

GEOWIZUALIZACJA WPŁYWU CZASÓW WSCHODU I ZACHODU SŁOŃCA NA GODZINY DYŻUROWANIA LOTNICZEGO POGOTOWIA RATUNKOWEGO

ŁUKASZ WIELEBSKI

Zakład Kartografii i Geomatyki, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

Abstract: The varying length of daytime (the period of time between sunrise and sunset) influenced by seasons and geographic location, also affects the on-call time of some aeromedical emergency service teams stationed at Polish Medical Air Rescue (PMAR) bases in Poland. The article presents geovisualizations of data from 2017 which illustrate the impact of sunrise and sunset times on the on-call time of PMAR bases and the level of protection of Polish territory for airborne medical aid.

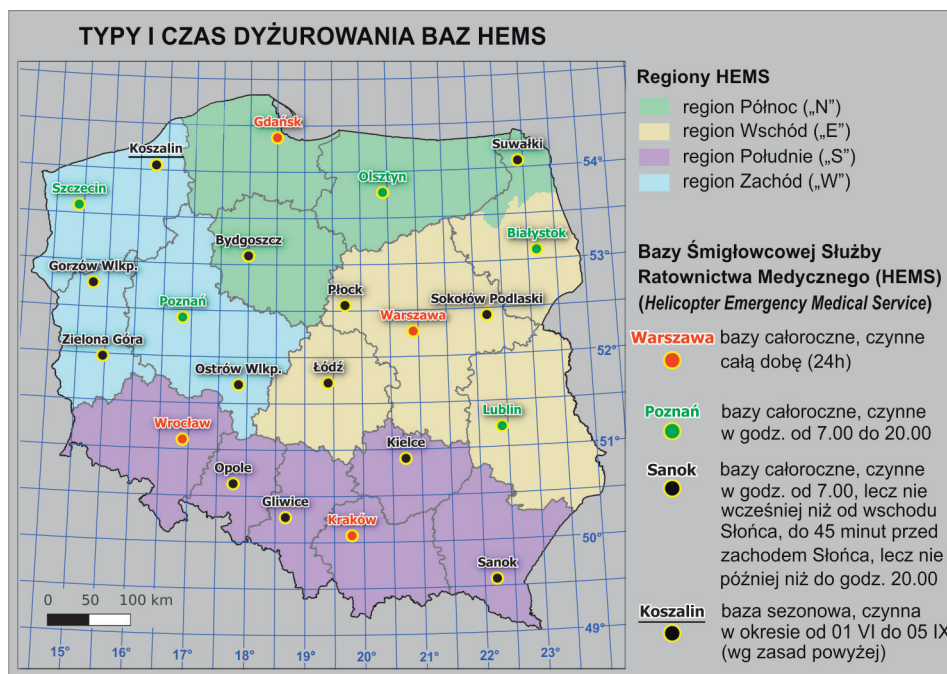
Keywords: geovisualization, sunrise, sunset, Helicopter Emergency Medical Service (HEMS), Polish Medical Air Rescue (PMAR)

WPROWADZENIE

Lotnicze zespoły ratownictwa medycznego obok naziemnych zespołów ratownictwa medycznego i szpitalnych oddziałów ratunkowych stanowią jeden z trzech ważnych elementów systemu Państwowego Ratownictwa Medycznego (PRM) (Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym). Lotnicze Pogotowie Ratunkowe (LPR) powstało w 2000 r. i jest kontynuatorem tradycji przedwojennego i powojennego lotnictwa sanitarnego w Polsce (www.lpr.com.pl, dostęp: 20.09.2017). Tworzą je Śmigłowcowa Służba Ratownictwa Medycznego (HEMS, Helicopter Emergency Medical Service) dysponująca 27 śmigłowcami EC 135 (Gałązkowski i Gawroński 2010; Rzońca i in. 2017) oraz dwa zespoły transportowe, w których są wykorzystywane dwa samoloty Piaggio P.180 Avanti (EMS, Emergency Medical Service). Działalność Lotniczego Pogotowia Ratunkowego realizującego zadania z zakresu ratownictwa medycznego i transportu sanitarnego jest uzależniona od wielu czynników zewnętrznych. Jednym z nich są warunki oświetleniowe wyznaczające czas pracy części zespołów HEMS, związane przede wszystkim z porą dnia i roku, a tym samym z czasami wschodów i zachodów Słońca, które różnią się na terytorium Polski istotnie w zależności od miejsca obserwacji i daty (Sękowski 1994). Wschodem/zachodem Słońca określamy zjawisko i moment, w którym górny brzeg tarczy

Słońca zaczyna być widoczny ponad lub chowa się pod linią horyzontu (Sękowski 1994). Zmienność tych czasów sprawia, że liczba zespołów HEMS pozostających w gotowości do wykonywania lotów ratunkowych i sanitarnych nie jest stała ani na przestrzeni roku, ani w ciągu doby. Śmigłowce dają Lotniczemu Pogotowiu Ratunkowemu możliwość szybkiego dotarcia do każdego rejonu Polski (Bauer i in. 2014). Stacjonują w bazach operacyjnych HEMS, czyli na lotniskach, gdzie członkowie załogi mogą dyżurować w oczekiwaniu na lot HEMS (Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym). Zgodnie z komunikatem LPR większa liczba śmigłowców w stosunku do liczby baz oraz to, że nie są one przypisane do konkretnych lokalizacji bazami wynika z faktu, że część maszyn zawsze jest wyłączona z użycia ze względu na przegląd techniczny, lub naprawę, a także szkolenia pilotów i jest to niezbędne dla zapewnienia gotowości (www.lpr.com.pl, dostęp: 20.09.2017). Na terenie Polski, podzielonej na cztery regiony HEMS: Północ, Południe, Wschód i Zachód (Choiński 2008), znajduje się 21 stałych baz HEMS funkcjonujących cały rok oraz jedna baza uruchamiana rokrocznie sezonowo (Rzońca i in. 2017). Spośród baz stałych cztery są bazami całodobowymi (Warszawa, Kraków, Gdańsk, Wrocław), pięć baz funkcjonuje w stałych godzinach, tj. od 7.00 do 20.00 (Olsztyn, Poznań, Białystok, Lublin, Szczecin), a czas pracy pozostałych 12 baz stałych jest również uzależniony od godzin wschodu i zachodu Słońca (Płock, Suwałki, Kielce, Sanok, Gliwice, Zielona Góra, Bydgoszcz, Łódź, Opole, Gorzów Wielkopolski, Ostrów Wielkopolski, Sokołów Podlaski). Te bazy są czynne od godz. 7.00, lecz nie wcześniej niż od wschodu Słońca, do godziny 20.00, lecz nie później niż 45 min przed zachodem Słońca. Do tej grupy należy także sezonowa baza w Koszalinie działająca od 1 czerwca do 5 września. Planowane jest uruchomienie kolejnych baz i wydłużenie czasu dyżurów niektórych z nich, co wiąże się z nakładami finansowymi. Utrzymywanie dyżurów po zachodzie Słońca to także konieczność szkolenia pilotów z doświadczeniem w lotach nocnych, które są znacznie bardziej niebezpieczne (Gałązkowski i Michalak 2012). W nocy nie jest konieczne utrzymywanie wszystkich baz w gotowości, ponieważ w tej porze dochodzi do mniejszej liczby zdarzeń, a mniejsze natężenie ruchu na drogach sprawia, że zespoły ratownictwa naziemnego są w stanie dotrzeć do poszkodowanych szybciej niż w porze dziennej. Rozmieszczenie baz HEMS nie jest przypadkowe i wynika z potrzeby zapewnienia zabezpieczenia medycznego na podobnym, wysokim poziomie. Znalezienie lokalizacji, najbardziej optymalnych z logistycznego punktu widzenia jest możliwe np. na podstawie analiz przestrzennych dokonywanych w środowisku Systemów Informacji Geograficznej (Pilarska 2016). Położenie geograficzne baz HEMS z informacją o czasie dyżurowania każdej z nich zaprezentowano na rycinie 1.

