

MARCIN SĘKOWSKI

## ZMIENNOŚĆ CZASÓW WSCHODÓW I ZACHODÓW SŁOŃCA NA TERENIE POLSKI

*ZARYS TREŚCI.* Chwile wschodów i zachodów Słońca na terenie Polski różnią się istotnie, zależnie od miejsca obserwacji i daty. W pracy przedstawiono szkieletowy opis metody obliczania chwil wschodów i zachodów Słońca, wpływ geometrii układu Słońce-Ziemia na różnice pomiędzy wschodami i zachodami w różnych miejscach Ziemi oraz zakres wartości i zmienność tych różnic na terenie Polski. Zamieszczono również wykresy poprawek do wyznaczania czasów wschodów i zachodów poza Warszawą na rok 1995.

### 1. Wyznaczanie chwil wschodów i zachodów Słońca

Przez wschód lub zachód ciała niebieskiego: Słońca, Księżycy, planety itp. rozumiemy chwilę, w której górny brzeg tarczy danego ciała zaczyna być widoczny ponad lub chowa się pod linię horyzontu, tzn. gdy odległość zenitalna ciała wynosi  $90^{\circ}$  plus chwilowy promień tarczy danego ciała (dla Słońca i Księżycy jest to około  $16'$ ), plus refrakcja atmosferyczna na horyzoncie powodująca przyspieszenie wschodu i opóźnienie zachodu (przyjmowana na ogół jako  $34'$ ). Wpływ pozostałych czynników takich jak np. paralaksa równikowa Słońca wynosząca około  $9''$ , kształt Ziemi oraz wpływ warunków meteorologicznych na refrakcję jest znikomy bądź nieokreślony i nie jest uwzględniany.

Zadanie wyznaczenia chwili wschodu lub zachodu ciała niebieskiego polega zatem w istocie na wyznaczeniu chwili czasu, w której ciało to osiągnie konkretne położenie na niebie. Jest to zatem sytuacja odwrotna do najczęściej spotykanej, w której to ustalamy położenie ciała niebieskiego w danej chwili.

Najprostszym sposobem rozwiązania tego zadania jest posłużenie się iteracją, w pierwszym kroku której "zgadujemy" przybliżony czas wschodu lub zachodu

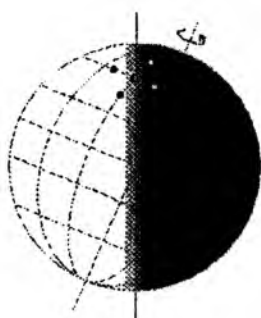
danego ciała, a następnie wyznaczamy jego położenie na niebie w tym momencie. Znając różnicę pomiędzy współrzędnymi, jakie wiadomo, że ciało musi mieć w chwili wschodu lub zachodu i otrzymanymi z tego wyznaczenia oraz wiedząc z jaką szybkością porusza się ono po niebie możemy obliczyć poprawkę do "zgadniętego" czasu. W kolejnych krokach iteracji obliczamy, jak poprzednio, położenie ciała dla poprawionej chwili, różnicę współrzędnych, poprawkę czasu itd. aż do momentu gdy poprawka będzie miała wartość mniejszą niż dokładność z jaką chcemy wyznaczyć chwilę wschodu lub zachodu.

## 2. Zależność chwil wschodów i zachodów od położenia geograficznego miejsca obserwacji

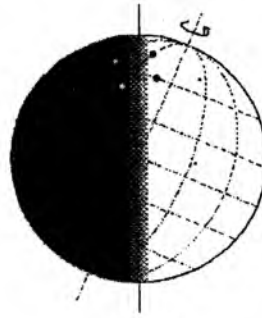
Oczywiste jest, że chwile wschodów i zachodów ciał bardzo zależą od położenia geograficznego miejsca obserwacji. Składa się na to kilka przyczyn, mających charakter geometryczny; zostaną one omówione na przykładzie wschodów i zachodów Słońca.

Najbardziej wyraźna jest zależność czasu wschodu lub zachodu od długości geograficznej, w uproszczeniu, im bardziej na wschód tym wcześniej wschodzi tam lub zachodzi Słońce, Księżyc itp. To, że miejscowości położone na tym samym równoleżniku przechodzą ze strefy dnia w strefę nocy kolejno jest zupełnie oczywiste, jest to skutek obrotu Ziemi wokół osi prostopadłej do płaszczyzny równoleżników. Miejscowości położone na tym samym równoleżniku, a różniące się tylko długością geograficzną wchodzi w strefę zmroku lub świtu niejako "jedna za drugą".

