

Bartosz Zygmunt

KOREKTA DATY WIELKANOCY W ODPOWIEDZI
NA APEL PAPIEŻA FRANCISZKA O „DATĘ JEDNOŚCI”:
ANALIZA ALGORYTMU C.F. GAUSSA
Z WYKORZYSTANIEM ASTRONOMICZNYCH DANYCH
Z NASA HORIZONS (1900-3000)

WPROWADZENIE

Rok Jubileuszowy 2025 przypada w czasie 1700. rocznicy Soboru Nicejskiego – pierwszego wielkiego soboru powszechnego. Jak zaznaczył papież Franciszek, Sobór ten dążył do zachowania jedności Kościoła w trudnym okresie, a jego Ojcowie jednomyślnie zatwierdzili Credo, które do dziś wielu chrześcijan odmawia podczas niedzielnej Eucharystii. Ojciec Święty zwrócił również uwagę, że w 2025 r. Wielkanoc przypadnie w tym samym dniu zarówno według kalendarza gregoriańskiego, jak i juliańskiego. W związku z tym Biskup Rzymu ponownie wezwał chrześcijan do podjęcia zdecydowanego kroku na drodze ku jedności poprzez ustalenie wspólnej daty świętowania Wielkanocy, którą nazwał „datą jedności”¹.

Spór o datę Wielkanocy trwa niemalże od początku. Należy wspomnieć tutaj spór z kwadrodecymestami z II w., którzy chcieli, żeby uroczystość przypadała 14 nisan, czyli w dniu paschy żydowskiej (w dniu pełni Księ-

KS. DR BARTOSZ ZYGMUNT – Uniwersytet Śląski w Katowicach; adres do korespondencji: ul. Jordana 18, 40-043 Katowice, Polska; e-mail: bartosz.zygmunt@us.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0002-8939-9737>

¹ *Papież apeluje o wspólną datę świętowania Wielkanocy* (25.01.2025), <https://www.vaticannews.va/pl/papiez/news/2025-01/papiez-apeluje-o-wspolna-date-swietowania-wielkanocy.html> [dostęp: 01.02.2025].

Artykuły w czasopiśmie dostępne są na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne – Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe (CC BY-NC-ND 4.0)

życa), a nie w niedzielę upamiętniającą zmartwychwstanie Chrystusa. Nie można pominąć również napięć pomiędzy Aleksandrią a Rzymem (IV-VI w.). Te dwa ośrodki uzgadniały ze sobą daty Wielkanocy, jednak prowadziły oddzielne obliczenia [Naumowicz 2006, 454-65]. Pojawiały się również propozycje wyznaczania „stałej” daty Paschy w kalendarzu słonecznym [Cantalamessa 1997, 215-24].

Sama reguła wyznaczania daty Wielkanocy została podana na pierwszym soborze w Nicei, w roku 325. Nie posiadamy wprawdzie pisemnych, bezpośrednich świadectw o istnieniu takiego postanowienia, lecz prawdopodobnie Ojcowie soborowi przyjęli taką uchwałę ustnie, żeby dzień paschalny świętować zgodnie w wyliczeniach Aleksandrii [Voronov 1971, 177]. Informacje o soborowej regulacji w tej kwestii czerpiemy głównie z listów i przekazów autorów starożytnych, szczególnie z listu cesarza Konstantyna przywołanego przez Euzebiusza z Cezarei [Naumowicz 2006, 462].

Niemniej, przywoływane później założenia Soboru i ich interpretacje kazały kolejno wyznaczać datę Paschy w oparciu o następujące zasady: 1) Wielkanoc ma być obchodzona w całym Kościele w tym samym dniu; 2) uroczystość ma przypadać w niedzielę; 3) Wielkanoc ma być świętowana w niedzielę po pierwszej wiosennej pełni Księżyca (tzw. przesilenie wiosenne później aleksandryjscy astronomowie wyznaczyli na 21 marca); 4) data Wielkanocy nie powinna opierać się na wyliczeniach żydowskich [Ławreszczuk 2012, 222].

Zatwierdzenie jednej metody wyznaczania Wielkanocy zgodnie z soborowymi postanowieniami również nie było proste. Dwa mocne ośrodki naukowe w Rzymie i Aleksandrii prezentowały w swoich tablicach często odmienne daty, co było źródłem konfliktów. Papież Jan I przewidując przyszłe spory, powierzył sprawę mnichowi Dionizemu Mniejszemu, który w roku 525 opracował nową tablicę wielkanocną. Przyjął 19-letni cykl stosowany w Aleksandrii, uznając go za najodpowiedniejszy do obliczania daty Wielkanocy. Kierował się również zasadą, że 14. dzień Księżyca, wyznaczający datę Paschy, nie może przypadać przed równonocą wiosenną. Dodatkowo, zaadaptował aleksandryjską datę graniczną święta – 25 kwietnia. Przyjęcie tej granicznej daty zmniejszyło też napięcia w relacjach z Aleksandrią.

Tablica wielkanocna Dionizego została zaakceptowana we Włoszech i już w VI w. stała się tam oficjalnym systemem, zastępując wcześniejszy rzymski cykl 84-letni oraz tablicę Wiktoriausza. Dzięki temu zarówno Aleksandria, jak i Rzym zaczęły stosować ten sam system wyznaczania daty świąt. Dzieło rzymskiego mnicha przyczyniło się do zakończenia wieloletnich spo-

rów ze Wschodem oraz do ujednolicenia sposobu obliczania daty Wielkanocy w tradycjach rzymskiej i egipskiej [Naumowicz 2006, 468].

Prace Dionizego uporządkował i upowszechnił Bede Venerabilis (Czcigodny) (ok. 673-735) w swoim dziele *De temporum ratione* („O obliczaniu czasu”) [Stadler i Haye 2020]. Jego praca miała ogromne znaczenie, gdyż ujednolicił metody obliczeń, co pozwoliło na szerokie przyjęcie tych samych reguł w obrębie zachodniego chrześcijaństwa [Bede 1999, xviii].

Istotny rozłam we wspólnej dacie Paschy przyniosło wprowadzenie kalendarza gregoriańskiego w roku 1582 przez papieża Grzegorza XIII. W wyniku reformy, bezpośrednio po 4 października nastąpił 15 października tego roku. Wprowadzone zmiany miały na celu dostosowanie roku kalendarzowego do roku zwrotnikowego. Kalendarz juliański, obowiązujący od 45 r. p.n.e., powodował stopniowe narastanie różnicy jednego dnia na 128 lat. Z biegiem czasu, kumulujący się błąd utrudniał precyzyjne wyznaczanie daty Wielkanocy. W celu jego skorygowania, w 1582 r. usunięto dziesięć dni z kalendarza [Szulc 2011, 32].

