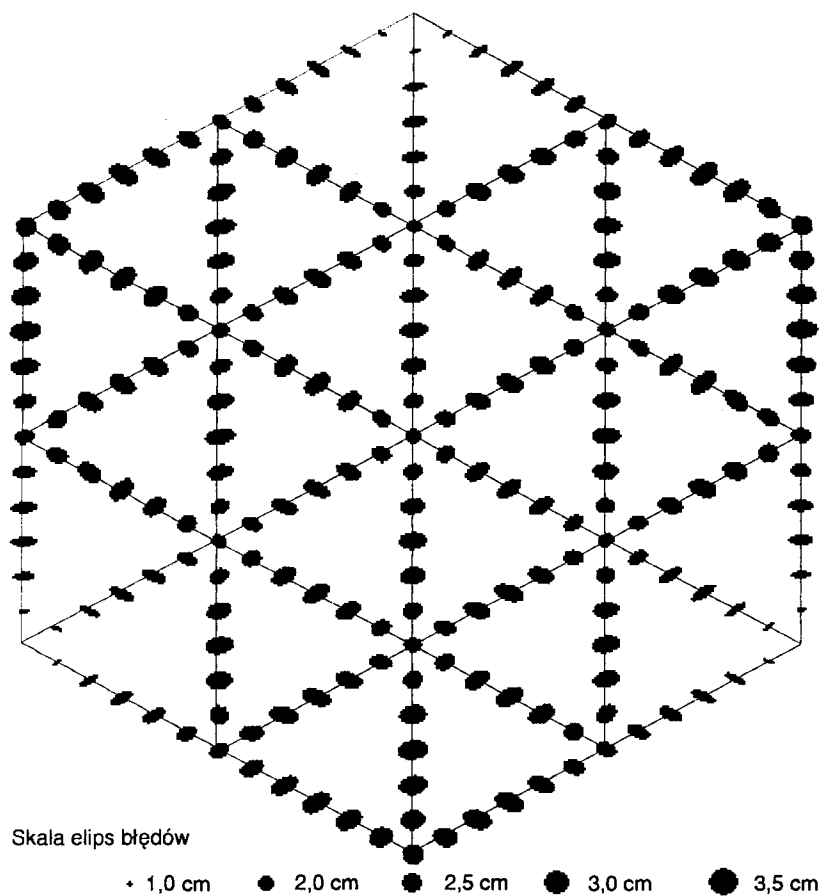
Rys. 10

## Sieć typu T/3/6/0.3/7/10

Długość boku [km]	Długość ciągu [km]	Liczba ciągów w sieci	Liczba punktów sieci			Zasięg sieci [km <sup>2</sup> ]	1 punkt nawiązania na pow. [km <sup>2</sup> ]	1 punkt sieci na pow. [km <sup>2</sup> ]	Wzajemna odl. punktów nawiązania [km]	Założone błędy pomiaru elementów sieci	
			nawiązania	wyznaczanych	razem					kąt ["]	odl. [mm]
0,3	1,8	42	3	226	229	33,67	11,22	0,15	6,2	7	, 10

Wykaz punktów stałych		
Oznaczenie punktu	X [m]	Y [m]
2	11800,000	6882,309
4	17200,000	10000,000
6	11800,000	13117,691

Wyniki analizy dokładności					
Półosie elipsy błędów		Promień koła błędów		Promień hiperkuli błędów	
max [cm]	min [cm]	max [cm]	min [cm]	[cm]	
3,80	0,78	3,07	1,16	0,99	