Nieco mniej oczywista choć również nietrudna w wyjaśnieniu jest zależność od szerokości geograficznej. Miejscowości położone na tym samym południku nie przechodzą na ogół przez granicę cienia w tej samej chwili, wynika to z pochylenia osi Ziemi w stosunku do płaszczyzny ekliptyki. Skutkiem tego pochylenia jest fakt, że granica pomiędzy dniem i nocą przesuwa się po powierzchni Ziemi pod pewnym kątem do linii południków - ilustrują to rys. 1 i 2.



Rys. 1



Rys. 2

Zależnie od szerokości geograficznej wschód i zachód Słońca następuje więc wcześniej lub później, a w skrajnych wypadkach (koła podbiegunowe) może nie nastąpić wcale. Oprócz opisanych powyżej zależności od długości i szerokości geograficznej, różnice pomiędzy chwilami wschodów i zachodów w dwóch ustalonych punktach na powierzchni Ziemi nie są stałe - przejawiają zmienność sezonową. W przypadku wschodów i zachodów Słońca zmienność ta zachodzi w miarę ruchu Ziemi wokół Słońca. Na rys. 1 oś Ziemi pochylona jest "od Słońca" północny biegun Ziemi jest w cieniu, sytuacja taka ma miejsce w czasie przesilenia zimowego około 22 grudnia. Przy takim ustawieniu Ziemi w miejscowościach położonych na większych szerokościach geograficznych Słońce zajdzie wcześniej i wszędzie później, noc będzie dłuższa. Rysunek 2 ilustruje z kolei sytuację, z którą mamy do czynienia w czasie przesilenia letniego około 21 czerwca. Ziemia jest wtedy pochylona "do Słońca" - północny biegun Ziemi jest oświetlony, a im większa szerokość geograficzna miejsca obserwacji tym wcześniej następuje wschód i tym później zachód Słońca - noc jest więc krótsza.

Różnica w czasie wchodu Słońca w dwóch miejscowościach położonych na tym samym południku ale na różnych szerokościach geograficznych nie jest zatem stała, jeśli jest np. dodatnia zimą (w punkcie A, na mniejszej szerokości geograficznej Słońce wschodzi wcześniej niż w punkcie B na większej) to jest ujemna latem (Słońce wcześniej wschodzi w punkcie B). Podobne wnioski dotyczą zachodu Słońca. Oczywiście różnica ta płynnie zmienia się pomiędzy swymi skrajnymi wartościami w miarę rocznego ruchu Ziemi wokół Słońca.

Podsumowując, można wyróżnić trzy czynniki mające wpływ na różnice w chwilach wschodów i zachodów Słońca w różnych miejscach obserwacji:

- 1) obrót Ziemi wokół własnej osi, wprowadzający zależność od długości geograficznej;
- 2) nachylenie osi Ziemi do płaszczyzny ekliptyki, odpowiedzialne za zależność od szerokości geograficznej;
- 3) ruch obiegowy Ziemi wokół Słońca, powodujący sezonową zmienność różnic chwil wschodów i zachodów pomiędzy dwoma różnymi punktami na Ziemi.

Powyższe rozważania mają również zastosowanie w przypadku wschodów i zachodów Księżyca z tą jednak różnicą, że czynnikami mającymi wpływ na chwile wschodów i zachodów w różnych miejscach Ziemi są tu odpowiednio:

- 1) obrót Ziemi;
- 2) nachylenie osi obrotu Ziemi do płaszczyzny, w której leży orbita Księżyca;
- 3) ruch obiegowy Księżyca wokół Ziemi.