W Kościele prawosławnym jednak reforma została przez wielu uznana za kolejny krok w kierunku ekspansji Watykanu, dążenie do umocnienia swojej dominacji, podniesienie prestiżu Kościoła łacińskiego [Borkowski 2012, 371]. Patriarcha Konstantynopola, Jeremiasz II Tranos, oficjalnie skrytykował i odrzucił reformę kalendarza. W ogłoszonej przez siebie encyklice zganił również poprawianie tablic paschalnych. Jego zdaniem, „jednostronna decyzja kurii rzymskiej o zmianie sposobu liczenia czasu kolejny raz dała przykład papieskiej hegemonii i stanowiła jawny znak dążenia Kościoła rzymskokatolickiego do zawładnięcia chrześcijańskim światem przy użyciu siły” [Tenże 2013, 80].

Wezwanie do pierwotnej jedności w tym temacie wybrzmiewało wielokrotnie. Należy tu przytoczyć przynajmniej dwa wydarzenia: Sobór Watykański II (1962-1965) oraz konferencję ekumeniczną w Aleppo (1997).

Ojcowie soborowi (1962-1965), w dodatku do konstytucji o Liturgii Świętej, wyrazili gotowość Kościoła rzymskokatolickiego do ustalenia stałej daty Wielkanocy (pod warunkiem zgody innych Kościołów). Nie podano jednak konkretnego rozwiązania, a jedynie ogólną deklarację, że jeśli dojdzie

do zgody ekumenicznej, Kościół rzymskokatolicki nie będzie się temu sprzeciwiał².

Dokument z konferencji Światowej Rady Kościołów w Aleppo z marca 1997 r. jest zapisem współczesnej inicjatywy ekumenicznej dotyczącej ustalenia wspólnej daty Wielkanocy dla wszystkich chrześcijan. Koncepcja zakładała wypełnienie 3 warunków: 1) zachowanie norm I Soboru powszechnego (tj. Pascha musi przypadać w pierwszą niedzielę następującą po pierwszej wiosennej pełni Księżyca); 2) ustalenie, za pomocą najnowszych osiągnięć nauki, aktualnej astronomicznej daty równonocy wiosennej oraz daty pierwszej pełni Księżyca; 3) przyjęcie za podstawę do wyliczeń obserwację nieba prowadzoną z południka przechodzącego przez Jerozolimę, miejsce śmierci i zmartwychwstania Chrystusa [Ławreszczuk 2012, 250]³.

Autor niniejszego artykułu, mając świadomość trudnych sporów historycznych, w 1700. rocznicę Soboru Nicejskiego zachęca do głębszej refleksji nad realną możliwością ustanowienia „daty jedności”. Proponuje w tym celu symulację zmiany tradycyjnej metody obliczeniowej Dionizego Małego (ujętej później przez Gaussa w algorytm matematyczny) na metodę astronomiczną (w nawiązaniu do konferencji w Aleppo), ale z wykorzystaniem udostępnianych przez NASA najnowszych – z roku 2008 – efemeryd o nazwie DE 421. Dane zostały zgromadzone przez Jet Propulsion Laboratory (JPL) – należące do NASA centrum badawcze zajmujące się eksploracją kosmosu, robotyką i technologiami kosmicznymi. JPL jest zarządzane przez California Institute of Technology (Caltech) i znajduje się w Pasadenie, Kalifornia, USA [Folkner, Williams, i Boggs 2009, 1-34]. Uwzględnia się tam dane pochodzące z laserowego pomiaru odległości do Księżyca (LLR) [tamże, 1].

W symulacji zachowujemy tradycję stałej daty równonocy wiosennej ustalonej na 21 marca (inaczej niż w Aleppo, gdzie także ta data ma być ustalona metodami astronomicznymi). Takie rozwiązanie wydaje się bardziej spójne z tradycją oraz kulturowym przyzwyczajeniem do tego, że wiosna kalendarzowa rozpoczyna się właśnie 21 marca. Zgodnie z obliczeniami NASA, astronomiczna wiosna może wypaść nawet 19 marca (np. w roku

² Zob. Sobór Watykański II, *Konstytucja o Liturgii Świętej Sacrosanctum Concilium. Dodatek. Oświadczenie Powszechnego Soboru Watykańskiego II w sprawie reformy kalendarza*, w: Sobór Watykański II, *Konstytucje, dekryty, deklaracje*, Pallottinum, Poznań 2002.

³ Autor mylnie pisze o „równoleżniku” zamiast o „południku”.

2044 astronomiczna równonoc wypadnie 19 marca o 23:21 UTC), co rodziłoby kulturowe kontrowersje.

W naszej symulacji proponujemy posługiwać się czasem uniwersalnym (UTC – Coordinated Universal Time). Jest to standaryzowana wersja czasu uniwersalnego, używana na całym świecie jako oficjalna – oparta na atomowych zegarach. Rozwiązanie z Aleppo – czas południka Jerozolimy, czyli UTC+2 (Israel Standard Time) „promuje” Kościoły wschodnie (Egipt, Grecja, Sudan, Libia). Przyjęcie czasu lokalnego Watykanu (UTC+1) byłoby ukłonem w stronę Kościoła rzymskokatolickiego. Ekumenicznie więc wydaje się, że najmniej konfliktowym rozwiązaniem jest czas uniwersalny (UTC)⁴.

Należy zaproponować również niewielką korektę samej reguły z Nicei, która zaakceptowałaby datę Wielkanocy w dniu pełni Księżyca, gdy ta wypada w niedzielę. Jak wykazały poniższe badania, taka sytuacja i tak występuje czasami w obecnie używanej, tradycyjnej metodzie (tablicach Dionizego), co formalnie jest błędem, czy niezgodnością z założeniami Nicei (w przebadanym okresie 1900-3000 taka sytuacja występuje aż 50 razy). Akceptacja Wielkanocy w dniu pełni spowodowałaby obserwację 99% tarczy Księżyca w czasie celebracji Wigilii Paschalnej zamiast ok. 50%, jak ma to miejsce wielokrotnie przy metodzie obowiązującej.

Ponadto trzeba sugerować w symulacji refleksję nad drugą – opcjonalną korektą reguły z Nicei, która wyznaczałaby Wielkanoc na niedzielę najbliższą pełni, a nie niedzielę po niej. Księżyc widoczny na niebie w momencie celebracji byłby również widoczny niemalże w całości, zamiast tylko w 60% (np. pełnia w poniedziałek, a Wielkanoc dzień wcześniej). Symbolicznie podkreśliłoby to rolę Księżyca jako światła Chrystusa, który pokonuje ciemność (taka sytuacja i tak występuje obecnie, przy tradycyjnej metodzie, dwukrotnie w latach 2491 oraz 2738).

Jak pokażą wyniki symulacji, przyjęcie tych korekt, wyeliminuje oczywiste błędy i urealni symbolikę pełni Księżyca (przy widoczności tarczy >90%, a nie ok. 50%), ale także stworzy szansę na przyjęcie nowej metody i reguły przez wszystkich chrześcijan. Rozwiązanie to wydaje się bardziej realistyczne niż oczekiwanie, że jedna ze stron historycznego sporu przyjmie metodę i regułę drugiej.