Duża złożoność wpływu czasów wschodów i zachodów Słońca na czas dyżurowania baz HEMS w ciągu doby i roku powoduje, że zaprezentowanie jej w sposób czytelny wymaga sięgnięcia po rozwiązania graficzne, takie jak wizualizacje



Ryc. 1. Rozmieszczenie i typy baz HEMS na terenie Polski

Fig. 1. Location and types of HEMS bases in Poland

geograficzne, zwane geowizualizacjami. Medyńska-Gulij (2015) zwraca uwagę, że autorem terminu geowizualizacja jest MacEachren, który pod tym pojęciem rozumie wykorzystanie „wizualnych reprezentacji informacji geoprzestrzennej do ułatwienia myślenia, zrozumienia i budowania wiedzy o aspektach środowiska człowieka i środowiska fizycznego typowych dla skal geograficznych oraz kreowania reprezentacji wizualnych dla tych aspektów”. Medyńska-Gulij (2015) przedstawia ujęcie, w którym wizualizacja pojmowana jest jako „kompilacja wizualizacji kartograficznych, graficznych i multimedialnych, która w sposób najbardziej skuteczny i jasny umożliwia użytkownikowi zrozumienie cech i zależności zjawisk geograficznych”, a pojęcie to odnosi zarówno do procesu wizualizowania (kreowania), jak i do jego efektu (zakończony prezentacji).

CEL BADAŃ

Celem artykułu jest zaproponowanie kilku komplementarnych geowizualizacji, których zadaniem jest ukazanie informacji ważnych z punktu widzenia zarządzania flotą Lotniczego Pogotowia Ratunkowego. Istotą tych geowizualizacji

jest zilustrowanie zmienności czasów wschodu i zachodu Słońca, a co za tym idzie – czasów dyżurowania zespołów HEMS i związanego z tym poziomu zabezpieczenia terytorium Polski tą formą ratownictwa medycznego. Przywołane geowizualizacje komplementarne to takie, które są z sobą powiązane wspólnymi elementami graficznymi i wzajemnie się uzupełniają (Burchard 2005; Horbiński i Medyńska-Gulij 2017). Wizualizacje komplementarne dają możliwość spojrzenia na problem z wielu perspektyw, a dzięki temu umożliwiają również wyciągnięcie wniosków opartych na kontekście czasoprzestrzennym (Medyńska-Gulij i in. 2015; Medyńska-Gulij i Cybulski 2016). W tym przypadku istotą problemu jest zaprojektowanie wizualizacji ułatwiających prześledzenie, jak zmienia się dostępność dyżurujących zespołów HEMS, a w szczególności tych, których czas pracy poza sztywnymi godzinami (7.00 do 20.00) jest dodatkowo ograniczany momentami wschodu i zachodu Słońca. Tego typu opracowania graficzne mogą stanowić formę narzędzia ułatwiającego zarządzanie systemem HEMS.

METODY BADAŃ

Do obliczeń czasu wschodu i zachodu Słońca niezbędne jest przede wszystkim wskazanie daty i położenia geograficznego (współrzędnych) miejsca obserwacji. Sękowski (1994) wymienia i analizuje najważniejsze czynniki mające wpływ na różnice w momentach wystąpienia wschodu lub zachodu Słońca. Zgodnie z objaśnieniami zawartymi w przywołanej publikacji są to:

- zależność od długości geograficznej związana z obrotem Ziemi wokół własnej osi, którego następstwem są dni i noce. Ta najwyraźniejsza zależność w uproszczeniu powoduje, że wschód lub zachód Słońca następuje tym wcześniej, im miejsce obserwacji jest bardziej wysunięte na wschód;
- zależność od szerokości geograficznej związana z nachyleniem osi Ziemi do płaszczyzny ekliptyki. Ta zależność powoduje, że zwykle miejsca położone na tym samym południku nie przechodzą przez granicę dnia i nocy w tej samej chwili (granica przesuwana się pod pewnym kątem do linii południków);
- zależność warunkowana ruchem obiegowym Ziemi wokół Słońca. Jej wynikiem jest sezonowa zmienność różnic chwil wschodu i zachodu Słońca pomiędzy dwoma różnymi miejscami obserwacji na Ziemi.

Obliczeń momentów wschodu i zachodu Słońca na potrzeby niniejszej publikacji dokonano w arkuszu kalkulacyjnym z wykorzystaniem formuł aplikacji SunRise v1.0 (Kalendarz wschodów i zachodów Słońca). Algorytm obliczania pochodzi ze strony internetowej <www.cybermoon.pl> (dostęp: 21.08.2017), której autorem jest Sebastian Hebda. Zastosowana formuła obliczeniowa jest jedną z dwóch oferowanych na tej stronie. Pozwala ona na dokładne wyliczenie czasu wschodu i zachodu Słońca w szerokościach mniejszych niż 60°,

z dokładnością do 1 sek. Poprawność obliczeń wykonanych dla roku kalendarzowego 2017 sprawdzono opierając się na innych kalkulatorach tego typu dostępnych w sieci internetowej.

W kolejnych akapitach omówiono typy geowizualizacji przyjęte do graficznej prezentacji problemu podjętego w publikacji z wyjaśnieniem idei zastosowanych rozwiązań graficznych.

MAPY ZMIENNOŚCI CZASU WSCHODU I ZACHODU SŁOŃCA DLA POLSKI W WYBRANYCH DNIACH ROKU 2017

Do prezentacji momentów wschodu i zachodu Słońca na terytorium Polski wykorzystano metodę izoliniową (ryc. 2–5). Mapy uzyskano w wyniku interpolacji regularnej siatki punktów z wyliczonymi czasami wschodu i zachodu Słońca dla określonych dat w oprogramowaniu geoinformacyjnym (QGIS). Izolinie jednakowych czasów wschodu i zachodu Słońca poprowadzono co trzy minuty. Powierzchnie między izoliniami zróżnicowano kolorystycznie według przyjętej skali barw, które mają skojarzeniowy charakter i są związane z możliwymi często do zaobserwowania charakterystycznymi kolorami nieba w czasie wschodu i zachodu Słońca. Choć niebo może wyglądać wówczas podobnie, to aby graficznie wyróżnić oba zjawiska, zastosowano skale odmienne dla wschodu i zachodu Słońca, pochodzące z zestawu skal aplikacji QGIS. Obserwowany kolor nieba jest związany ze stopniem rozproszenia światła białego docierającego do powierzchni Ziemi, co wyjaśnił John Tyndall (1868), przeprowadzając w drugiej połowie XIX w. eksperyment. Ilościowo zjawisko rozpraszania światła opisał John William Strutt (Lord Rayleigh) (Pniewski 2017). Ma ono miejsce w atmosferze na cząsteczkach obecnych w niej gazów. Im grubość atmosfery jest większa, tym silniej są rozpraszane fale o krótszych długościach, takie jak niebieska i fioletowa, a większa jest dominacja fal długich, mniej podatnych na rozpraszanie, takich jak czerwone i żółte (Zagury 2012). Grubość atmosfery, jaką mają do pokonania promienie słoneczne, jest związana z kątem ich padania względem powierzchni Ziemi (Karasiński 2008). W ciągu dnia, gdy Słońce znajduje się wysoko nad horyzontem, promienie słoneczne padają prostopadle do powierzchni Ziemi i niebo przyjmuje kolor niebieski lub błękitny. W czasie wschodu lub zachodu Słońca światło pada pod niewielkim kątem i ma do pokonania grubszą warstwę atmosfery, co powoduje, że jest silniej rozpraszane. Inny zakres fal promieniowania widzialnego docierających do obserwatora powoduje zmianę koloru nieba i dominację kolorów czerwonego, pomarańczowego czy żółtego, które również znalazły się w użytych na potrzeby publikacji skalach barw. Porządek barw tworzących skalę dobrano tak, by oddawał kierunek przesuwania się linii wschodu/zachodu Słońca. W przypadku wschodu Słońca strefy, w których Słońce wschodzi najwcześniej, oznaczono barwami jasnymi

i cieplejszymi (począwszy od koloru żółtego po kolor niebieski). W przypadku zachodu Słońca ciemniejszymi i chłodniejszymi barwami oznaczono strefy, gdzie Słońce zachodzi najwcześniej (od koloru czarnego, ciemnoniebieskiego przez kolor fioletowy po pomarańczowy). Aby pokazać zależność czasu wschodów i zachodów Słońca od położenia geograficznego w dniach równonocy i przesilen, w mapę wrysowano siatkę kartograficzną z układem południków i równoleżników naniesionych co pół stopnia.