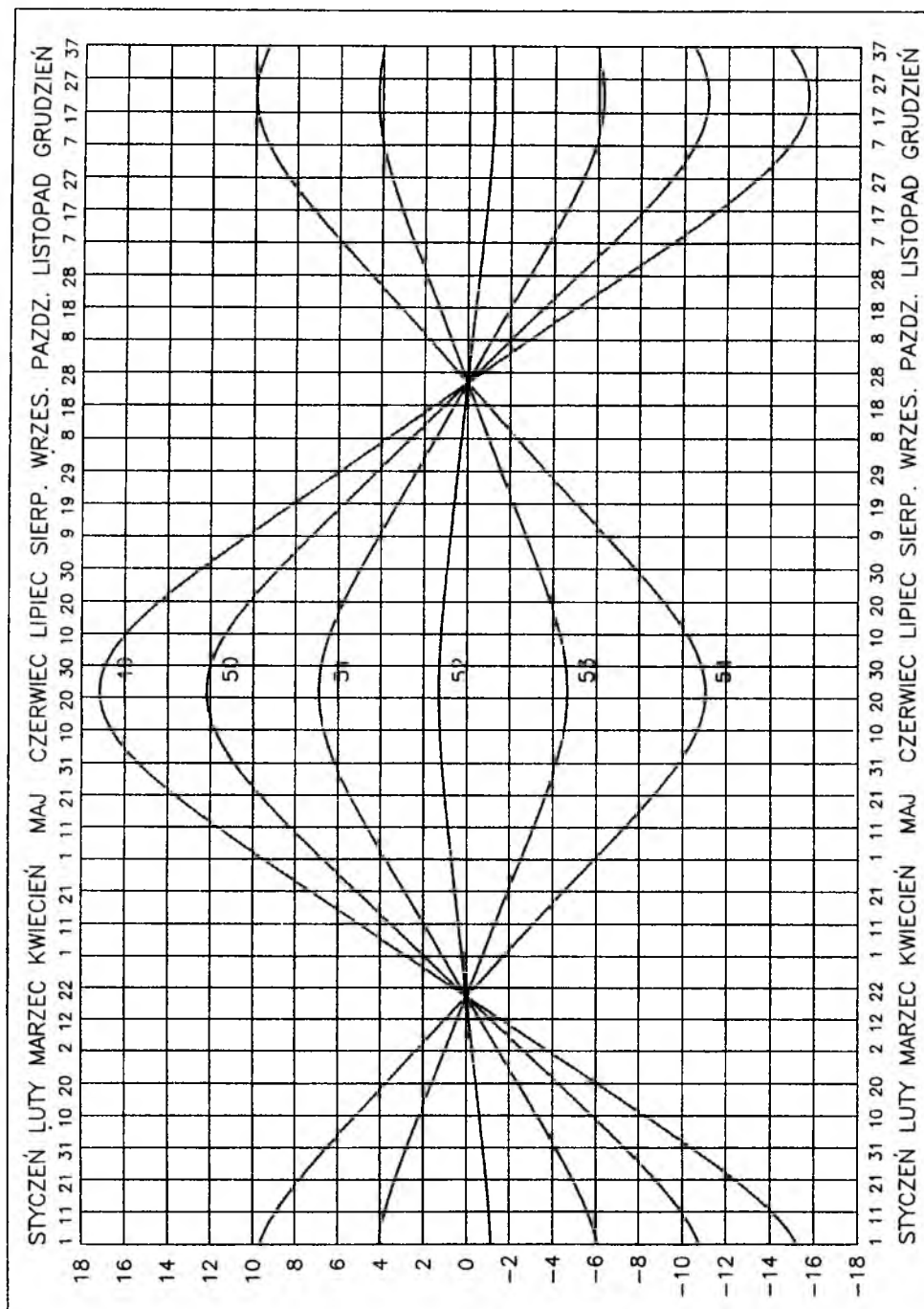
### 3. Wschody i zachody Słońca w Polsce w odniesieniu do Warszawy w zależności od daty i miejsca obserwacji

Ponieważ nie sposób podawać czasów wschodów i zachodów Słońca itp. dla dowolnego miasta czy miejscowości, wydawnictwa kalendarzowe i rocznikowe (np. Rocznik Astronomiczny IGiK) publikujące je, stają przed koniecznością podawania czasów wschodów i zachodów dla konkretnego miejsca (miasta) i ewentualnie uzupełniania tych danych przez podanie sposobu obliczania poprawek dla innych miejscowości. W większości wypadków poprawki te są tabelaryzowane. Tabele takie umożliwiają ich obliczenie, nie pozwalają jednak na ogół na szybką, ogólną ich ocenę (zakres wartości, zmienność w czasie itd.). Takie możliwości daje przedstawienie graficzne, którego przykładem są opracowane na potrzeby Rocznika Astronomicznego IGiK rys. 3 i 4.