Autor, w celu przeprowadzenia badań, opracował własne narzędzie komputerowe (aplikację) wykorzystując język programowania Python oraz dane

⁴ Autor planuje w przyszłości poszerzyć możliwość symulacji o inne strefy czasowe.

NASA Horizons – systemu NASA dostarczającego precyzyjnych danych orbitalnych i efemeryd dla obiektów Układu Słonecznego. Te dane są powszechnie wykorzystywane przez inżynierów do planowania misji kosmicznych, modelowania trajektorii oraz obserwacji astronomicznych. Obecnie zapewniają one najwyższą dostępną precyzję przewidywania faz Księżyca⁵.

Podczas badań posłużono się dwiema metodami obliczeń: a) „Alpha” – pobiera z NASA kąt fazowy Księżyca, następnie ustala moment, w którym kąt jest najbliższy 0 st. (pełnia); b) „Disk” – pobiera z NASA % widocznej tarczy Księżyca, następnie ustala moment maksymalnej widoczności tarczy Księżyca (w okolicach 100%).

Połączenie tych metod daje bardzo wysoką precyzję obliczenia momentu pełni Księżyca (ok. 1 minuty). W swoich badaniach, autor wybrał lata 1900-3000, dając tym samym porównanie ubiegłego wieku oraz całego obecnego tysiąclecia.

1. ALEKSANDRYJSKA (DIONIZYJSKA) METODA OBLICZANIA WIELKANOCY W ALGORYTMIE C.F. GAUSSA (JONESA / BUTCHERA / MEEUSA)

Do wyznaczenia daty Wielkanocy w praktyce potrzebne były tzw. tablice paschalne. Były to zestawy tabel używane do określania Paschy na przestrzeni określonych lat. Ponieważ obliczenia opierały się na cyklach księżycowych i słonecznych, każda tablica obejmowała konkretny przedział czasowy, zazwyczaj odpowiadający jednemu cyklowi paschalnemu. Sytuacja ta radykalnie zmieniła się na początku XIX w. W artykule „Berechnung des Osterfestes (Obliczanie daty Wielkanocy)”, który ukazał się w sierpniu 1800 r., Carl Friedrich Gauss przedstawił niezwykle prosty zestaw reguł arytmetycznych do obliczania daty Wielkanocy w dowolnym roku. Ilustruje to przykładem, dochodząc do wniosku, że „tak więc, na przykład, dla roku 4763 Wielkanoc przypada na... 7 kwietnia...” [Teets 2019, 91-98].

Algorytm Gaussa miał jednak nieścisłości w niektórych latach [tamże, 92]. Był więc wielokrotnie poprawiany przez matematyków. Poniższą me-

⁵ Aplikacja jest udostępniona czytelnikom artykułu w repozytorium GitHub (<http://bartoszzygmunt.pl/easter/1>), z zachętą do osobistych dalszych eksperymentów i modyfikacji symulacji dla stworzenia najlepszego modelu – akceptowalnego przez jak największą część chrześcijan.

todę, wykorzystywaną przy naszej symulacji, podał Spencer Jones w książce *General Astronomy* (s. 73-74 wydania z 1922 r.). Została ona ponownie opublikowana w *Journal of the British Astronomical Association* (tom 88, s. 91 w grudniu 1977), gdzie wspomniano, że opracowano ją w 1876 r. i pojawiła się w *Ecclesiastical Calendar* (Kalendarzu Kościelnym) Butchera [Meeus 1991, 67]. Całą historię algorytmu Gaussa opisał belgijski astronom Jean Meeus w *Astronomical algorithms* [tamże]. W niniejszym artykule, zawsze ilekroć jest mowa o algorytmie Gaussa, chodzi o jego ostateczną, poprawioną wersję opublikowaną przez J. Meeusa w *Astronomical algorithms*.

W przeciwieństwie do wzoru podanego przez Gaussa, ta metoda nie ma wyjątków i obowiązuje dla wszystkich lat w kalendarzu gregoriańskim, czyli od roku 1583. Procedura obliczania daty Wielkanocy jest następująca (transpilacja do języka Python)⁶:

```
year = rok, w którym chcemy obliczyć datę Wielkanocy
a = year % 19 #Oblicza resztę z dzielenia roku przez 19
b = year // 100 #Oblicza liczbę setek w roku (dzielenie całkowite)
c = year % 100 #Oblicza resztę z dzielenia roku przez 100
d = b // 4 # Oblicza liczbę lat przestępnych w setkach (dzielenie całkowite)
e = b % 4 # Oblicza resztę z dzielenia liczby setek przez 4
f = (b + 8) // 25 # Oblicza liczbę lat przestępnych w 25-letnich cyklach
(dzielenie całkowite)
g = (b - f + 1) // 3 #Oblicza liczbę lat przestępnych w 3-letnich cyklach
(dzielenie całkowite)
h = (19 * a + b - d - g + 15) % 30 #Oblicza resztę z dzielenia skompliko-
wanej formuły przez 30
i = c // 4 #Oblicza liczbę lat przestępnych
k = c % 4 #Oblicza resztę z dzielenia liczby lat przez 4
l = (32 + 2 * e + 2 * i - h - k) % 7 #Oblicza resztę z dzielenia skompliko-
wanej formuły przez 7
m = (a + 11 * h + 22 * l) // 451 #Oblicza liczbę lat przestępnych w 451-letnich
cyklach
month = (h + l - 7 * m + 114) // 31 #Oblicza miesiąc Wielkanocy
day = ((h + l - 7 * m + 114) % 31) + 1 #Oblicza dzień Wielkanocy
```

⁶ Czytelnicy mogą testować tę metodę w „Google Colab” po linkiem: <http://bartoszzygmunt.pl/easter/2>.

2. ASTRONOMICZNE PODSTAWY OBLICZANIA PEŁNI KSIĘŻYCA

Pełnia Księżyca w ujęciu astronomicznym to zjawisko wynikające z określonego układu geometrycznego Słońca, Ziemi i Księżyca. Z perspektywy obserwatora na Ziemi tarcza Księżyca znajduje się wówczas w najwyższym stopniu oświetlenia światłem słonecznym.

Zgodnie z definicją stosowaną w astronomii sferycznej, pełnia Księżyca występuje, gdy geocentryczna (tj. liczona względem środka Ziemi) ekliptyczna długość Księżyca różni się dokładnie o 180° od geocentrycznej ekliptycznej długości Słońca. Innymi słowy, z punktu widzenia środka Ziemi, Księżyc znajduje się po przeciwnej stronie nieba niż Słońce. Druga metoda, to analiza kąta fazowego „alpha”, czyli kąta mierzonego między dwoma wektorami: a) Wektor od Księżyca do Słońca, b) Wektor od Księżyca do Ziemi.