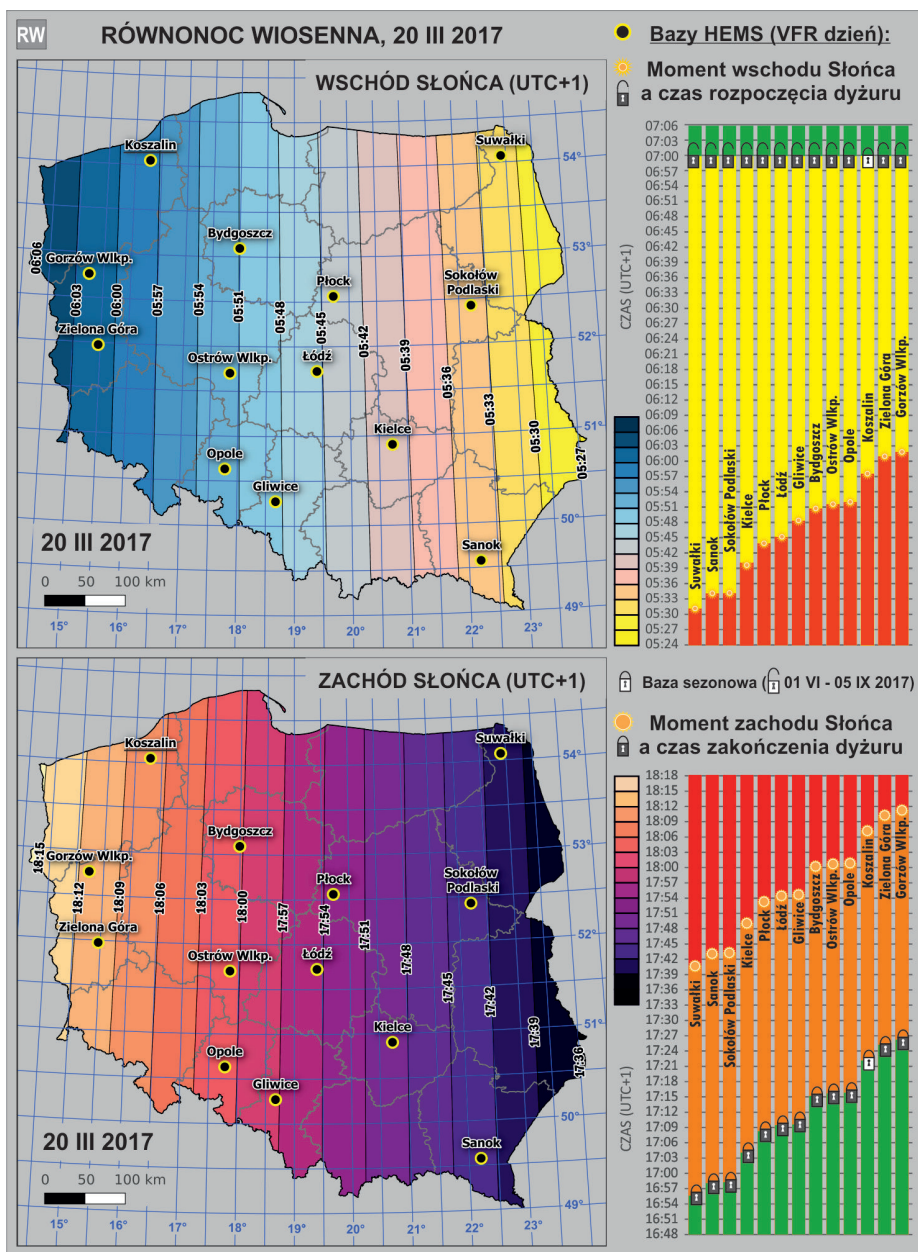
DIAGRAMY KOLUMNOWE CZASÓW WSCHODU I ZACHODU SŁOŃCA ORAZ GODZIN DYŻUROWANIA BAZ HEMS W 2017 ROKU

Obok map zmienności czasów wschodu i zachodu Słońca zamieszczono wykresy (diagramy) kolumnowe pokazujące momenty wschodu i zachodu Słońca oraz czas rozpoczęcia i zakończenia dyżuru w poszczególnych bazach HEMS (ryc. 2–5). Słupki diagramów opisano nazwami baz HEMS, których dotyczą, a ich kolejność odpowiada następującym po sobie wschodom i zachodom Słońca w tych lokalizacjach. Sygnatury Słońca z dłuższymi promieniami i mniejszą tarczą wskazują momenty wschodu Słońca, które wędruje coraz wyżej nad horyzontem i świeci coraz silniej, a te z promieniami krótszymi oraz większą tarczą momenty zachodu, kiedy obniża się ono nad horyzontem i daje coraz mniej światła. Kłódka otwarta lub zamknięta informuje odpowiednio o godzinach rozpoczęcia lub zakończenia dyżuru. W przypadku bazy sezonowej w Koszalinie, która funkcjonuje jedynie od 1 czerwca do 5 września, na rycinach 2, 4 i 5 pojawia się biała, zamknięta kłódka. Kolory słupków również mają charakter skojarzeniowy i informacyjny. Kolorem zielonym oznaczono czas, w którym baza jest czynna, a kolorem czerwonym, pomarańczowym i żółtym przedziały czasowe, w których baza jest zamknięta. Kolorem czerwonym oznaczono czas zamknięcia ze względu na warunki oświetleniowe (czas przed wschodem lub po zachodzie Słońca), kolorem żółtym czas w porze dziennej, gdy bazy są zamknięte ze względu na ograniczenia godzinowe dyżuru (rano bazy są czynne nie wcześniej niż od godz. 7.00, z kolei wieczorem nie dłużej niż do godz. 20.00 – przedziały czasu przed godziną 7.00 i po godz. 20.00 oznaczono kolorem żółtym). Czas 45 min przed zachodem Słońca, w którym analizowane bazy HEMS zawsze kończą pracę, oznaczono kolorem pomarańczowym. Pozostałe zastosowane formy geowizualizacji (ryc. 6 i 7) oparto na wykresach dobowo-rocznych. Ich idea zostanie omówiona przy okazji prezentacji wyników.

GEOWIZUALIZACJE WYNIKOWE

Mapy zmienności czasu wschodu i zachodu Słońca dla Polski (ryc. 2–5) opracowano dla czterech dni stanowiących granice między astronomicznymi porami roku. Są to dni równonocy i przesilen, czyli daty kluczowe z punktu widzenia proporcji długości dnia do długości nocy, stanowiące punkty zwrotne dla tendencji w kształtowaniu się tych relacji w pozostałych dniach roku. W strefie położenia Polski, na półkuli północnej, najdłuższy dzień w roku przypada na termin przesilenia letniego, czyli moment, w którym Słońce góruje w zenicie na zwrotniku Raka, natomiast najkrótszy na termin przesilenia zimowego, gdy promienie słoneczne padają prostopadle na zwrotnik Koziorożca. W dniach równonocy wiosennej i jesiennej długość dnia i nocy jest taka sama, a Słońce wchodzi odpowiednio w znak Barana i Wagi (Rocznik astronomiczny na rok 2017). Terminy równonocy wiosennej i jesiennej oraz przesilenia letniego i zimowego wynikają z ruchu obiegowego Słońca wokół Ziemi. W rozpatrywanym roku 2017 dzień równonocy wiosennej przypada na 20.03.2017 (11:29 UTC+1), dzień przesilenia letniego na 21.06.2017 (06:24 UTC+2), dzień równonocy jesiennej na 22.09.2017 (22:02 UTC+2), a dzień przesilenia zimowego na 21.12.2017 (17:28 UTC+1) (Rocznik astronomiczny na rok 2017). Godziny wschodu i zachodu Słońca dla równonocy marcowej i przesilenia grudniowego są podane w czasie środkowoeuropejskim – CET (UTC+1) obowiązującym w Polsce w roku 2017 w dniach 01.01.2017–25.03.2017 oraz 29.10.2017–31.12.2017, a w przypadku równonocy wrzesniowej i przesilenia czerwcowego w czasie środkowoeuropejskim letnim CEST (UTC+2) obowiązującym w dniach 26.03.2017–28.10.2017. Dni przesilenia i równonocy oznaczono graficznie, co pozwala łatwo zestawić treść map z innymi wizualizacjami prezentowanymi w tej publikacji (RW – równonoc wiosenna, PL – przesilenie letnie, RJ – równonoc jesienna, PZ – przesilenie zimowe). Na opracowanych mapach widać, że wiosną i jesienią czas wschodu i zachodu Słońca ma w przybliżeniu rozkład południkowy (ryc. 2 i 4), czyli zmienia się zgodnie z długością geograficzną (Sękowski 1994). Z kolei latem nachylenie osi Ziemi i jej pozycja na orbicie względem Słońca sprawiają, że lepiej jest doświetlona półkula północna, a linie momentów wschodu i zachodu Słońca układają się tak jak na rycinie 3. Zimą więcej światła dociera do półkuli południowej, co skutkuje innym kierunkiem linii jednakowego czasu wschodu i zachodu Słońca (ryc. 5).