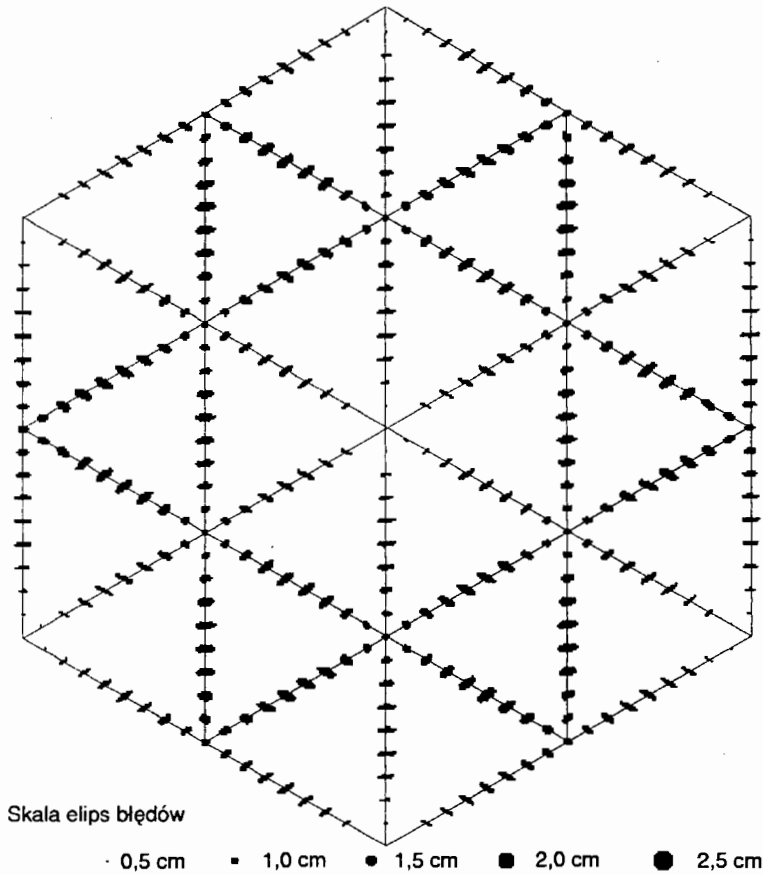
Rys. 11

Sieć typu T/7/9/0.3/3/5

Dłg. boku [km]	Dłg. ciągu [km]	Liczba ciągów w sieci	Liczba punktów sieci			Zasięg sieci [km <sup>2</sup> ]	1 punkt nawiązania na pow. [km <sup>2</sup> ]	1 punkt sieci na pow. [km <sup>2</sup> ]	Wzajemna odl. punktów nawiązania [km]	Założone błędy pomiaru elementów sieci	
			nawiązania	wyznaczanych	razem					kąt ["]	odl. [mm]
0,3	2,7	42	7	348	355	75,76	10,82	0,21	5,4	3	5

Wykaz punktów stałych		
Oznaczenie punktu	X [m]	Y [m]
1	10000,000	10000,000
2	12700,000	5323,463
3	18100,000	5323,463
4	20800,000	10000,000
5	18100,000	14676,537
6	12700,000	14676,537
7	15400,000	10000,000

Wyniki analizy dokładności				
Półś elipsy błędów		Promień koła błędów		Promień hiperkuli błędów
max [cm]	min [cm]	max [cm]	min [cm]	[cm]
2,51	0,35	1,78	0,57	0,50