Gdy kąt=0 st. – pełnia, kąt=180 st. – nów, kąt=90 st. – pierwsza lub ostatnia kwadra. W naszych obliczeniach skorzystamy z tej właśnie metody – szukamy kąta fazowego najbliższego wartości 0 st.

Ze względu na to, że orbita Księżyca jest nachylona do płaszczyzny ekliptyki pod kątem około 5° , całkowite zaćmienie Księżyca nie występuje podczas każdej pełni. Aby do niego doszło, Księżyc musi dodatkowo przecinać płaszczyznę ekliptyki, co zdarza się tylko w określonych warunkach [Meeus 1991, 349].

W naszej symulacji, procedura obliczenia pełni Księżyca jest następująca:

1. Za pomocą algorytmu Gaussa, w wersji opublikowanej przez Meeusa, obliczamy datę Wielkanocy na dany rok (w pętli od 1900 do 3000).

2. Wychodząc od tej daty (godzina 0:00), pobieramy z NASA Horizons wartości kąta fazowego, cofamy się w czasie co godzinę szukając wartości najmniejszej – bliskiej 0 st. Tak samo robimy z wartością procentowej iluminacji tarczy Księżyca z perspektywy Ziemi (geocentrycznie). Szukamy wartości największej – ok. 100%. Po znalezieniu maksimum, ostatnią godzinę przeszukujemy raz jeszcze z rozdzielczością 1 minuty, dla jak największej precyzji wyniku.

3. Po znalezieniu astronomicznej pełni Księżyca przed datą Wielkanocy (wyznaczoną algorytmem Gaussa), tą samą metodą szukamy pełni w dniu Wielkanocy lub później. Jak zobaczymy w wynikach badań, ta operacja wykazuje nam wielokrotne błędy i nieścisłości współcześnie stosowanego algorytmu.

4. Obliczone dane gromadzimy w arkuszu Excel dla prezentacji i analizy otrzymanych danych (Pełny arkusz obliczeń „xls” jest udostępniony czytelnikom).

nikom dla własnych analiz i modyfikacji symulacji pod linkiem: <http://bartoszzygmunt.pl/easter/3>).

3. PORÓWNANIE DAT WIELKANOCY OBLICZONYCH ALGORYTMEM GAUSSA (JONESA / BUTCHERA / MEEUSA) Z DATAMI OBLICZONYMI NA PODSTAWIE NAJNOWSZYCH EFEMERYD UDOSTĘPNIONYCH PRZEZ NASA HORIZONS W OKRESIE 1900-3000

Poniżej przedstawiamy chronologiczną tabelę porównującą daty Wielkanocy obliczone algorytmem C.F. Gaussa (z późniejszymi poprawkami) z datami wyliczonymi na podstawie efemeryd NASA Horizons. Tutaj publikujemy wybrane daty z okresu 2000-2100⁷.

Kolumny od lewej oznaczają kolejno:

a) datę Wielkanocy obliczoną algorytmem Gaussa – data oraz % widocznej tarczy Księżyca o północy (0:00) w tym dniu (powrót wiernych z Wigilii Paschalnej),

b) druga część od lewej to data i godzina najbliższej pełni Księżyca przed datą Wielkanocy. Szukamy od północy w przeszłość, aż do znalezienia. Mniejsze kolumny oznaczają kolejno: dzień tygodnia, Δ – deltę (różnicę) w dniach między Wielkanocą a dniem pełni (-2 oznacza, że pełnia jest 2 dni przed Wielkanocą, czyli w piątek), % – czyli procent widocznej z ziemi (geocentrycznie) tarczy Księżyca (100% oznacza cały Księżyc – możliwe zaćmienie, najczęściej pełnia bez zaćmienia to ok. 99 %),

c) trzecia część od lewej to data i godzina pełni Księżyca szukana w dniu Wielkanocy lub później. To wyliczenie przyda się bardzo przy omawianiu błędów, czy problemów algorytmu Gaussa,

d) czwarta część od lewej, to symulacja przeniesienia Wielkanocy o tydzień wcześniej. Wyliczenie to przyda się bardzo przy omawianiu błędów, czy problemów algorytmu Gaussa. W mniejszych kolumnach kolejno: data Wielkanocy (przesunięta o tydzień w przeszłość), % widocznej tarczy Księżyca, Δ % – czyli procentowa różnica widocznej tarczy Księżyca po korekcie daty (przesunięciu Wielkanocy o tydzień).

⁷ Cały zakres (1900-3000) dostępny jest dla czytelników: <http://bartoszzygmunt.pl/easter/4>.

Tabela nr 1.