W dniu równonocy wiosennej (20.03.2017) Słońce wschodzi najwcześniej we wschodniej Polsce (nad bazą HEMS w Suwałkach o godz. 05:31:11), a najpóźniej w zachodniej Polsce (nad bazą w Gorzowie Wielkopolskim o 06:02:00), co daje różnicę nieco ponad 30 min, a dla rozciągłości całej Polski około 40 min (ryc. 2). W tym dniu wszystkie bazy rozpoczynają dyżur o godz. 7.00. Również zachód Słońca ma tego dnia miejsce najwcześniej w Suwałkach (17:40:40), a najpóźniej w Gorzowie Wielkopolskim (18:11:14), co także daje różnicę 30 min.



Ryc. 2. Czas wschodu i zachodu Słońca nad Polską 20.03.2017 r. (w dniu równonocy wiosennej) oraz związane z nimi godziny dyżurowania zespołów HEMS pełniących służbę w godzinach od 7:00, lecz nie wcześniej niż od wschodu Słońca, do 45 min przed zachodem Słońca, lecz nie dłużej niż do godziny 20:00

Fig. 2. The sunrise and sunset times over Poland on March 20, 2017 (on the day of the spring equinox) and the related working hours of HEMS units serving from 7:00 AM, but not earlier than from sunrise, up to 45 minutes before sunset, but not later than till 8:00 PM

Bazy są jednak zamykane 45 min przed zachodem Słońca, dlatego baza w Suwałkach kończy dyżur o godz. 16:55, a baza w Gorzowie o godz. 17:26.

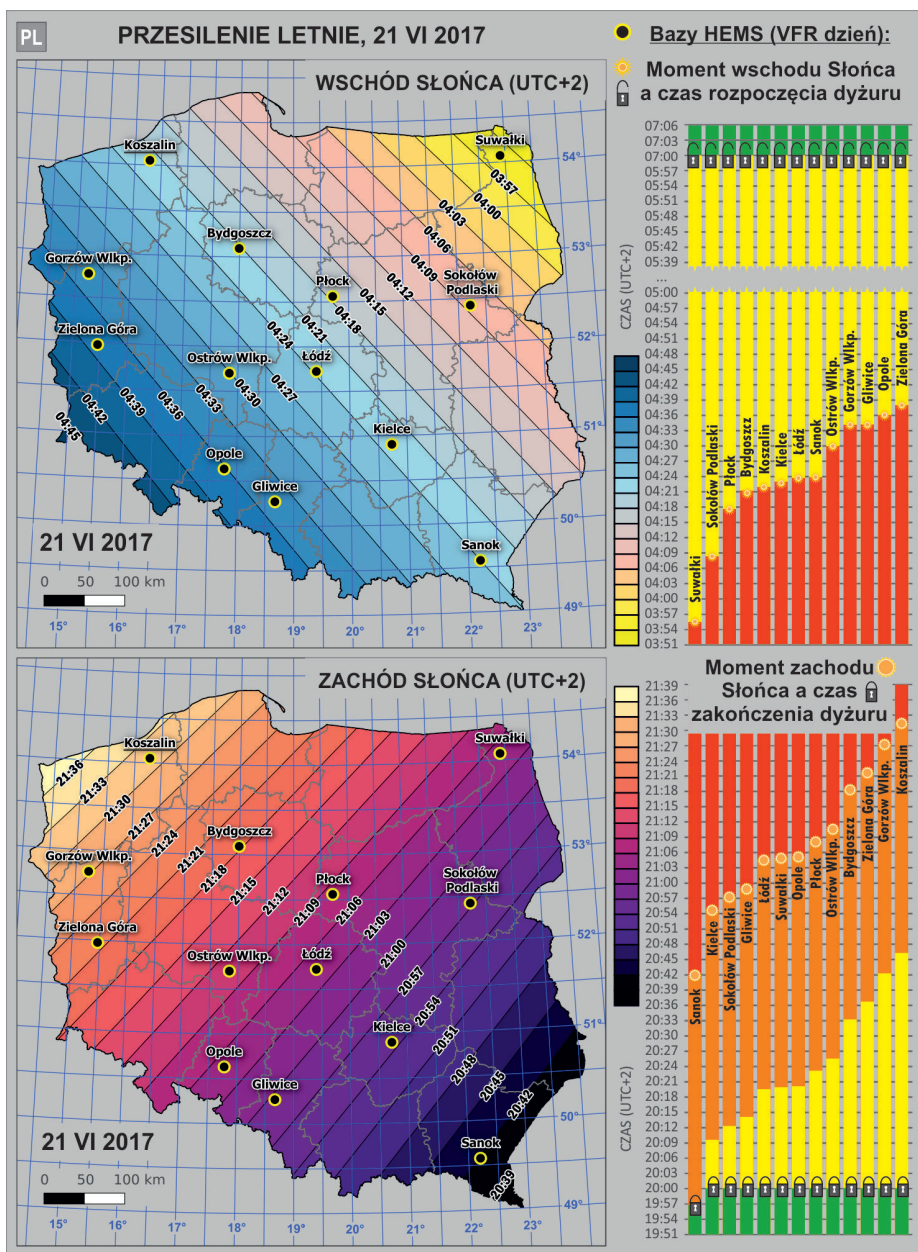
W dniu przesilenia letniego (21.06.2017) Słońce wschodzi najwcześniej w północno-wschodniej Polsce (w bazie w Suwałkach o godz. 03:55:18), a najpóźniej w południowo-zachodniej Polsce (w bazie w Zielonej Górze o godz. 04:38:04). Różnice w czasie wschodu Słońca między bazami dochodzą zatem do 43 min (ryc. 3). Z kolei najwcześniej Słońce zachodzi w południowo-wschodniej Polsce (w bazie w Sanoku o godz. 20:41:52), a najpóźniej w północno-zachodniej Polsce (w bazie w Koszalinie o godz. 21:31:17). Różnice między bazami dochodzą do 49 min, a w skali całego kraju do 57 min. W dniu przesilenia letniego długość dnia nie jest jednakowa na terytorium Polski. Dzień jest najdłuższy w Suwałkach (17,16 godz.), a najkrótszy w Sanoku (16,5 godz.). Oznacza to, że różnica w długości dnia między tymi bazami wynosi około 45 min. W tym dniu baza w Sanoku kończy dyżur o godz. 19:57, a pozostałe bazy o godz. 20.00.

W dniu równonocy jesiennej (22.09.2017) Słońce wschodzi i zachodzi najwcześniej we wschodniej Polsce (nad bazą w Suwałkach odpowiednio: o godz. 06:13:43 i o 18:28:39), a najpóźniej w zachodniej Polsce (nad bazą w Gorzowie Wlkp. odpowiednio: o godz. 06:44:40 i o 18:59:05). Wszystkie bazy w tym dniu zaczynają dyżur o godzinie 7.00 (ryc. 4). Różnice między bazami dochodzą więc do 31 min dla wschodu i zachodu Słońca.

W dniu przesilenia zimowego (21.12.2017) sytuacja ulega odwróceniu (ryc. 5) – Słońce najwcześniej wschodzi w południowo-wschodniej Polsce (nad bazą w Sanoku o godz. 07:25:01), a najpóźniej w północno-zachodniej Polsce (nad nieczynną w tym czasie bazą w Koszalinie o godz. 08:12:01). Z kolei zachód następuje najwcześniej w północno-wschodniej Polsce (w bazie w Suwałkach o godz. 15:06:58), a najpóźniej w południowo-zachodniej Polsce (w bazie w Zielonej Górze o godz. 15:48:26). Dzień jest najdłuższy w południowo-wschodniej Polsce (najdłużej trwa dyżur w bazie w Sanoku), a najkrótszy w północno-wschodniej Polsce (najkrótszy dyżur w bazie w Suwałkach).