Rys. 12

Tabela 1

Typ sieci	Długość boku [km]	Długość ciągu [km]	Liczba ciągów w sieci	Liczba punkt.		Liczba proj. obs.		Liczba obs. nadlicz.	Zasięg sieci [km <sup>2</sup> ]	1 punkt nawiąz. na pow. [km <sup>2</sup> ]	1 punkt sieci na pow. [km <sup>2</sup> ]	Odl. pkt. nawiązania [km]	Założone błędy pomiaru		Błędy położenia punktu						Półścisłość błędów		Promień koła błędów		Promień hiperkuli błędów [cm]
				nawiązania	wyznaczanych	kątów	boków						kąta [']	długość [mm]	m <sub>x</sub> max [cm]	m <sub>x</sub> min [cm]	m <sub>y</sub> max [cm]	m <sub>y</sub> min [cm]	m <sub>p</sub> max [cm]	m <sub>p</sub> min [cm]	max [cm]	min [cm]	max [cm]	min [cm]	
K/3/3/0.1	0,1	0,3	40	3	102	160	120	76	1,44	0,48	0,01	1,2	20	10	2,3	0,7	2,1	0,6	3,1	1,1	2,54	0,64	2,17	0,76	0,65
													10	5	1,2	0,3	1,1	0,3	1,6	0,6	1,27	0,32	1,08	0,38	0,33
K/3/3/0.2	0,2	0,6	40	3	102	160	120	76	5,76	1,92	0,06	2,4	10	10	2,3	0,7	2,1	0,6	3,1	1,1	2,54	0,64	2,17	0,76	0,65
													5	5	1,2	0,3	1,1	0,3	1,6	0,6	1,27	0,32	1,08	0,38	0,33
K/3/3/0.3	0,3	0,9	40	3	102	160	120	76	12,96	4,32	0,13	3,6	7	10	2,4	0,7	2,1	0,7	3,2	1,1	2,56	0,66	2,19	0,78	0,67
													3	5	1,1	0,3	1,0	0,3	1,5	0,5	1,24	0,29	1,06	0,36	0,31
K/3/3/0.6	0,6	1,8	40	3	102	160	120	76	51,84	17,28	0,51	7,2	3	10	2,3	0,6	2,1	0,6	3,1	1,1	2,49	0,59	2,11	0,73	0,62
													2	5	1,2	0,4	1,1	0,4	1,6	0,6	1,31	0,37	1,13	0,41	0,36
K/3/6/0.1	0,1	0,6	40	3	222	280	240	76	5,76	1,92	0,03	2,4	20	10	4,0	0,8	3,4	0,8	5,1	1,3	4,07	0,82	3,54	0,89	0,75
													10	5	2,0	0,4	1,7	0,4	2,6	0,6	2,03	0,41	1,77	0,45	0,38
K/3/6/0.2	0,2	1,2	40	3	222	280	240	76	23,04	7,68	0,10	4,8	10	10	4,0	0,8	3,4	0,8	5,1	1,3	4,07	0,82	3,54	0,89	0,75
													5	5	2,0	0,4	1,7	0,4	2,6	0,6	2,03	0,41	1,77	0,45	0,38
K/3/6/0.3	0,3	1,8	40	3	222	280	240	76	51,84	17,28	0,23	7,2	7	10	4,0	0,9	3,5	0,9	5,1	1,3	4,10	0,86	3,57	0,91	0,77
													3	5	1,9	0,4	1,6	0,4	2,5	0,6	2,00	0,37	1,74	0,42	0,36
K/3/6/0.6	0,6	3,6	40	3	222	280	240	76	207,36	69,12	0,93	14,4	3	10	3,9	0,8	3,2	0,7	5,0	1,2	4,00	0,75	3,48	0,85	0,72
													2	5	2,1	0,5	1,9	0,5	2,6	0,7	2,10	0,48	1,82	0,48	0,41
K/3/9/0.1	0,1	0,9	40	3	342	400	360	76	12,96	4,32	0,04	3,6	20	10	5,3	1,0	5,5	1,0	6,9	1,4	5,50	0,97	4,76	0,96	0,80
													10	5	2,6	0,5	2,7	0,5	3,4	0,7	2,75	0,48	2,38	0,49	0,40
K/3/9/0.2	0,2	1,8	40	3	342	400	360	76	51,84	17,28	0,15	7,2	10	10	5,3	1,0	5,5	1,0	6,9	1,4	5,50	0,97	4,76	0,98	0,80
													5	5	2,6	0,5	2,7	0,5	3,4	0,7	2,75	0,48	2,38	0,49	0,40
K/3/9/0.3	0,3	2,7	40	3	342	400	360	76	116,64	38,88	0,34	10,8	7	10	5,3	1,0	5,7	1,0	7,1	1,4	5,70	0,98	4,87	1,00	0,82
													3	5	2,6	0,4	2,5	0,4	3,3	0,6	2,62	0,44	2,28	0,46	0,38
K/3/9/0.6	0,6	5,4	40	3	342	400	360	76	466,56	155,52	1,35	21,6	3	10	5,2	0,9	5,1	0,9	6,6	1,3	5,25	0,88	4,55	0,93	0,76
													2	5	2,7	0,5	3,1	0,5	3,8	0,8	3,15	0,49	2,59	0,53	0,44