Data tradycyjna		Najbliższa pełnia przed Wielkanocą			Pełnia w dniu Wielkanocy lub później			Wielkanoc tydzień wcześniej		
Data	%	Data	Δ	%	Data	Δ	%	Data	%	Δ %
2000-04-23	83,14	2000-04-18 17:42	wt -5	99,81	2000-05-18 8:03	cz 25	99,86	2000-04-16	91,71	8,57
2001-04-15	56,29	2001-04-08 3:30	n -7	99,81	2001-05-07 14:21	pn 22	99,88	2001-04-08	99,79	43,50
2002-03-31	92,63	2002-03-28 18:39	cz -3	99,83	2002-04-27 3:26	so 27	99,91	2002-03-24	70,24	-22,39
2003-04-20	85,58	2003-04-16 20:00	śr -4	99,94	2003-05-16 3:41	pt 26	100,00	2003-04-13	80,23	-5,35
2004-04-11	63,20	2004-04-05 11:25	pn -6	99,96	2004-05-04 20:31	wt 23	100,00	2004-04-04	97,15	33,95
2005-03-27	98,64	2005-03-25 21:17	pt -2	99,98	2005-04-24 9:56	n 28	99,99	2005-03-20	70,32	-28,32
2006-04-16	94,67	2006-04-13 16:20	cz -3	99,98	2006-05-13 6:22	so 27	99,89	2006-04-09	81,19	-13,48
2007-04-08	76,52	2007-04-02 16:48	pn -6	99,96	2007-05-02 9:41	śr 24	99,86	2007-04-01	97,38	20,86
2008-03-23	98,42	2008-03-21 18:11	pt -2	99,94	2008-04-20 10:02	n 28	99,84	2008-03-16	67,19	-31,23
2009-04-12	93,85	2009-04-09 14:42	cz -3	99,82	2009-05-09 4:18	so 27	99,82	2009-04-05	76,05	-17,81
2010-04-04	72,97	2010-03-30 2:19	wt -5	99,81	2010-04-28 12:39	śr 24	99,84	2010-03-28	93,60	20,63
2011-04-24	61,33	2011-04-18 3:07	pn -6	99,86	2011-05-17 11:31	wt 23	99,96	2011-04-17	97,93	36,60
2012-04-08	97,79	2012-04-06 19:44	pt -2	99,89	2012-05-06 3:52	n 28	99,98	2012-04-01	61,94	-35,85
2013-03-31	83,75	2013-03-27 9:56	śr -4	99,91	2013-04-25 20:08	cz 25	99,99	2013-03-24	87,05	3,30
2014-04-20	75,54	2014-04-15 7:46	wt -5	100,00	2014-05-14 18:54	śr 24	99,96	2014-04-13	94,33	18,80
2015-04-05	99,77	2015-04-04 12:01	so -1	100,00	2015-05-04 3:14	pn 29	99,94	2015-03-29	66,41	-33,36
2016-03-27	89,36	2016-03-23 11:48	śr -4	99,99	2016-04-22 4:51	pt 26	99,91	2016-03-20	88,94	-0,42
2017-04-16	80,49	2017-04-11 5:38	wt -5	99,89	2017-05-10 21:33	śr 24	99,82	2017-04-09	94,96	14,47
2018-04-01	99,57	2018-03-31 12:13	so -1	99,86	2018-04-30 0:58	pn 29	99,81	2018-03-25	54,13	-45,44
2019-04-21	96,80	2019-04-19 11:20	pt -2	99,81	2019-05-18 21:40	so 27	99,88	2019-04-14	63,67	-33,13
2020-04-12	79,67	2020-04-08 2:49	śr -4	99,82	2020-05-07 11:12	cz 25	99,91	2020-04-05	85,91	6,23
2021-04-04	54,75	2021-03-28 19:08	n -7	99,84	2021-04-27 3:56	wt 23	99,94	2021-03-28	98,93	44,18
2022-04-17	99,91	2022-04-16 19:18	so -1	99,96	2022-05-16 4:12	pn 29	100,00	2022-04-10	56,96	-42,94
2023-04-09	91,53	2023-04-06 4:54	cz -3	99,98	2023-05-05 17:24	pt 26	99,99	2023-04-02	83,75	-7,78
2024-03-31	71,92	2024-03-25 7:14	pn -6	99,99	2024-04-23 23:30	wt 23	99,98	2024-03-24	98,48	26,56
2025-04-20	61,01	2025-04-12 23:56	so -8	99,96	2025-05-12 16:27	pn 22	99,87	2025-04-13	99,96	38,95
2026-04-05	91,83	2026-04-02 1:44	cz -3	99,94	2026-05-01 17:00	pt 26	99,84	2026-03-29	82,74	-9,09
2027-03-28	69,16	2027-03-22 10:17	pn -6	99,91	2027-04-20 22:12	wt 23	99,83	2027-03-21	97,22	28,06
2028-04-16	56,84	2028-04-09 10:20	n -7	99,81	2028-05-08 20:09	pn 22	99,84	2028-04-09	99,55	42,70
2029-04-01	94,40	2029-03-30 2:27	pt -2	99,81	2029-04-28 11:00	so 27	99,86	2029-03-25	67,55	-26,84
2030-04-21	88,22	2030-04-18 3:46	cz -3	99,89	2030-05-17 11:37	pt 26	99,98	2030-04-14	78,16	-10,06
2031-04-13	67,48	2031-04-07 17:50	pn -6	99,91	2031-05-07 3:52	śr 24	99,99	2031-04-06	96,33	28,84
2034-04-09	77,54	2034-04-03 19:07	pn -6	99,99	2034-05-03 11:44	śr 24	99,91	2034-04-02	97,02	19,48
2038-04-25	63,15	2038-04-19 10:49	pn -6	99,82	2038-05-18 18:50	wt 23	99,91	2038-04-18	96,62	33,47
2045-04-09	53,25	2045-04-01 18:17	so -8	99,91	2045-05-01 5:37	pn 22	99,83	2045-04-02	99,84	46,59
2048-04-05	58,65	2048-03-30 2:13	pn -6	99,81	2048-04-28 11:39	wt 23	99,88	2048-03-29	98,23	39,58
2049-04-18	99,91	2049-03-19 12:41	pt -30	99,83	2049-04-18 1:34	n 0	99,91	2049-04-11	56,63	-43,27
2051-04-02	73,74	2051-03-27 9:29	pn -6	99,96	2051-04-26 2:16	śr 24	100,00	2051-03-26	98,23	24,49
2052-04-21	62,52	2052-04-14 2:18	n -7	99,99	2052-05-13 18:28	pn 22	99,92	2052-04-14	99,98	37,47
2054-03-29	69,93	2054-03-23 17:01	pn -6	99,96	2054-04-22 3:38	śr 24	99,86	2054-03-22	95,86	25,93
2055-04-18	57,84	2055-04-11 17:41	n -7	99,84	2055-05-11 2:39	wt 23	99,81	2055-04-11	99,03	41,18
2058-04-14	71,57	2058-04-08 23:23	pn -6	99,86	2058-05-08 10:36	śr 24	99,96	2058-04-07	95,66	24,08
2061-04-10	78,19	2061-04-04 21:54	pn -6	100,00	2061-05-04 13:49	śr 24	99,96	2061-04-03	96,44	18,25
2065-03-29	50,32	2065-03-22 9:35	n -7	99,86	2065-04-20 18:37	pn 22	99,81	2065-03-22	99,63	49,31
2069-04-14	57,65	2069-04-06 16:42	so -8	99,96	2069-05-06 9:10	pn 22	100,00	2069-04-07	99,88	42,23
2072-04-10	53,72	2072-04-03 1:06	n -7	99,96	2072-05-02 11:10	pn 22	99,87	2072-04-03	99,96	46,24
2075-04-07	62,89	2075-04-01 8:39	pn -6	99,81	2075-04-30 18:58	wt 23	99,84	2075-03-31	97,56	34,66
2076-04-19	99,77	2076-03-20 16:39	pt -30	99,81	2076-04-19 6:57	n 0	99,86	2076-04-12	56,41	-43,35
2079-04-23	63,48	2079-04-16 5:10	n -7	100,00	2079-05-15 20:35	pn 22	99,97	2079-04-16	99,95	36,47
2089-04-03	50,38	2089-03-26 9:34	so -8	99,99	2089-04-24 21:08	n 21	99,98	2089-03-27	99,53	49,15
2092-03-30	54,04	2092-03-23 16:52	n -7	99,91	2092-04-22 2:18	wt 23	99,83	2092-03-23	99,24	45,19
2096-04-15	59,42	2096-04-07 18:54	so -8	99,91	2096-05-07 11:24	pn 22	99,99	2096-04-08	99,87	40,44
2099-04-12	54,59	2099-04-05 8:30	n -7	99,99	2099-05-04 17:35	pn 22	99,92	2099-04-05	99,81	45,21

4. ANALIZA BŁĘDÓW / PROBLEMÓW WYKRYTYCH W TRADYCYJNEJ METODZIE OBLICZANIA DATY WIELKANOCY (POPRZEZ ALGORYTM GAUSSA) ORAZ PROPOZYCJA KOREKTY

Problem 1 – Pełnia przed Wielkanocą (WLK) wypada przed 21 marca, a następna pełnia jest w dniu WLK – w niedzielę. Zgodnie z regułą WLK powinna być tydzień później (50 przypadków)⁸.