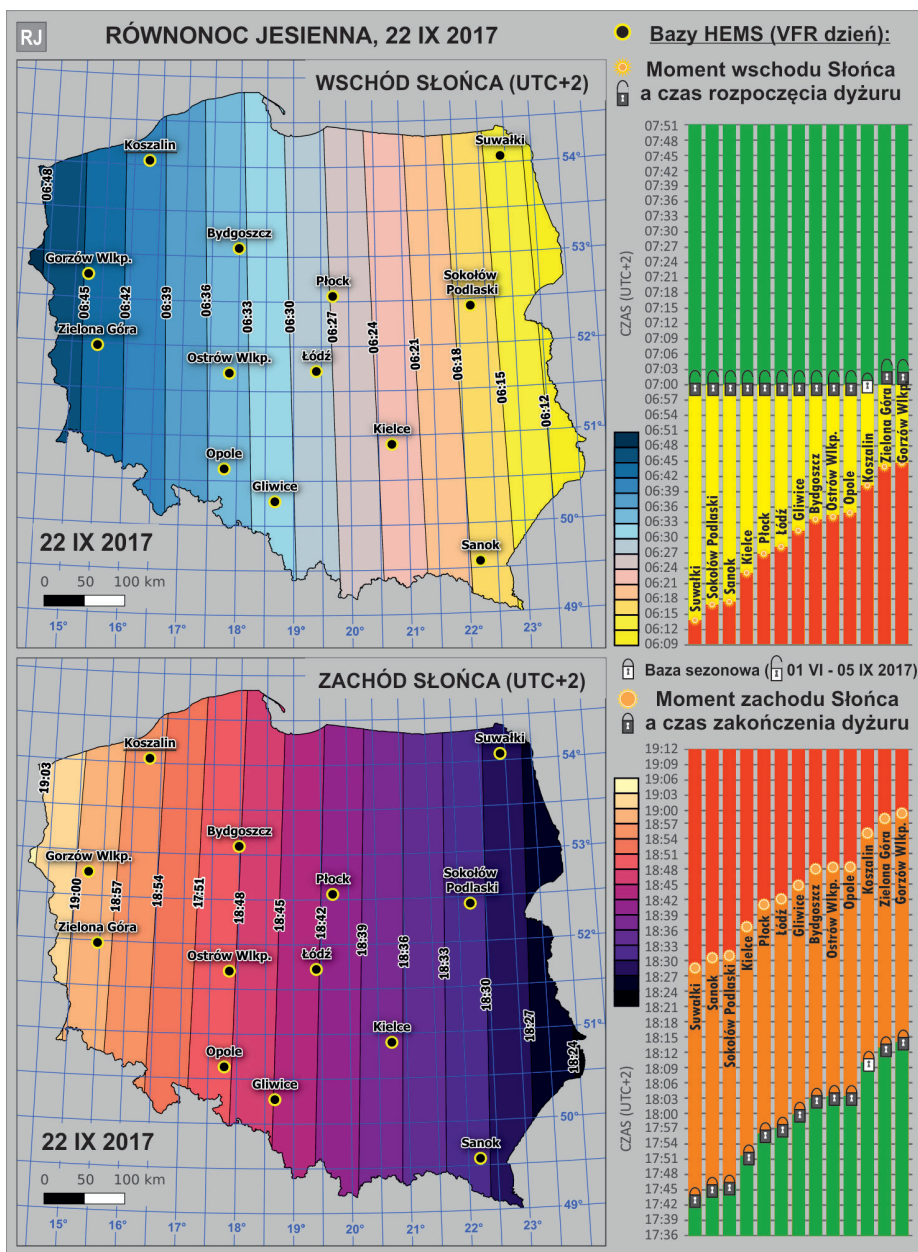
INDYWIDUALNY WYKRES ROCZNEJ ZMIENNOŚCI CZASU WSCHODU I ZACHODU SŁOŃCA ORAZ DYŻUROWANIA DLA BAZY HEMS

Poza wizualizacjami odnoszącymi się do wielu baz jest możliwy do opracowania indywidualny, inny dla każdej bazy, wykres pokazujący czas dyżurowania i występowania wschodu i zachodu Słońca w ciągu roku. Tego typu wykres zaprezentowano na przykładzie bazy HEMS w Łodzi (ryc. 6), którą przyjęto za reprezentatywną ze względu na jej centralne położenie w granicach Polski, przez co stanowi niejako wypadkową wszystkich lokalizacji. Oś pozioma tego wykresu pokazuje czas w miesiącach roku, a na osi pionowej oznaczono czas w ciągu



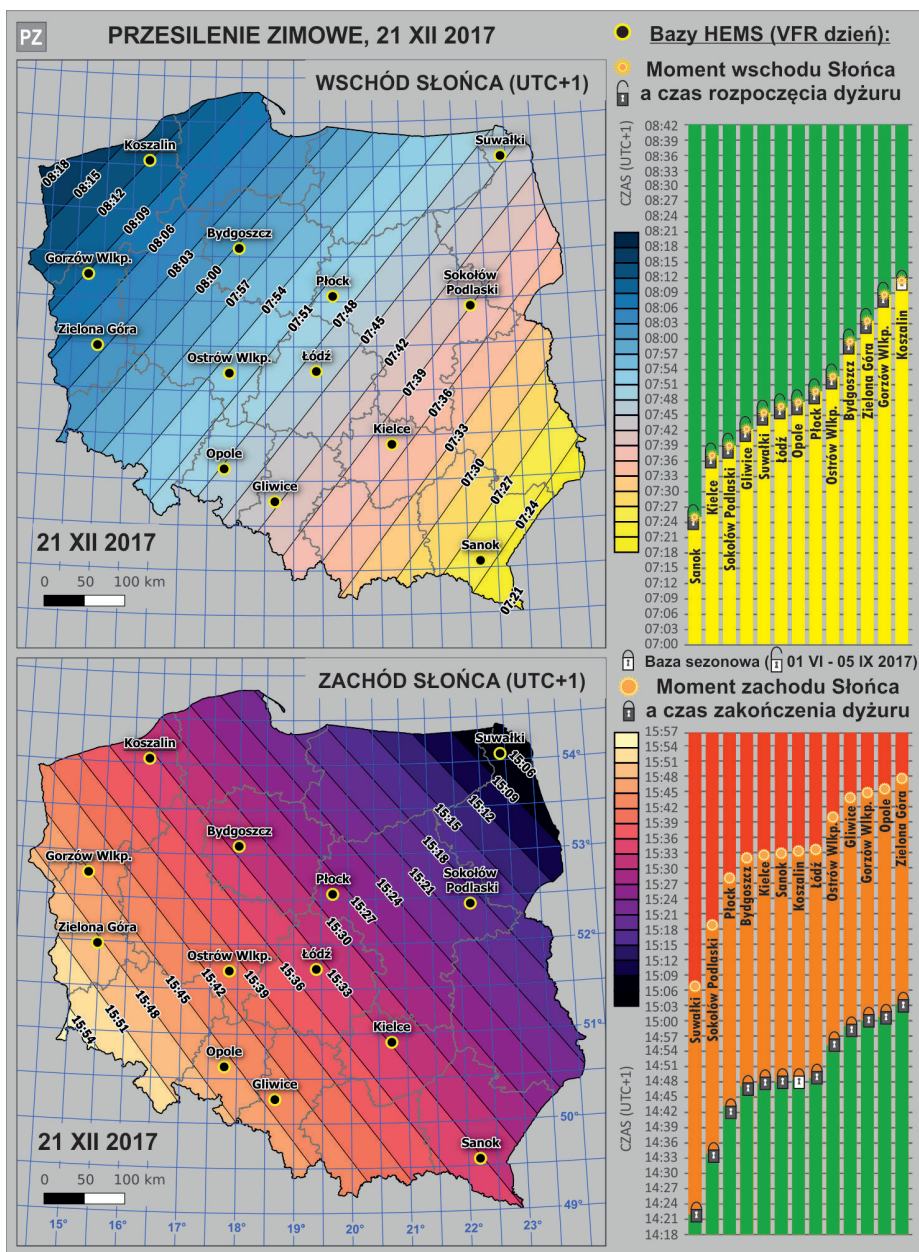
Ryc. 3. Czasy wschodu i zachodu Słońca nad Polską 21.06.2017 r. (w dniu przesilenia letniego) oraz związane z nimi godziny dyżurowania zespołów HEMS pełniących służbę w godzinach od 7:00, lecz nie wcześniej niż od wschodu Słońca, do 45 min przed zachodem Słońca, lecz nie dłużej niż do godziny 20:00

Fig. 3. The sunrise and sunset times over Poland on June 21, 2017 (on the day of the summer solstice) and the related working hours of HEMS units serving from 7:00 AM, but not earlier than from sunrise, up to 45 minutes before sunset, but not later than till 8:00 PM



Ryc. 4. Czas wschodu i zachodu Słońca nad Polską 22.09.2017 r. (w dniu równonocy jesiennej) oraz związane z nimi godziny dyżurowania zespołów HEMS pełniących służbę w godzinach od 7:00, lecz nie wcześniej niż od wschodu Słońca, do 45 min przed zachodem Słońca, lecz nie dłużej niż do godziny 20:00