**Tabela 2**

Typ sieci	Długość boku [km]	Długość ciągu [km]	Liczba ciągów w sieci	Liczba punkt.		Liczba proj. obs.		Liczba obs. nadlicz.	Zasięg sieci [km <sup>2</sup> ]	1 punkt nawiąz. na pow. [km <sup>2</sup> ]	1 punkt sieci na pow. [km <sup>2</sup> ]	Odl. pkt. nawiązania [km]	Założone błędy pomiaru		Błędy położenia punktu						Półosie elipsy błędów		Promień koła błędów		Promień hiperkuli błędów [cm]
				nawiązania	wyznaczanych	kątów	boków						kąt	długość [mm]	m <sub>x</sub> max [cm]	m <sub>x</sub> min [cm]	m <sub>y</sub> max [cm]	m <sub>y</sub> min [cm]	m <sub>p</sub> max [cm]	m <sub>p</sub> min [cm]	max [cm]	min [cm]	max [cm]	min [cm]	
K/5/3/0.1	0,1	0,3	40	5	100	160	120	80	1,44	0,29	0,01	0,8	20	10	1,6	0,6	1,6	0,6	2,2	1,1	1,56	0,59	1,50	0,73	0,64
													10	5	0,8	0,3	0,8	0,3	1,1	0,6	0,78	0,30	0,75	0,37	0,32
K/5/3/0.2	0,2	0,6	40	5	100	160	120	80	5,76	1,15	0,06	1,7	10	10	1,6	0,6	1,6	0,6	2,2	1,1	1,56	0,59	1,50	0,73	0,64
													5	5	0,8	0,3	0,8	0,3	1,1	0,6	0,78	0,30	0,75	0,37	0,32
K/5/3/0.3	0,3	0,9	40	5	100	160	120	80	12,96	2,59	0,13	2,6	7	10	1,6	0,6	1,6	0,6	2,2	1,1	1,59	0,62	1,52	0,75	0,65
													3	5	0,7	0,3	0,7	0,3	1,0	0,5	0,75	0,27	0,73	0,35	0,30
K/5/3/0.6	0,6	1,8	40	5	100	160	120	80	51,84	10,37	0,52	5,0	3	10	1,5	0,5	1,5	0,5	2,1	1,0	1,50	0,54	1,46	0,70	0,61
													2	5	0,8	0,3	0,8	0,3	1,1	0,6	0,84	0,34	0,79	0,40	0,35
K/5/6/0.1	0,1	0,6	40	5	220	280	240	80	5,76	1,15	0,03	1,7	20	10	2,8	0,7	2,8	0,7	3,6	1,2	2,84	0,75	2,51	0,85	0,74
													10	5	1,4	0,4	1,4	0,4	1,8	0,6	1,42	0,37	1,26	0,43	0,37
K/5/6/0.2	0,2	1,2	40	5	220	280	240	80	23,04	4,61	0,10	3,4	10	10	2,8	0,7	2,8	0,7	3,6	1,2	2,84	0,75	2,51	0,85	0,74
													5	5	1,4	0,4	1,4	0,4	1,8	0,6	1,42	0,37	1,26	0,43	0,37
K/5/6/0.3	0,3	1,8	40	5	220	280	240	80	51,84	10,37	0,24	5,0	7	10	2,9	0,8	2,9	0,8	3,7	1,3	2,90	0,78	2,55	0,87	0,76
													3	5	1,4	0,3	1,4	0,3	1,8	0,6	1,36	0,34	1,23	0,40	0,35
K/5/6/0.6	0,6	3,6	40	5	220	280	240	80	207,36	41,47	0,94	10,2	3	10	2,7	0,7	2,7	0,7	3,5	1,2	2,71	0,68	2,45	0,81	0,71
													2	5	1,5	0,4	1,5	0,4	1,9	0,6	1,54	0,44	1,32	0,46	0,41
K/5/9/0.1	0,1	0,9	40	5	340	400	360	80	12,96	2,59	0,04	2,6	20	10	4,2	0,9	4,2	0,9	5,2	1,3	4,24	0,87	3,62	0,93	0,79
													10	5	2,1	0,4	2,1	0,4	2,6	0,6	2,12	0,44	1,81	0,46	0,40
K/5/9/0.2	0,2	1,8	40	5	340	400	360	80	51,84	10,37	0,15	5,0	10	10	4,2	0,9	4,2	0,9	5,2	1,3	4,24	0,87	3,62	0,93	0,79
													5	5	2,1	0,4	2,1	0,4	2,6	0,6	2,12	0,44	1,81	0,46	0,40
K/5/9/0.3	0,3	2,7	40	5	340	400	360	80	116,64	23,33	0,34	7,6	7	10	4,4	0,9	4,4	0,9	5,3	1,3	4,36	0,91	3,74	0,95	0,81
													3	5	2,0	0,4	2,0	0,4	2,4	0,6	2,00	0,39	1,70	0,44	0,38
K/5/9/0.6	0,6	5,4	40	5	340	400	360	80	466,56	93,31	1,37	15,3	3	10	4,0	0,8	4,0	0,8	4,9	1,3	4,00	0,79	3,40	0,88	0,75
													2	5	2,4	0,5	2,4	0,5	2,9	0,7	2,36	0,49	2,04	0,51	0,43