Tabela nr 2.

Data WLK tradycyjna (w dniu pełni - niezgodnie z założeniami Nicei)		Pełnia przed WLK				Pełnia w dniu WLK lub później				Data WLK po pełni - zgodnie z Niceą, a niezgodnie z obowiązującymi tablicami paschalnymi		
Data WLK tradycyjna	% tarczy	Data pełni przed WLK (UTC)		Δ	% tarczy	Data kolejnej pełni		Δ	% tarczy	WLK tydzień później (zgodnie z regułą)	% tarczy	Δ %
1981-04-19	99,72	1981-03-20 14:52	pt	-30	99,88	1981-04-19 7:51	n	0	99,81	1981-04-26	64,40	-35,32
2049-04-18	99,91	2049-03-19 12:41	pt	-30	99,83	2049-04-18 1:34	n	0	99,91	2049-04-25	48,78	-51,13
2076-04-19	99,77	2076-03-20 16:39	pt	-30	99,81	2076-04-19 6:57	n	0	99,86	2076-04-26	53,33	-46,44
2106-04-18	99,84	2106-03-19 19:05	pt	-30	99,88	2106-04-18 8:45	n	0	99,98	2106-04-25	64,05	-35,79
2147-04-16	99,88	2147-03-17 11:36	pt	-30	99,98	2147-04-16 2:45	n	0	99,89	2147-04-23	53,07	-46,81
2150-04-12	99,82	2150-03-13 9:59	pt	-30	99,83	2150-04-12 0:35	n	0	99,82	2150-04-19	61,20	-38,62

Ustalenie daty WLK zgodnie z regułą, ale po poprawce algorytmu skutkuje obniżeniem się widocznego % tarczy Księżyca średnio o 43,14%. Rozsądna byłaby korekta samej reguły: akceptacja daty WLK w dniu pełni w niedzielę (w nie 7 dni później) – % widocznej tarczy Księżyca średnio: 99,73%.

Problem 2 – Pełnia przed WLK wypada przed 21 marca, a następna pełnia jest dzień po WLK – w poniedziałek. Zgodnie z regułą WLK powinna być tydzień później (2 przypadki).

⁸ Cały zakres danych dostępny jest pod linkiem: <http://bartoszygmunt.pl/easter/5>.

Tabela nr 3.

Data WLK tradycyjna		Pełnia przed WLK				Pełnia w dniu WLK lub później				Data WLK po pełni - zgodnie z Niceą		
Data WLK tradycyjna	% tarczy	Data pełni przed WLK (UTC)		Δ	% tarczy	Data kolejnej pełni		Δ	% tarczy	WLK tydzień później (zgodnie z regułą)	% tarczy	Δ %
2491-03-25	98,15	2491-02-24 16:09	so	-29	100,00	2491-03-26 6:06	pn	1	99,97	2491-04-01	62,86	-35,29
2738-03-27	98,15	2738-02-26 14:53	so	-29	99,81	2738-03-28 3:06	pn	1	99,86	2738-04-03	58,99	-39,16

Ustalenie daty WLK zgodnie z regułą, ale po poprawce algorytmu skutkuje obniżeniem się widocznego % tarczy Księżyca średnio o 37,23%. Rozsądna byłaby korekta samej reguły: akceptacja daty WLK dzień przed pełnią (w nie 6 dni później) – % widocznej tarczy Księżyca średnio: 98,15%.

Problem 3 – Pełnia przed WLK wypada 21 marca w sobotę. Zgodnie z regułą WLK powinna być 22 marca w niedzielę, czyli 28 dni wcześniej (1 przypadek).

Tabela nr 4.

Data WLK tradycyjna		Pełnia przed WLK				Pełnia w dniu WLK lub później				Data WLK po pełni - zgodnie z Niceą, a niezgodnie z obowiązującymi tablicami paschalnymi		
Data WLK tradycyjna	% tarczy	Data pełni przed WLK (UTC)		Δ	% tarczy	Data kolejnej pełni		Δ	% tarczy	WLK tydzień później (zgodnie z regułą)	% tarczy	Δ %
2133-04-19	99,59	2133-03-21 0:42	so	-29	99,84	2133-04-19 13:07	n	0	99,93	2133-03-22	98,68	-0,91

Ustalenie daty WLK zgodnie z regułą, ale po poprawce algorytmu skutkuje niemalże brakiem zmian widocznego % tarczy Księżyca – średnio 0,91%. Rozsądna byłaby korekta algorytmu – wyliczenie WLK zaraz po pierwszej wiosennej pełni – 22 marca, a nie 19 kwietnia – w dniu kolejnej wiosennej pełni.

Problem 4 – Tradycyjny algorytm wylicza Wielkanoc 8 dni po pełni, (która jest w sobotę) zamiast następnego dnia – 1 dzień po pełni (19 przypadków)⁹.

⁹ Cały zakres danych jest dostępny po linkiem: <http://bartoszzygmunt.pl/easter/6>.

Tabela nr 5.

Data WLK tradycyjna		Pełnia przed WLK					Pełnia w dniu WLK lub później				Data WLK po pełni - zgodnie z Niceą, a niezgodnie z obowiązującymi tablicami paschalnymi		
Data WLK tradycyjna	% tarczy	Data pełni przed WLK (UTC)		Δ	% tarczy	Data kolejnej pełni		Δ	% tarczy	WLK tydzień później (zgodnie z regułą)	% tarczy	Δ %	
1974-04-14	56,02	1974-04-06 21:22	so	-8	99,84	1974-05-06 9:24	pn	22	99,94	1974-04-07	99,83	43,81	
2025-04-20	61,01	2025-04-12 23:56	so	-8	99,96	2025-05-12 16:27	pn	22	99,87	2025-04-13	99,96	38,95	
2045-04-09	53,25	2045-04-01 18:17	so	-8	99,91	2045-05-01 5:37	pn	22	99,83	2045-04-02	99,84	46,59	
2069-04-14	57,65	2069-04-06 16:42	so	-8	99,96	2069-05-06 9:10	pn	22	100,00	2069-04-07	99,88	42,23	
2089-04-03	50,38	2089-03-26 9:34	so	-8	99,99	2089-04-24 21:08	so	21	99,98	2089-03-27	99,53	49,15	
2096-04-15	59,42	2096-04-07 18:54	so	-8	99,91	2096-05-07 11:24	pn	22	99,99	2096-04-08	99,87	40,44	

Rozsądna byłaby korekta algorytmu, wyliczająca WLK na 1 dzień po pełni przypadającej w sobotę (zgodnie z założeniami Nicei). Tarcza Księżycy po korekcie będzie widoczna bardziej o średnio: 43,70%.