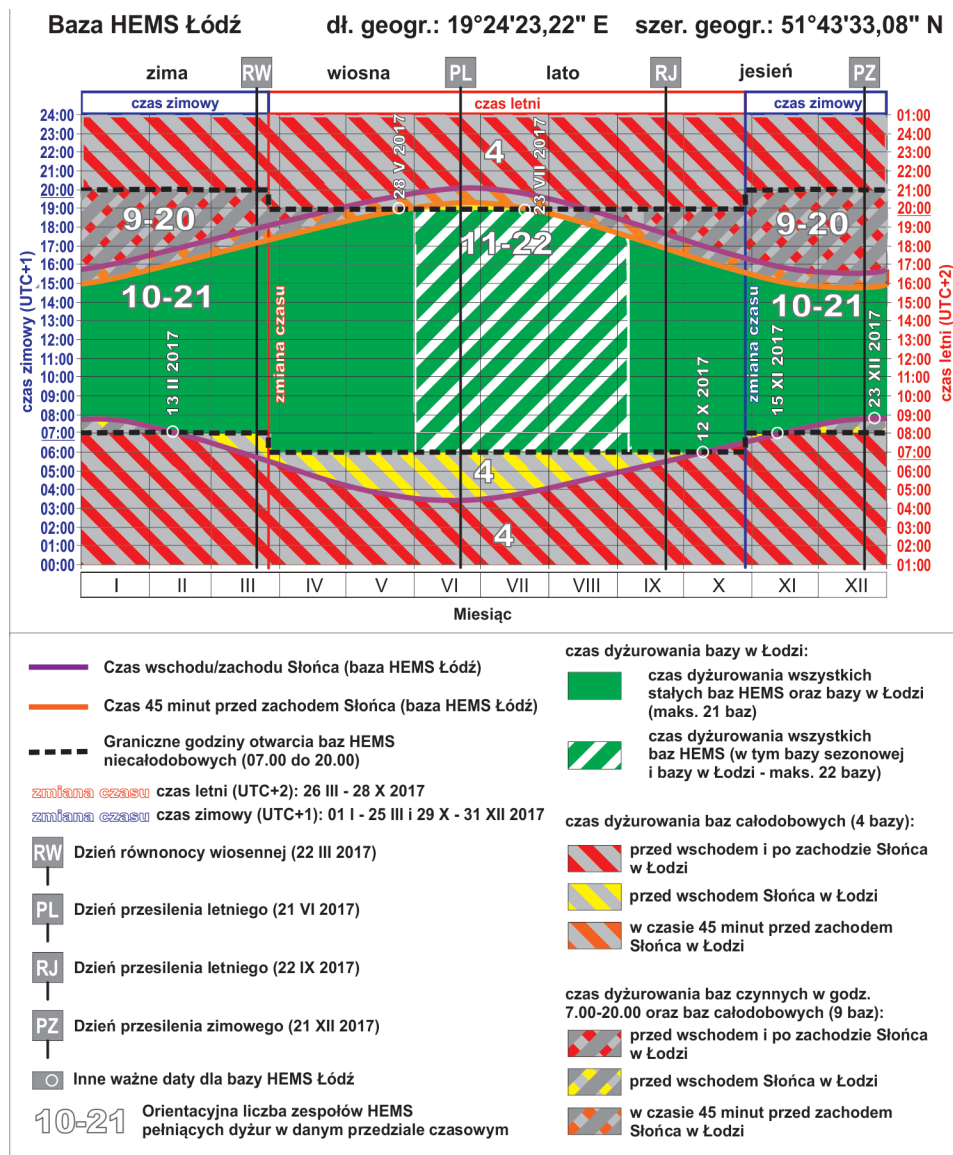
Fig. 4. The sunrise and sunset times over Poland on September 22, 2017 (on the day of the autumn equinox) and the related working hours of HEMS units serving from 7:00 AM, but not earlier than from sunrise, up to 45 minutes before sunset, but not later than till 8:00 PM



Ryc. 5. Czas wschodu i zachodu Słońca nad Polską 21.12.2017 r. (w dniu przesilenia zimowego) oraz związane z nimi godziny dyżurowania zespołów HEMS pełniących służbę w godzinach od 7:00, lecz nie wcześniej niż od wschodu Słońca, do 45 min przed zachodem Słońca, lecz nie dłużej niż do godziny 20:00

Fig. 5. The sunrise and sunset times over Poland on December 21, 2017 (on the day of the winter solstice) and the related working hours of HEMS units serving from 7:00 AM, but not earlier than from sunrise, up to 45 minutes before sunset, but not later than till 8:00 PM

doby (zimowy: UTC+1 kolorem niebieskim po stronie lewej, a letni: UTC+2 kolorem czerwonym po stronie prawej). Dolna fioletowa linia wyznacza godziny wschodu Słońca w ciągu roku dla stacji HEMS w Łodzi, linia fioletowa górna pokazuje czas zachodu Słońca dla tej lokalizacji geograficznej. Pomarańczowa linia



Ryc. 6. Czas dyżurowania i liczba baz HEMS pełniących dyżur w zależności od pory dnia i roku, na przykładzie HEMS Łódź

Fig. 6. On-call time and number of HEMS bases on duty, depending on the time of day and year on the example of HEMS in Lodz

wyznacza czas 45 min przed zachodem Słońca, czyli czas, w którym baza kończy dyżur. Maksymalny możliwy czas pracy (między godz. 7:00 a godz. 20:00) oznaczono czarnymi liniami przerywanymi. Widoczny uskok w przebiegu tych linii wynika ze zmiany czasu z zimowego na letni. Obok terminów równonocy i przesileń oraz zmian czasu na wykres naniesiono inne charakterystyczne daty, ważne dla funkcjonowania tej bazy. I tak w roku 2017, od 1 stycznia do 13 lutego, od 12 do 27 października oraz od 15 listopada do 31 grudnia, dyżur w bazie HEMS w Łodzi rozpoczyna się później niż o godz. 7.00, ponieważ w tym okresie wschód Słońca następuje po tej godzinie. Dzieje się tak przez 107 dni w roku. Najpóźniej dyżur w bazie HEMS w Łodzi rozpoczyna się 23 grudnia (tego dnia Słońce wschodzi tam o godz. 07:47). W pozostałych 258 dniach roku, czyli między 14 lutego i 11 października oraz między 29 października i 14 listopada wschód Słońca następuje przed godz. 7.00, najwcześniej w dniu 17 czerwca (godz. 04:38). W tym okresie baza rozpoczyna swoje funkcjonowanie od godz. 7:00. Najpóźniej, czyli do godz. 20:00, baza HEMS w Łodzi dyżuruje, gdy Słońce zachodzi o 20:45 i później, co ma miejsce w ciągu 57 dni w roku, od 28 maja do 23 lipca. Są to jednocześnie jedyne dni w roku, kiedy dyżur w bazie HEMS w Łodzi odbywa się w stałych godzinach i ma wymiar 13 godzin (od 7:00 do 20:00). Najwcześniej HEMS w Łodzi kończy dyżur w dniu 13 grudnia (o godz. 14:47:06), czyli 45 min przed zachodem Słońca (15:32:06). Najkrótszy, nieco ponad 7-godzinny dyżur baza ta pełni w dniu przesilenia zimowego.