Tabela 3

Typ sieci	Dłg. boku [km]	Dłg. ciągu [km]	Liczba ciągów w sieci	Liczba punkt.		Liczba proj. obs.		Liczba obs. nad-licz.	Zasięg sieci [km <sup>2</sup> ]	1 punkt nawiąz. na pow. [km <sup>2</sup> ]	1 punkt sieci na pow. [km <sup>2</sup> ]	Odl. pkt. nawiązania [km]	Założone błędy pomiaru		Błędy położenia punktu						Półosie elipsy błędów		Promień koła błędów		Promień hiperkuli błędów [cm]		
				nawiązania	wyznaczanych	kątów	boków						kąt ["]	długość [mm]	m <sub>x</sub> max [cm]	m <sub>x</sub> min [cm]	m <sub>y</sub> max [cm]	m <sub>y</sub> min [cm]	m <sub>z</sub> max [cm]	m <sub>z</sub> min [cm]	m <sub>max</sub> [cm]	m <sub>min</sub> [cm]	max [cm]	min [cm]		max [cm]	min [cm]
T/3/3/0.1	0,1	0,3	42	3	100	168	126	94	0,94	0,31	0,01	1,0	20	10	1,9	0,8	1,8	0,7	2,5	1,3	1,87	0,68	1,70	0,93	0,78		
													10	5	0,9	0,4	0,9	0,4	1,2	0,6	0,94	0,34	0,85	0,47	0,39		
T/3/3/0.2	0,2	0,6	42	3	100	168	126	94	3,74	1,25	0,04	2,0	10	10	1,9	0,8	1,8	0,7	2,5	1,3	1,87	0,68	1,70	0,93	0,78		
													5	5	0,9	0,4	0,9	0,4	1,2	0,6	0,94	0,34	0,85	0,47	0,39		
T/3/3/0.3	0,3	0,9	42	3	100	168	126	94	8,42	2,81	0,08	3,1	7	10	1,9	0,8	1,9	0,7	2,5	1,3	1,91	0,69	1,72	0,96	0,80		
													3	5	0,9	0,4	0,9	0,3	1,2	0,6	0,90	0,33	0,82	0,44	0,37		
T/3/3/0.6	0,6	1,8	42	3	100	168	126	94	33,67	11,22	0,33	6,2	3	10	1,8	0,7	1,7	0,7	2,3	1,3	1,79	0,66	1,65	0,88	0,73		
													2	5	1,0	0,4	1,0	0,4	1,3	0,8	1,01	0,36	0,90	0,51	0,43		