Problem 5 – Tradycyjny algorytm poprawnie wylicza WLK zgodnie z regułą, jednak na niebie widać tylko niewiele ponad połowę tarczy Księżycy, średnio: 58,93% (87 przypadków)¹⁰.

Tabela nr 6.

Data WLK tradycyjna		Pełnia przed WLK					Pełnia w dniu WLK lub później					Data WLK w dniu pełni (po korekcie)		
Data WLK tradycyjna	% tarczy	Data pełni przed WLK (UTC)		Δ	% tarczy	Data kolejnej pełni		Δ	% tarczy	WLK tydzień wcześniej	% tarczy	Δ %		
2001-04-15	56,29	2001-04-08 3:30	n	-7	99,81	2001-05-07 14:21	pn	22	99,88	2001-04-08	99,79	43,50		
2021-04-04	54,75	2021-03-28 19:08	n	-7	99,84	2021-04-27 3:56	wt	23	99,94	2021-03-28	98,93	44,18		
2028-04-16	56,84	2028-04-09 10:20	n	-7	99,81	2028-05-08 20:09	pn	22	99,84	2028-04-09	99,55	42,70		
2052-04-21	62,52	2052-04-14 2:18	n	-7	99,99	2052-05-13 18:28	pn	22	99,92	2052-04-14	99,98	37,47		
2055-04-18	57,84	2055-04-11 17:41	n	-7	99,84	2055-05-11 2:39	wt	23	99,81	2055-04-11	99,03	41,18		
2065-03-29	50,32	2065-03-22 9:35	n	-7	99,86	2065-04-20 18:37	pn	22	99,81	2065-03-22	99,63	49,31		

Rozsądna byłaby korekta reguły, która zaakceptowałaby WLK w dniu pełni w niedzielę, a nie 7 dni po. Przyrost widocznej tarczy Księżycy to średnio: 40,55%. Taka sytuacja i tak ma miejsce przy tradycyjnym sposobie obliczania WLK (problem nr 1).

¹⁰ Cały zakres danych jest dostępny po linkiem: <http://bartoszygmunt.pl/easter/7>.

Problem 6 – Analizowane przypadki to sytuacja, w której pełnia przypada w poniedziałek lub wtorek. Tradycyjny algorytm poprawnie wylicza WLK zgodnie z regułą, jednak na niebie widać tylko średnio 73,81% tarczy Księżyca (69% – gdy pełnia jest w poniedziałek, 78% – gdy pełnia jest we wtorek – łącznie 293 przypadki)¹¹.

Tabela nr 7.

Data WLK tradycyjna		Pełnia przed WLK				Pełnia w dniu WLK lub później				Data WLK tydzień wcześniej (po korekcie)		
Data WLK tradycyjna	% tarczy	Data pełni przed WLK (UTC)		Δ	% tarczy	Data kolejnej pełni		Δ	% tarczy	WLK tydzień wcześniej	% tarczy	Δ %
2007-04-08	76,52	2007-04-02 16:48	pn	-6	99,96	2007-05-02 9:41	śr	24	99,86	2007-04-01	97,38	20,86
2011-04-24	61,33	2011-04-18 3:07	pn	-6	99,86	2011-05-17 11:31	wt	23	99,96	2011-04-17	97,93	36,60
2024-03-31	71,92	2024-03-25 7:14	pn	-6	99,99	2024-04-23 23:30	wt	23	99,98	2024-03-24	98,48	26,56
2000-04-23	83,14	2000-04-18 17:42	wt	-5	99,81	2000-05-18 8:03	cz	25	99,86	2000-04-16	91,71	8,57
2010-04-04	72,97	2010-03-30 2:19	wt	-5	99,81	2010-04-28 12:39	śr	24	99,84	2010-03-28	93,60	20,63
2014-04-20	75,54	2014-04-15 7:46	wt	-5	100,00	2014-05-14 18:54	śr	24	99,96	2014-04-13	94,33	18,80
2017-04-16	80,49	2017-04-11 5:38	wt	-5	99,89	2017-05-10 21:33	śr	24	99,82	2017-04-09	94,96	14,47

Algorytm poprawnie wylicza daty WLK, zgodnie z Niceą, z optymalną widocznością tarczy Księżyca w 609 przypadkach.

Analiza danych wygenerowanych poprzez algorytm Gaussa (z wszystkimi późniejszymi poprawkami) oraz analiza danych astronomicznych pobranych z laboratorium NASA (JPL) w przedziale czasowym 1900-3000, pokazuje:

- w 50 przypadkach błąd algorytmu – niezgodność z regułą Nicei – Wielkanoc przypada w dniu pełni, zamiast tydzień później,
- w 2 przypadkach Wielkanoc przypada dzień przed pełnią, zamiast 6 dni po niej,
- w 1 przypadku Wielkanoc przypada aż 29 dni po pełni, zamiast 1 dzień po niej,
- w 19 przypadkach Wielkanoc przypada 8 dni po pełni, zamiast 1 dzień po niej,
- w 87 przypadkach algorytm poprawnie wylicza Wielkanoc, natomiast pełnia wypada w niedzielę, a Wielkanoc tydzień później. Na niebie widać tylko połowę Księżyca, zamiast pełni. Potrzebna jest tu dyskusja nad możliwością zmiany reguły z Nicei, która by zaakceptowała Wielkanoc w dniu

¹¹ Cały zakres danych jest dostępny po linkiem: <http://bartoszygmunt.pl/easter/8>.

pełni (gdy ta wypadnie w niedzielę). Taka sytuacja i tak ma miejsce w 50 przypadkach w dzisiejszym, tradycyjnym sposobie obliczeń,

f) w 293 przypadkach, gdy pełnia wypada w poniedziałek lub wtorek, algorytm wylicza poprawnie datę Wielkanocy, ale na niebie widać średnio tylko 73% tarczy Księżyca. Potrzebna jest dyskusja nad możliwością zmiany reguły z Nicei, która by zaakceptowała Wielkanoc dzień lub 2 dni przed pełnią. Taka sytuacja i tak ma miejsce w 2 przypadkach przy obecnym algorytmie,

g) w 609 przypadkach algorytm oblicza Wielkanoc poprawnie i optymalnie pod kątem oświetlenia Księżyca widzianego z Ziemi.

ZAKOŃCZENIE: HISTORYCZNA SZANSA NA „DATEJ JEDNOŚCI”

Papież Franciszek, na zakończenie tygodnia ekumenicznego przypomniał, że w roku bieżącym (2025) świętujemy 1700. rocznicę Soboru Nicejskiego (325), który dążył do zachowania jedności całego Kościoła w trudnym okresie. Czasy współczesne z pewnością nie należą do łatwych, stąd wezwanie do podjęcia zdecydowanych kroków na drodze ku jedności przez ustalenie wspólnej daty świętowania Wielkanocy, nazwanej przez Piotra naszych czasów „datą jedności”.