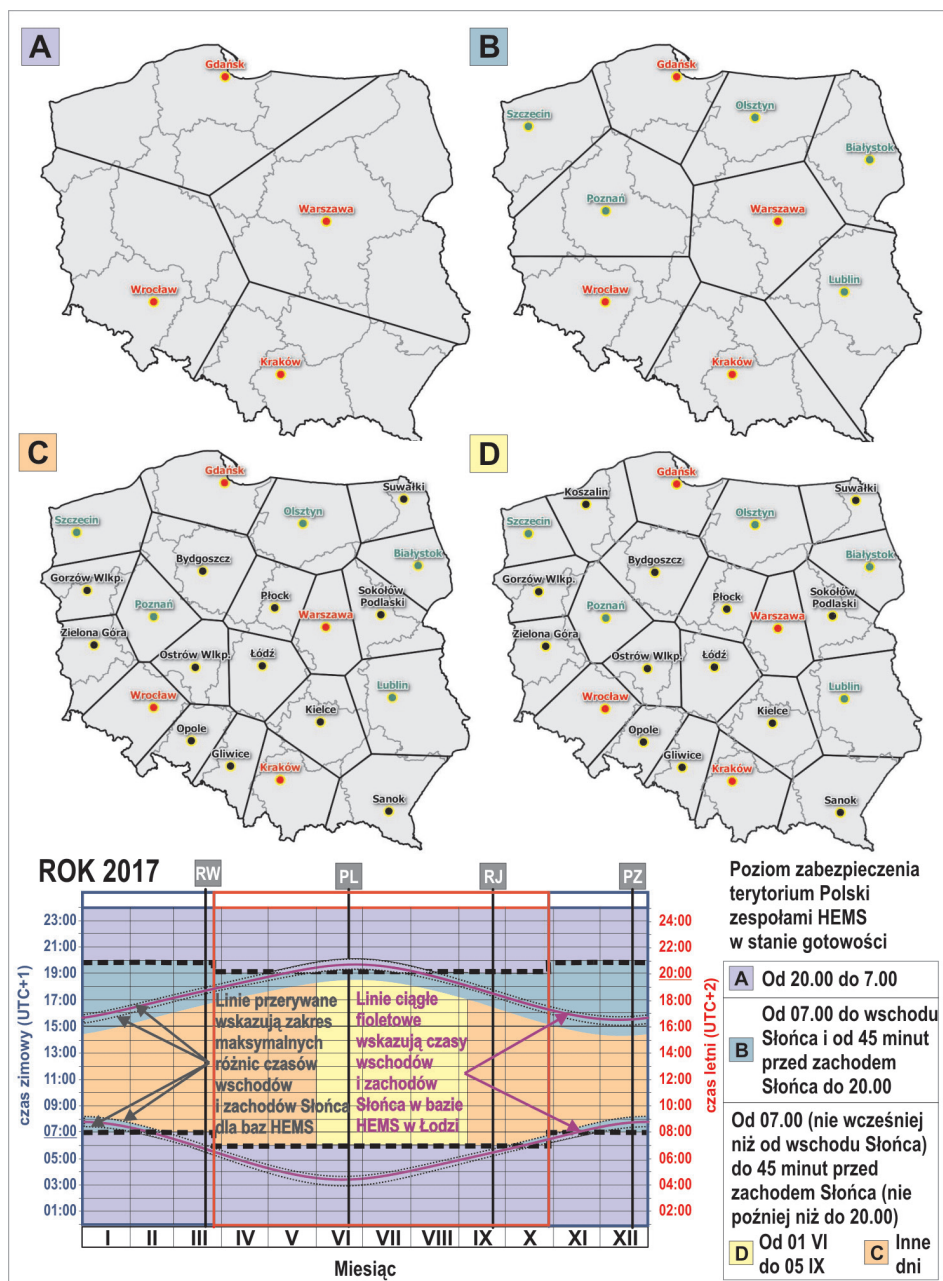
Nawiązując do oznaczeń zastosowanych na rycinach 2–5, przedziały czasu, w których baza HEMS w Łodzi jest otwarta, oznaczono na rycinie 6 wypełnieniem w kolorze zielonym, a te, w których jest zamknięta – deseniami z kolorem żółtym, pomarańczowym i czerwonym (znaczenie tych kolorów jest identyczne jak w przypadku diagramów kolumnowych). Pozostałe składowe deseni dotyczą innych baz, funkcjonujących w czasie zamknięcia bazy w Łodzi. Deseniami z liniami jasnoszarymi oznaczono przedział czasu, w którym dyżur pełnią jedynie cztery bazy całodobowe. Przeplatają się one z czasem zamknięcia innych baz (w tym bazy w Łodzi) oznaczonym kolorem czerwonym. W okresie wiosenno-letnim również rano, między godziną wschodu Słońca w Łodzi a godziną otwarcia pozostałych baz (godz. 7:00), dyżur pełnią tylko te cztery bazy. W zależności od dnia, 45 min przed zachodem Słońca w Łodzi i w czasie do godziny 20:00, otwartych jest od 9 do 20 baz HEMS. Podobnie jest rano – między godziną 7:00 a wschodem Słońca w okresie zimowym. Białą szrafurą poglądowo oznaczono okres, w którym działa baza sezonowa w Koszalinie. W wydzielonych strefach wykresu podano potencjalną liczbę zespołów HEMS pozostających w gotowości do akcji w danym przedziale czasu.

MAPY STOPNIA ZABEZPIECZENIA TERYTORIUM POLSKI ZESPOŁAMI HEMS

Na rycinie 7 pokazano stopień zabezpieczenia terytorium Polski lotniczymi zespołami ratownictwa medycznego w ciągu doby i w ciągu roku. W porze między godziną 20:00 wieczorem a 7:00 rano przez cały rok funkcjonują tylko bazy całodobowe, a optymalne zasięgi działania warunkowane odległością od bazy kształtują się tak jak na rycinie 7A. Wyznaczenie tych obszarów oparto na analizie przestrzennej przeprowadzonej przy użyciu aplikacji QGIS. Są one ograniczane tzw. poligonami Thiessena (diagramami Voronoï), które są wynikiem podziału przestrzeni na wieloboki wypukłe powstające przez przypisanie skończonemu zbiorowi punktów (w tym przypadku baz HEMS) wszystkich lokalizacji znajdujących się najbliżej tych punktów w ciągłej przestrzeni euklidesowej (Kemp 2008). Stan na rycinie 7B, obejmujący bazy całodobowe i te działające w godzinach od 7.00 do 20.00, będzie miał miejsce w okresie zimowym, gdy Słońce wschodzi później niż o godzinie 7.00 oraz w ciągu całego roku późnym popołudniem i wieczorem, gdy zachodzi przed godziną 20:45, a więc w tych przedziałach czasu, gdy nie funkcjonują bazy HEMS uzależnione od wschodów i zachodów Słońca. Najbardziej newralgiczne momenty stanowią godziny między 7:00 i 8:30 rano oraz między 14:15 a 20:00. To wtedy liczba ratowników zmienia się najdynamiczniej w zależności od dnia roku. Na rycinie 7C widoczny jest stan przy maksymalnej liczbie czynnych baz stałych, czyli obejmujący czas między godziną 7:00, lecz nie wcześniej niż od wschodu Słońca, do 45 min przed zachodem Słońca, ale nie później niż do 20:00. Taki poziom zabezpieczenia istnieje między godziną 8:30 i 14:15 w ciągu wszystkich dni w roku. Od 1 czerwca do 5 września dodatkowo działa baza sezonowa i wówczas jest używany najwyższy poziom zabezpieczenia ratunkowego (ryc. 7D).

WNIOSKI

Złożony problem geograficzny, jakim jest zmienność czasu wschodu i zachodu Słońca w ciągu roku, sprawia, że dla niemal każdego dnia i każdej lokalizacji jest inny czas dyżurowania tych baz HEMS, które poza godzinami od 7:00 do 20:00 są ograniczane długością trwania pory dziennej. Obok innych czynników, np. warunków pogodowych, jest to jeden z wielu problemów logistycznych, z którymi musi mierzyć się całe lotnictwo, w tym flota Lotniczego Pogotowia Ratunkowego. Poza koordynacją zadysponowania śmigłowców ważna jest współpraca z naziemnymi zespołami ratownictwa medycznego, co sprawia, że logistyka w tej formacji jest utrzymywana na wysokim poziomie (Hawlena i in. 2014). Lotnicze Pogotowie Ratunkowe na swojej stronie internetowej (www.lpr.com) publikuje mapę, na której w czasie rzeczywistym jest



Ryc. 7. Liczba baz HEMS pełniących dyżur w zależności od pory dnia i roku oraz optymalne obszary ich działania określone najkrótszą odległością od bazy HEMS do potencjalnego miejsca lądowania śmigłowca

Fig. 7. The number of HEMS units on duty, depending on the time of day and year, and the optimal range of their operational regions, determined by the shortest distance from the HEMS base to the potential helicopter landing sites

pokazywany stan zadysponowania poszczególnych jednostek HEMS w podziale na pięć kategorii (w gotowości, lot HEMS, transport międzyszpitalny, zawieszenie dyżuru, po dyżurze).

Na podstawie obliczeń i geowizualizacji opracowanych na potrzeby tej publikacji można wyciągnąć wniosek, że najdynamiczniej na przestrzeni roku zmienia się liczba dyżurujących zespołów HEMS między godziną 14:15 i 20:00. W mniejszym stopniu problem ten dotyczy godzin porannych, ponieważ w większości dni w ciągu roku wschód Słońca ma miejsce przed godz. 7:00, a najpóźniejszy z nich po godzinie 8:00 (w tym przypadku problem zmiennej liczby jednostek zamyka się w jednej godzinie). Godziny zachodu Słońca, od których jest uzależniony czas zamknięcia bazy, wahają się w znacznie większych przedziałach godzinowych.