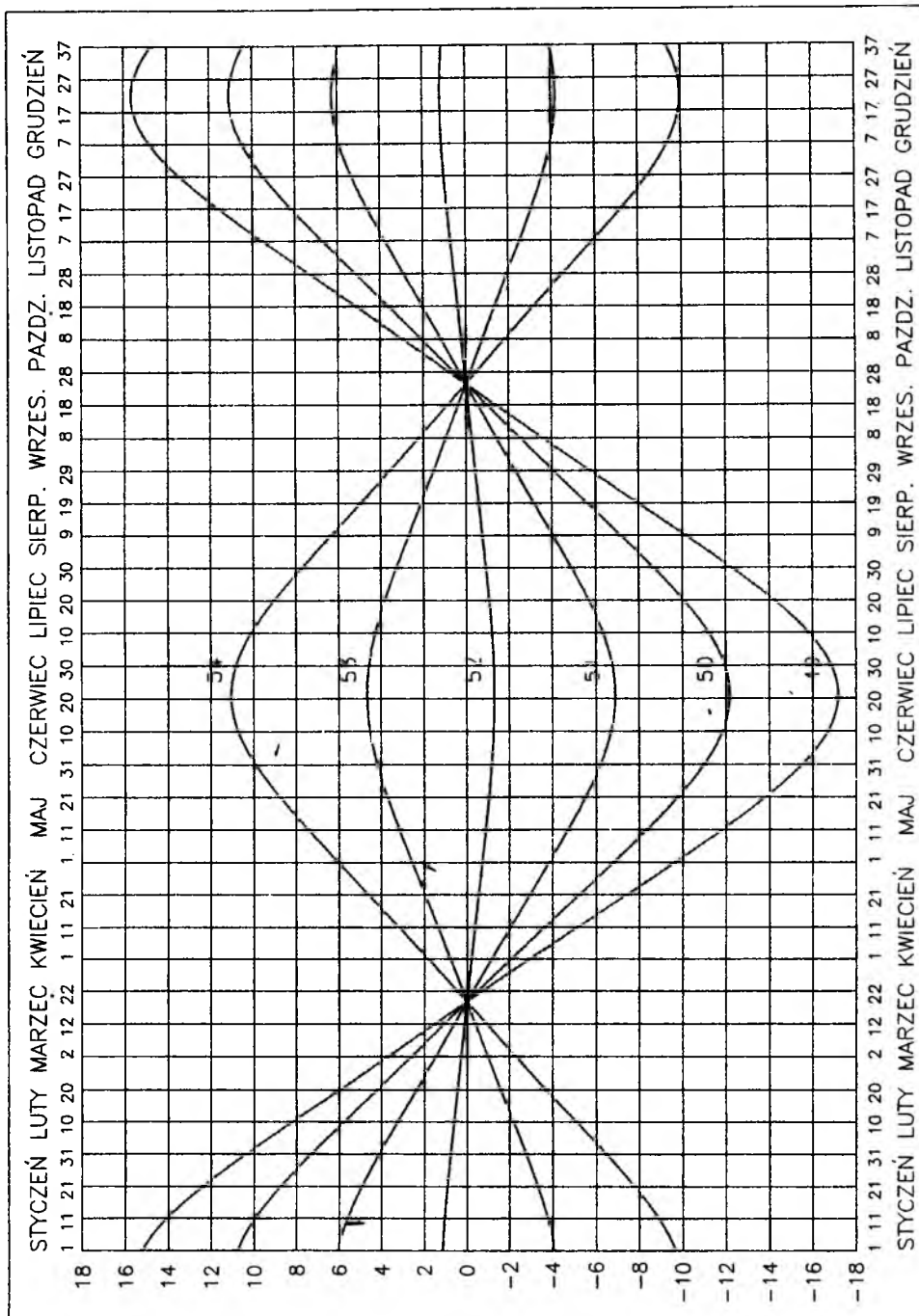
Różnice w czasie wschodów i zachodów pomiędzy Warszawą, a np. Szczecinem są oczywiście funkcją trzech zmiennych: długości i szerokości geograficznej oraz daty. Zależność od długości geograficznej można jednak z pewnym uproszczeniem uznać za liniową, a całą różnicę rozłożyć na dwa składniki: pierwszy związany właśnie z różnicą długości geograficznych i drugi uwzględniający jednocześnie wpływ różnicy szerokości geograficznych i datę. Pierwszy składnik ma dla danych dwóch miejscowości wartość stałą, bardzo łatwą do obliczenia; tabelaryzowany jest tylko drugi.