T/3/6/0.1	0,1	0,6	42	3	226	294	252	94	3,74	1,25	0,02	2,0	20	10	3,6	0,8	3,7	0,9	4,4	1,8	3,70	0,77	3,02	1,13	0,97		
													10	5	1,8	0,4	1,8	0,5	2,2	0,9	1,85	0,38	1,51	0,56	0,48		
T/3/6/0.2	0,2	1,2	42	3	226	294	252	94	14,96	4,99	0,07	4,2	10	10	3,6	0,8	3,7	0,9	4,4	1,8	3,70	0,77	3,02	1,13	0,97		
													5	5	1,8	0,4	1,8	0,5	2,2	0,9	1,85	0,38	1,51	0,56	0,48		
T/3/6/0.3	0,3	1,8	42	3	226	294	252	94	33,67	11,22	0,15	6,2	7	10	3,7	0,8	3,8	0,9	4,5	1,8	3,80	0,78	3,07	1,16	0,99		
													3	5	1,7	0,4	1,7	0,4	2,1	0,8	1,75	0,37	1,46	0,53	0,46		
T/3/6/0.6	0,6	3,6	42	3	226	294	252	94	134,68	44,89	0,59	12,5	3	10	3,4	0,8	3,5	0,8	4,2	1,6	3,49	0,75	2,91	1,06	0,92		
													2	5	2,0	0,4	2,0	0,5	2,4	1,0	2,06	0,40	1,61	0,62	0,53		
T/3/9/0.1	0,1	0,9	42	3	352	420	378	94	8,42	2,81	0,02	3,1	20	10	5,5	0,8	5,8	1,0	6,6	2,0	5,79	0,81	4,33	1,25	1,06		
													10	5	2,7	0,4	2,9	0,5	3,3	1,0	2,90	0,41	2,17	0,62	0,53		
T/3/9/0.2	0,2	1,8	42	3	352	420	378	94	33,67	11,22	0,09	6,2	10	10	5,5	0,8	5,8	1,0	6,6	2,0	5,79	0,81	4,33	1,25	1,06		
													5	5	2,7	0,4	2,9	0,5	3,3	1,0	2,90	0,41	2,17	0,62	0,53		
T/3/9/0.3	0,3	2,7	42	3	352	420	378	94	75,76	25,25	0,22	9,4	7	10	5,6	0,8	6,0	1,1	6,8	2,1	5,98	0,82	4,41	1,28	1,09		
													3	5	2,6	0,4	2,7	0,5	3,1	0,9	2,71	0,39	2,09	0,59	0,50		
T/3/9/0.6	0,6	5,4	42	3	352	420	378	94	303,04	101,01	0,85	18,7	3	10	5,2	0,8	5,4	1,0	6,3	1,9	5,42	0,79	4,17	1,18	1,00		
													2	5	3,1	0,4	3,3	0,6	3,7	1,2	3,28	0,42	2,32	0,69	0,58		