W tabeli 1 prezentowany jest sumaryczny czas trwania dyżurów baz HEMS ograniczonych wschodem/zachodem Słońca. Najdłuższy dyżur ma miejsce w bazie w Zielonej Górze, a sumaryczny czas dyżurowania w bazie Suwałkach jest o prawie 5 dni krótszy.

Tabela 1. Sumaryczny czas trwania dyżuru baz HEMS, których czas dyżurowania jest ograniczony wschodem/zachodem Słońca

Tabel 1. The total duration of on-call time for HEMS bases with duty limited by sunrise and sunset times

Baza HEMS (czynna od godz. 7.00, lecz nie wcześniej niż od wschodu Słońca, do 45 min przed zachodem, maksymalnie do godz. 20.00) HEMS base (duty from the sunrise but not before 7.00 AM. to 45 minutes before the sunset but not later than till 8.00 PM.)	Sumaryczny czas trwania dyżuru [procent czasu w roku] Total duration of on-call time [percentage of time in the year]	Skrócenie dyżuru w stosunku do bazy o najdłuższym sumarycznym czasie dyżuru (Zielona Góra) Reduction of on-call time to the base of the longest total on-call time (Zielona Góra)		
		liczba dni in days	w godzinach i minutach in hours and minutes	
			godziny in hours	minuty in minutes
Suwałki	42,95	4,89	117	21
Sokołów Podlaski	43,26	3,77	90	25
Sanok	43,47	3,00	71	54
Kielce	43,67	2,27	54	30
Płock	43,69	2,19	52	36
Łódź	43,79	1,80	43	18
Bydgoszcz	43,82	1,72	41	20
Ostrów Wlkp.	44,02	0,97	23	12
Gliwice	44,07	0,79	19	3
Opole	44,16	0,45	10	43
Gorzów Wlkp.	44,19	0,37	8	4
Zielona Góra	44,29	0,00	0	0
Koszalin	13,53	Baza sezonowa (Seasonal HEMS base)		

Zaproponowane mapy i wykresy pozwalają na przedstawienie złożonych danych w przystępny sposób. Graficzne zaprezentowanie teoretycznej gotowości baz HEMS do niesienia pomocy drogą lotniczą w ciągu doby i w skali roku (w praktyce modyfikowanej przez wiele trudnych do przewidzenia czynników) daje obraz stopnia zabezpieczenia terytorium Polski tą formą pomocy medycznej. Geowizualizacje ukazują wpływ przewidywalnych, możliwych do precyzyjnego określenia w czasie zjawisk, jakim są wschód i zachód Słońca, na czas dyżurowania baz HEMS, a ich wzajemne powiązanie daje możliwość pogłębionej analizy tego problemu postrzeganego z różnych perspektyw.

PODSUMOWANIE

Duża liczba czynników, w tym geograficznych, wpływających na działalność służb ratowniczych w czasie i przestrzeni przemawia za wspomaganiem działań tych służb opracowaniami graficznymi, takimi jak geowizualizacje. Ułatwiają one analizę sytuacji i mogą być pomocne na poziomie logistycznym (koordynowanie działań poszczególnych jednostek HEMS) czy planistycznym (np. wybieranie lokalizacji dla dodatkowych baz HEMS lub podejmowanie decyzji o wydłużeniu ich dyżurów). Wyzwaniem, jakie stawiają sobie wszystkie służby ratownicze, jest ciągle doskonalenie sposobu działania. Poszukiwanie efektywnych form wizualizacji danych czasowo-przestrzennych związanych z działalnością tych służb jest jedną z płaszczyzn, która może przyczyniać się do usprawniania ich funkcjonowania.

LITERATURA

- Bauer K., Czaban S.L., Gałązkowski R., Ładny J.R., 2014: *Lotnicze misje ratunkowe poszkodowanych z ciężkimi obrażeniami ciała w latach 2011–2012 w rejonie działania filii Lotniczego Pogotowia Ratunkowego w Białymstoku*, Postępy Nauk Medycznych, XXVII, 1, 55–60.
- Burcharde R.A., 2005: *Towards a Framework and a Model for Knowledge Visualization: Synergies Between Information and Knowledge Visualization*, [w:] S.-O. Tergan, T. Keller (red.), *Knowledge and Information Visualization. Searching for Synergies*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 238–255.
- Choiński A., 2008: *Śmigłowce w zadaniach HEMS (Śmigłowiec Służby Ratownictwa Medycznego)*, Pr. Inst. Lotnictwa, 194–195, 54–57.
- Gałązkowski R., Gawroński Ł., 2010: *Śmigłowiec Lotniczego Pogotowia Ratunkowego EC 135 P2+. Porównanie ze śmigłowcem Mi-2plus*, Techn. i Technol., Kwart., 1, Bezpieczeństwo i Techn. Pożarnicza/Safety & Fire Technique, 87–98.
- Gałązkowski R., Michalak G., 2012: *Model realizacji lotów nocnych wykonywanych przez śmigłowce Lotniczego Pogotowia Ratunkowego*, Med. Og. Nauk Zdr., 18, 4, 383–386.
- Hawlina J., Płatek-Kępińska A., Legwant-Wójcicka M., 2014: *Lotnicze Pogotowie Ratunkowe jako przykład firmy non profit w sektorze usług logistycznych*, Logistyka, 4, 402–410.

- Horbiński T., Medyńska-Gulij B., 2017: *Geovisualisation as a process of creating complementary visualisations: static two-dimensional, surface three-dimensional, and interactive*, Geod. and Cartography, 66, 1, 45–58.
- Karasiński G., 2008: *Spektrofotometria Słońca i nieba w badaniach atmosfery na przykładzie instrumentu CE-318*, Pr. Inst. Elektrotechn., 237, 181–190.
- Kemp K.K., 2008: *Encyclopedia of geographic information science*, Sage Publications, Los Angeles.
- Medyńska-Gulij B., 2015: *Kartografia. Zasady i zastosowania geowizualizacji*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Medyńska-Gulij B., Cybulski P., 2016: *Spatio-temporal dependencies between hospital beds, physicians and health expenditure using visual variables and data classification in statistical table*, Geod. and Cartography, 65, 1, 67–80.
- Medyńska-Gulij B., Dickmann F., Halik Ł., Wielebski Ł., 2015: *Mehrperspektivische Visualisierung von Informationen zum räumlichen Freizeitverhalten. Ein Smartphone-gestützter Ansatz zur Kartographie von Tourismusrouten. Multiperspective visualisation of spatial spare time activities. A smartphone-based approach to mapping tourist routes*, Kartographische Nachrichten, 67, 6, 323–329.
- Pilarska A., 2016: *Logistyka a lokalizacja podmiotów udzielających świadczeń zdrowotnych na przykładzie powiatu świeckiego w świetle analizy GIS*, [w:] J. Feliks (red.), *Wybrane zagadnienia logistyki stosowanej*, t. 4, Wyd. AGH, Kraków, 407–415.
- Pniewski J., 2017: *Tyndall i Rayleigh wokół nas*, Optyka, 45, 2, 66–68.
- Rocznik Astronomiczny na rok 2017, 2016: IGIK, Warszawa.
- Rzońca P., Gałązkowski R., Podgórski M., 2017: *Role of Polish Medical Air Rescue in National Medical Rescue System*, Disaster and Emergency Med. Journ., 2, 2, 64–68.
- Sękowski M., 1994: *Zmienność czasów wschodów i zachodów Słońca na terenie Polski*, Pr. Inst. Geodezji i Kartografii, XLI, 89, 147–156.
- Tyndall J., 1868: *On the Blue Colour of the Sky, the Polarization of Skylight, and on the Polarization of Light by Cloudy Matter Generally*, Proc. of the Royal Soc. of London, 17(1868–1869), 223–233.
- Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym (Dz.U. Nr 191 z 2006 r., poz. 1410).
- <www.cybermoon.pl/programy.html> (strona internetowa „Cybermoon Astronomia”) [dostęp: 21.08.2017].
- <www.lpr.com> (oficjalna strona internetowa Lotniczego Pogotowia Ratunkowego) [dostęp: 20.09.2017].
- Zagury F., 2012: *The Color of the Sky*, Atmospheric and Clim. Sc., 2, 510–517.