Rysunki 3 i 4 przedstawiają różnice pomiędzy dokładnymi czasami wschodu i zachodu Słońca, obliczonymi dla każdego dnia 1995r., w siedmiu punktach położonych na południku Warszawy ( $1^{\text{h}}24^{\text{m}}02^{\text{s}}$ ), na równoleżnikach od 49 do 55. Aby uzyskać całkowitą poprawkę, do odczytanej z wykresu wartości należy dodać różnicę długości geograficznych wyrażoną w minutach czasu. Wykresy te pozwalają łatwo zauważyć sezonową zmienność różnic czasów wschodów i zachodów w różnych miejscowościach. Na przykład w Tarnowie, leżącym na południku warszawskim, na około  $50^{\circ}$  szerokości geograficznej, Słońce wschodzi w grudniu o ok. 11 minut wcześniej, a w czerwcu o ok. 12 minut później niż w Warszawie. Różnica ta zmienia się płynnie w ciągu roku, przyjmując wartość zerową w dniach równonocy wiosennej i jesiennej - Słońce wschodzi wtedy w Warszawie, Tarnowie i wszystkich miejscowościach leżących na tym samym południku dokładnie w tej samej chwili.

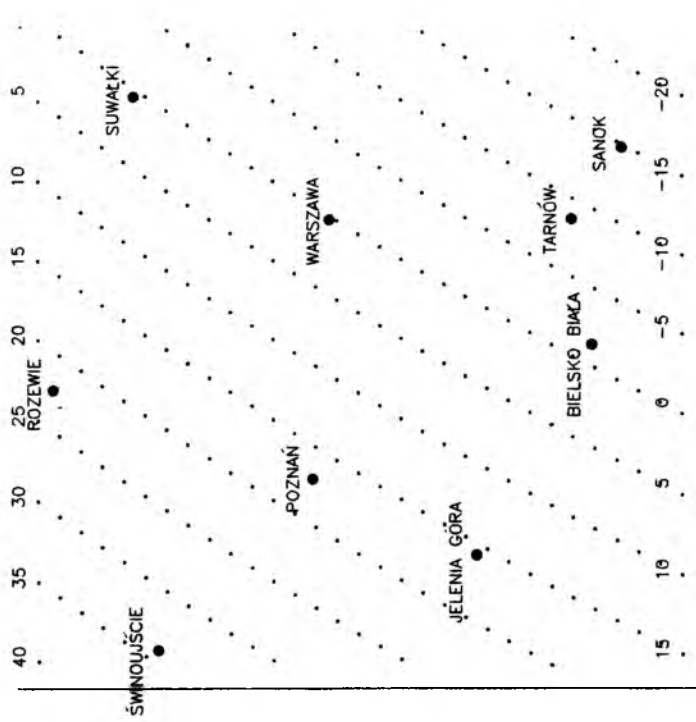
Z wykresu tego możemy odczytać również maksymalną różnicę pomiędzy chwilami wschodów Słońca, która sięga 30 minut dla miejscowości położonych na tym samym południku. Dodatkowy wpływ różnicy długości geograficznych powoduje, że w skrajnych przypadkach: w grudniu pomiędzy Swinoujściem i Sanokiem, i latem pomiędzy Suwałkami i Jelenią Górą różnica między lokalnymi wschodami Słońca dochodzi aż do 50 minut.