Tabela 4

Typ sieci	Dłg. boku [km]	Dłg. ciągu [km]	Liczba ciągów w sieci	Liczba punkt.		Liczba proj. obs.		Liczba obs. nadlicz.	Zasięg sieci [km <sup>2</sup> ]	1 punkt nawiąz. na pow. [km <sup>2</sup> ]	1 punkt sieci na pow. [km <sup>2</sup> ]	Odl. pkt. nawiązania [km]	Założone błędy pomiaru		Błędy położenia punktu						Półś elipsy błędów		Promień koła błędów		Promień hiperkuli błędów [cm]
				nawiązania	wyznaczanych	kątów	boków						kąta ["]	długość [mm]	m <sub>x</sub> max [cm]	m <sub>x</sub> min [cm]	m <sub>y</sub> max [cm]	m <sub>y</sub> min [cm]	m <sub>z</sub> max [cm]	m <sub>z</sub> min [cm]	max [cm]	min [cm]	max [cm]	min [cm]	
T/7/3/0.1	0,1	0,3	42	7	96	168	126	102	0,94	0,13	0,01	0,6	20	10	1,5	0,7	1,5	0,6	1,8	1,3	1,51	0,62	1,29	0,88	0,76
													10	5	0,8	0,4	0,7	0,3	0,9	0,6	0,76	0,31	0,64	0,44	0,38
T/7/3/0.2	0,2	0,6	42	7	96	168	126	102	3,74	0,50	0,04	1,2	10	10	1,5	0,7	1,5	0,6	1,8	1,3	1,51	0,62	1,29	0,88	0,76
													5	5	0,8	0,4	0,7	0,3	0,9	0,6	0,76	0,31	0,64	0,44	0,38
T/7/3/0.3	0,3	0,9	42	7	96	168	126	102	8,42	1,20	0,08	1,8	7	10	1,6	0,7	1,5	0,7	1,9	1,3	1,56	0,63	1,32	0,90	0,78
													3	5	0,7	0,4	0,7	0,3	0,9	0,6	0,71	0,29	0,61	0,41	0,36
T/7/3/0.6	0,6	1,8	42	7	96	168	126	102	33,67	4,81	0,33	3,6	3	10	1,4	0,7	1,4	0,6	1,8	1,2	1,43	0,59	1,22	0,83	0,71
													2	5	0,8	0,4	0,8	0,4	1,1	0,7	0,85	0,33	0,70	0,49	0,42
T/7/6/0.1	0,1	0,6	42	7	222	294	252	102	3,74	0,50	0,02	1,2	20	10	3,2	0,8	3,3	0,8	3,9	1,8	3,32	0,70	2,52	1,10	0,95
													10	5	1,6	0,4	1,6	0,4	1,9	0,9	1,66	0,35	1,26	0,55	0,48
T/7/6/0.2	0,2	1,2	42	7	222	294	252	102	14,96	2,14	0,07	2,4	10	10	3,2	0,8	3,3	0,8	3,9	1,8	3,32	0,70	2,52	1,10	0,95
													5	5	1,6	0,4	1,6	0,4	1,9	0,9	1,66	0,35	1,26	0,55	0,48
T/7/6/0.3	0,3	1,8	42	7	222	294	252	102	33,67	4,81	0,15	3,6	7	10	3,3	0,8	3,4	0,8	4,0	1,8	3,43	0,71	2,58	1,13	0,98
													3	5	1,5	0,4	1,5	0,4	1,8	0,8	1,55	0,33	1,21	0,52	0,45
T/7/6/0.6	0,6	3,6	42	7	222	294	252	102	134,68	19,24	0,59	7,2	3	10	3,0	0,8	3,0	0,7	3,6	1,6	3,10	0,67	2,42	1,04	0,90
													2	5	1,8	0,4	1,9	0,5	2,1	0,9	1,88	0,38	1,36	0,61	0,52
T/7/9/0.1	0,1	0,9	42	7	348	420	378	102	8,42	1,20	0,02	1,8	20	10	5,1	0,8	5,4	0,9	6,0	2,0	5,41	0,74	3,71	1,21	1,05
													10	5	2,5	0,4	2,7	0,4	3,0	1,0	2,70	0,37	1,85	0,61	0,52
T/7/9/0.2	0,2	1,8	42	7	348	420	378	102	33,67	4,81	0,09	3,6	10	10	5,1	0,8	5,4	0,9	6,0	2,0	5,41	0,74	3,71	1,21	1,05
													5	5	2,5	0,4	2,7	0,4	3,0	1,0	2,70	0,37	1,85	0,61	0,52
T/7/9/0.3	0,3	2,7	42	7	348	420	378	102	75,76	10,82	0,21	5,4	7	10	5,2	0,8	5,6	0,9	6,2	2,1	5,60	0,75	3,78	1,25	1,07
													3	5	2,4	0,4	2,5	0,4	2,8	0,9	2,51	0,35	1,78	0,57	0,50
T/7/9/0.6	0,6	5,4	42	7	348	420	378	102	303,04	43,29	0,85	10,8	3	10	4,7	0,8	5,0	0,8	5,6	1,9	5,02	0,71	3,55	1,15	0,99
													2	5	2,9	0,4	3,1	0,5	3,4	1,2	3,10	0,39	2,00	0,67	0,57