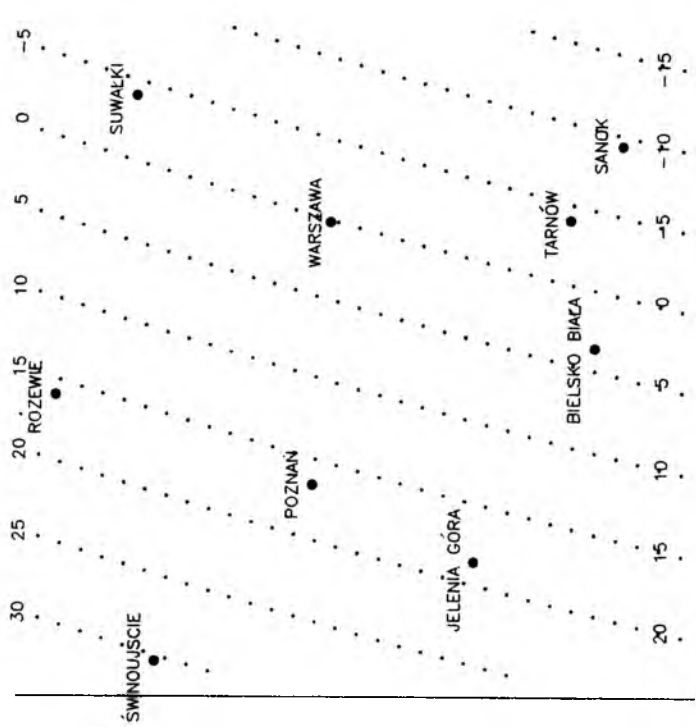
Rys.3. Poprawki do czasów wschodów Słońca w 1995 r. dla miejscowości położonych na południku warszawskim



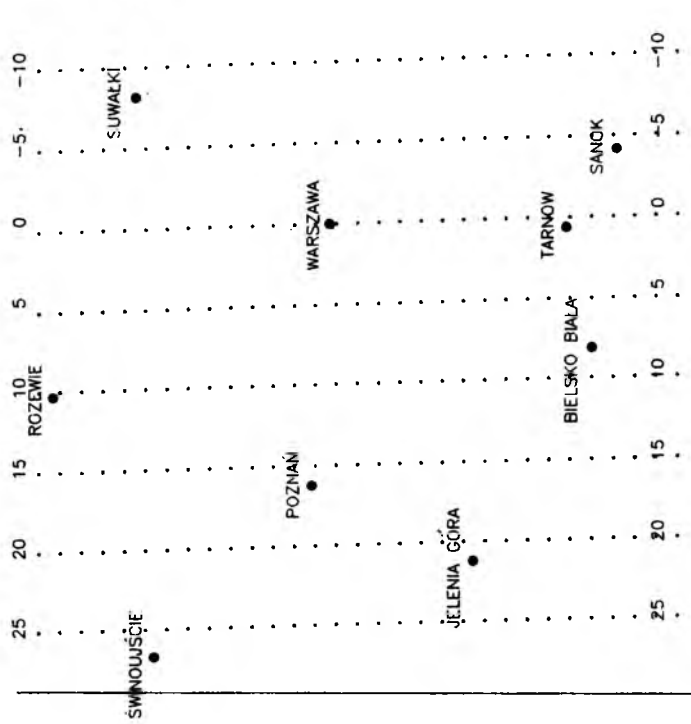
Rys. 4. Poprawki do czasów zachodów Słońca w 1995 r. dla miejscowości położonych na południku warszawskim



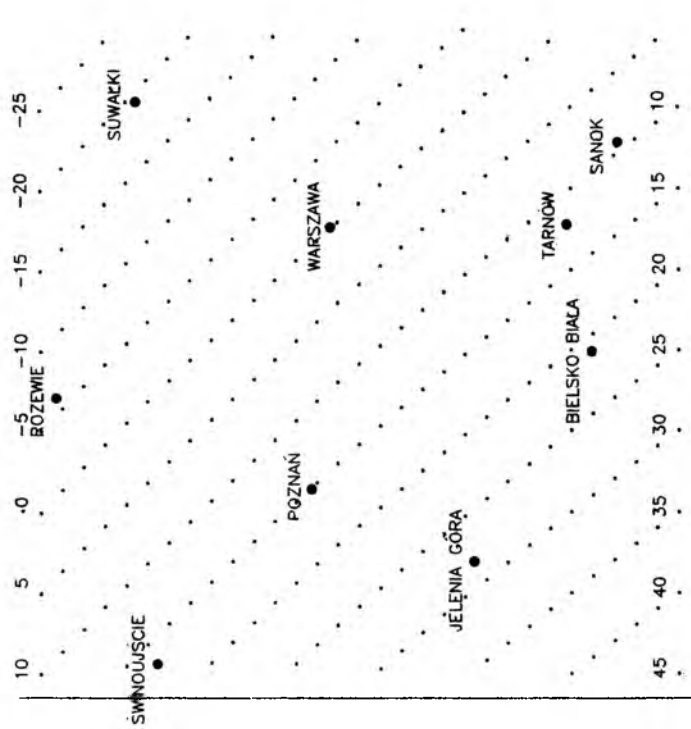
Rys. 5. Poprawki (w minutach) do czasów wschodów Słońca na obszarze Polski liczone względem Warszawy, w dniu 22 stycznia 1995 r.



Rys. 6. Poprawki (w minutach) do czasów wschodów Słońca na obszarze Polski liczone względem Warszawy, w dniu 22 lutego 1995 r.



Rys. 7. Poprawki (w minutach) do czasów wschodów Słońca na obszarze Polski liczone względem Warszawy, w dniu 22 marca 1995 r.



Rys. 8. Poprawki (w minutach) do czasów wschodów Słońca na obszarze Polski liczone względem Warszawy, w dniu 22 czerwca 1995 r.



Na kolejnych rysunkach 5, 6, 7 i 8 przedstawiono kilka mapek Polski z zaznaczonymi liniami poprawek do czasów wschodów Słońca, w Warszawie, dla kilku charakterystycznych dat w 1995 roku.

*Recenzował: dr inż. Kazimierz Borkowski*  
*Przyjęto do opublikowania w kwietniu 1994 r.*

*Marcin Sękowski*

#### TIME VARIABILITY OF SUNRISES AND SUNSETS ON THE TERRITORY OF POLAND

##### S u m m a r y

Moments of sunrises and sunsets on the Earth's surface are dependent on place and date of observation. In particular, these relations can cause on the territory of Poland quite big differences between times of sunrises and sunsets at various localities. Hence publications enclosing charts of times of sunrises and sunsets (e.g. IGiK's Astronomical Yearbook) must be supplemented with additional tables of corrections, which enable to determine moments of sunrises and sunsets at any chosen place.

Author presented in this article assumptions of the method for computing moments of sunrises and sunsets and its short description.

Impact of Sun-Earth geometry on differences between sunrises and sunsets at various Earth's places was described, i.e. three factors responsible for these differences: twenty-four hours Earth rotation around its axis, inclination of axis of Earth rotation to the eclipse plane and annual Earth revolution.

Range of values and variability of differences on the territory of Poland was also presented. Graphs of corrections for determining times of sunrises and sunsets outside Warsaw in 1995 were published, as well as a few sketch maps with correction isolines were produced for the selected characteristic dates in 1995.

Translation: Zbigniew Bochenek

*Марцин Сенковский*

#### ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВРЕМЕНИ ВОСХОДОВ И ЗАХОДОВ СОЛНЦА НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЬШИ

##### Резюме

Моменты восходов и заходов Солнца на поверхности Земли зависят от места и даты наблюдений. В особенности на территории Польши эти зависимости могут быть причиной довольно значительных разниц между соответственно моментами восходов и заходов в разных местностях. Издания, печатающие таблицы времен восходов и заходов, такие как *Астрономический ежегодник ИГиК*, встают поэтому перед необходимостью пополнения их, например, дополнительными таблицами поправок, разрешающими определять время восходов и заходов в произвольном месте.

В работе представлены предпосылки на каких опирается метод вычисления моментов восходов и заходов Солнца, а также краткое описание этого метода.

Оговорено влияние геометрии системы Солнце-Земля на разницы между соответственно восходами и заходами в разных местах Земли; три фактора, отвечающие за эти разницы т. е.: суточное вращение Земли вокруг собственной оси, наклонение оси оборота Земли к плоскости эклиптики и годовой ход Земли вокруг Солнца.

Представлен также диапазон величин и изменчивость этих разниц на территории Польши. Замещены графики поправок для определения времени восходов и заходов вне Варшавы на 1995 год, а также несколько небольших карт с обозначенными линиями этих поправок для нескольких характеристических дат в 1995 г.

Перевод: Róża Tołstikowa