- Przy stałym, możliwym realnie do osiągnięcia, błędzie pomiaru długości boków tych sieci, dokładność osnów realizowanych w rozpatrywanej postaci w większości przypadków w zasadniczy sposób zależy od błędu pomiaru kątów. Może więc być ona zwiększona przez podniesienie wymaganej dokładności pomiarów kątowych tych sieci.
- W przypadku zakładania osnowy na określonym obszarze, przy ustalonej liczbie i wzajemnej odległości punktów nawiązania, należy dążyć do jej realizacji w postaci konstrukcji zbudowanych z ciągów o małej liczbie możliwie najdłuższych boków.
- Nawet znaczące zwiększenie liczby punktów nawiązania sieci powoduje stosunkowo nieznaczny spadek wartości średnich błędów wyznaczenia położenia ich punktów, zwłaszcza w konstrukcjach zbudowanych z trójkątów.
- Proponowane do oceny dokładności sieci promienie koła błędów i hiperkuli błędów są w pełni przydatnymi i poprawnymi parametrami tej oceny, jeśli pamiętać będziemy o ich definicji i geometrycznej interpretacji.

Należy zauważyć, że przedstawione w tabelach i na rysunkach ostateczne rezultaty wykonanych badań i analiz uzyskano dla klasycznych sieci poligonowych. Powinny one ulec jeszcze pewnemu polepszeniu, jeśli rozpatrywane sieci wzmocnimy pomiarem odpowiednio wybranych w niej kątów i długości pomiędzy punktami wyznaczanymi, lub wyznaczanymi i stałymi, niekoniecznie o znanych współrzędnych (nawiązania czy pomocniczymi).

Rozpatrując standard zagęszczenia terenu punktami osnowy I i II klasy oraz ich wzajemne odległości w odniesieniu do wyników uzyskanych z przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że na obszarze całej Polski istnieje możliwość realizacji w postaci analizowanych konstrukcji osnów geodezyjnych o średnim błędzie wyznaczenia położenia ich punktów mniejszym od  $\pm 5$  cm, bez potrzeby wcześniejszego zagęszczenia osnowy II klasy. Wnioski powyższe potwierdzają rezultaty uzyskane przy zakładaniu metodą poligonową osnów szczegółowych III klasy na terenie województwa krakowskiego i nowosądeckiego.

W końcu należy podkreślić, że chociaż badania i analizy przeprowadzono z uwzględnieniem warunków polskich, to wyciągnięte z nich wnioski mają charakter ogólny i mogą być wykorzystane przy rozwiązywaniu omawianego problemu w większości krajów Europy o strukturze i konstrukcji poziomej osnowy geodezyjnej zbliżonej do polskiej oraz zbliżonych kryteriach technicznych prowadzenia w oparciu o punkty tych osnów typowych prac geodezyjnych.

### Literatura

- [1] Baran W.: Teoretyczne podstawy opracowania wyników pomiarów geodezyjnych. Warszawa, PWN, 1983
- [2] Czaja J.: Modele statystyczne w informacji o terenie. Kraków, Wyd. AGH, 1996



- [3] Gaździcki J.: Analiza dokładności poziomych osnów geodezyjnych. Prace IGiK, Warszawa 1976, z. 3 (54)
- [4] Hopfer A., Czech G.: Polski kataster nieruchomości na tle tendencji zagranicznych. Materiały VI Konferencji Nauk.-Tech. nt. Kierunki regulacji prawnych w zakresie geodezji i kartografii. Kalisz 12-14.09.1996
- [5] Instrukcja techniczna G-1. Warszawa 1978
- [6] Instrukcja techniczna G-4. Warszawa 1981
- [7] Instrukcja techniczna O-1. Warszawa 1984
- [8] Latoś S.: Propozycja nowej charakterystyki dokładności sieci geodezyjnych. ZN AGH Kraków 1996, (w druku)
- [9] Preweda E.: Wstępna analiza dokładności geodezyjnych osnów poziomych w ujęciu komputerowym. Kraków 1996, (w druku)

Recenzent:

prof. dr hab. inż. Józef Czaja