Spory o datę Wielkanocy toczyły się już od początku historii chrześcijaństwa, co może być oznaką rangi tej sprawy, a także, jakiejś formy duchowej walki o to, co najważniejsze – wspólne świadectwo świata chrześcijańskiego, że Jezus z Nazaretu, zwany Chrystusem, zmartwychwstał. Podział chrześcijaństwa mocno osłabia to przesłanie.

Artykuł jest próbą praktycznej odpowiedzi na wezwanie Franciszka, poprzez analizę tradycyjnej metody obliczania daty Wielkanocy za pomocą nowoczesnych, astronomicznych i informatycznych narzędzi oraz danych udostępnionych przez jedno z największych centrów badawczych – NASA. Badania wykazały, że algorytm wyznaczania daty Wielkanocy ustalony najpierw przez astronomów z Aleksandrii (na podstawie założeń Nicei), później poprawiony przez Dionizego Mniejszego (525), następnie ujęty w kilkanaście prostych działań matematycznych przez C.F. Gaussa, skorygowany przez S. Jonesa, J. Butchera i opublikowany ostatecznie przez J. Meussa – zawiera niezgodności z rzeczywistością astronomiczną – tym co widzimy na niebie.

W liturgii Kościoła prawdziwość symboli jest niezwykle ważna. Powinniśmy unikać wszystkiego, co zakłóca i rozmywa przekaz treści. Zaproponowana w artykule zmiana tradycyjnego algorytmu obliczeniowego na astronomiczny, wydaje się czymś naturalnym. Autor jest przekonany, że aleksandryjscy astronomowie używali najnowocześniejszych, w swoich czasach, narzędzi, aby ich obliczenia były precyzyjne. Dzisiaj posiadamy bardzo dokładne narzędzia badawcze i dane NASA, które możemy wykorzystać, aby symbol pełni Księżyca, wskazujący na Paschę rozumianą przez chrześcijan jako Zmartwychwstanie Chrystusa, był na niebie widoczny w dniu uroczystości.

Zmiana algorytmu, a także drobna korekta reguły z Nicei, mogłyby znacząco zwiększyć szansę na ustalenie wspólnej daty Wielkanocy w całym świecie chrześcijańskim. Z pewnością, mentalnie, łatwiej przyjąć nowy algorytm przez wszystkie strony konfliktu, niż jednej ze stron przejąć historyczne ustalenia strony drugiej.

Autor udostępnia wszystkie wyniki badań oraz aplikację w języku Python, zachęcając czytelników do dalszych analiz, modyfikacji, propozycji w celu wypracowania modelu, który będzie miał największą szansę na przyjęcie „daty jedności”, o którą tak mocno zaapelował papież Franciszek 25 stycznia 2025 r.

PIŚMIENNICTWO

- Bede. 1999. *The Reckoning of Time*. Tłum. Faith Wallis. Liverpool: Liverpool University Press.
- Borkowski, Andrzej. 2012. „Stanowisko patriarchy Jeremiasza II Tranosa wobec zmiany kalendarza przez Watykan.” *Elpis* 14:369-89.
- Borkowski, Andrzej. 2013. „Reforma kalendarza liturgicznego i jej recepcja w Kościele prawosławnym w Polsce.” *Latopisy Akademii Supraskiej* 4:77-89.
- Cantalamessa, Raniero. 1997. *Pascha naszego zbawienia. Tradycje paschalne Biblii oraz pierwotnego Kościoła*. Kraków: Wydawnictwo M.
- Folkner, William M., James G. Williams, i Dale H. Boggs. 2009. „The Planetary and Lunar Ephemeris DE 421.” *The Interplanetary Network Progress Report* 42-178:1-34. https://ipnpr.jpl.nasa.gov/progress_report/42-178/178C.pdf [dostęp: 03.02.2025].
- Ławreszczuk, Marek. 2012. „Paschalia Kościoła Prawosławnego: metody obliczania daty Paschy.” *Elpis* 14(25-26):217-77.
- Meeus, Jean. 1991. *Astronomical Algorithms*. Virginia: Willmann-Bell.
- Naumowicz, Józef. 2006. „Trzy spory o datę Wielkanocy.” *Vox Patrum* 49:454-65.

- Stadler, Hubert, i Thomas Haye. 2020. „Beda Venerabilis: De temporum ratione.” W *Kindlers Literatur Lexikon (KLL)*, red. Heinz L. Arnold. Stuttgart: J.B. Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-476-05728-0_882-1
- Szulc, Tadeusz. 2011. „Wprowadzenie kalendarza gregoriańskiego w Rzeczpospolitej szlacheckiej.” *Studia z Dziejów Państwa i Prawa* 14:31-40.
- Teets, Donald. 2019. „Gauss’s Computation of the Easter Date.” *Mathematics Magazine* 92, nr 2:91-98. <https://www.jstor.org/stable/48665583> [dostęp: 29.01.2025].
- Voronov, Liveriy. 1971. „Kalendarnaja problema. Ee izuchenie v svete reshenija Pervogo Vselenskogo Sobora o paschalii i izyskanie puti k sotrudnichestvu mezhdu Cerkvami v etom voprose.” W *Bogoslovskie trudy*, t. 7, 177. Moskwa.
- Zygmunt, Bartosz. 2025a. „Easter Simulation Repository – 1.” <http://bartoszyzygmunt.pl/easter/1> [dostęp: 01.02.2025].
- Zygmunt, Bartosz. 2025b. „Easter Simulation – 2.” <http://bartoszyzygmunt.pl/easter/2> [dostęp: 01.02.2025].
- Zygmunt, Bartosz. 2025c. „Arkusz obliczeń (.xls).” <http://bartoszyzygmunt.pl/easter/3> [dostęp: 01.02.2025].
- Zygmunt, Bartosz. 2025d. „Porównanie dat 1900-3000.” <http://bartoszyzygmunt.pl/easter/4> [dostęp: 01.02.2025].
- Zygmunt, Bartosz. 2025e. „Problem 1-3.” <http://bartoszyzygmunt.pl/easter/5> [dostęp: 01.02.2025].
- Zygmunt, Bartosz. 2025f. „Problem 4.” <http://bartoszyzygmunt.pl/easter/6> [dostęp: 01.02.2025].

Korekta daty Wielkanocy w odpowiedzi na apel papieża Franciszka o „datę jedności”: analiza algorytmu C.F. Gaussa z wykorzystaniem astronomicznych danych z NASA Horizons (1900-3000)

Abstrakt

Podczas niesporów w Bazylice św. Pawła za Murami, kończących Tydzień Modlitw o Jedność Chrześcijan, Papież wezwał do ustalenia wspólnej daty obchodzenia Świąt Wielkanocnych przez wszystkich chrześcijan. Podkreślił, że Kościół katolicki jest otwarty na przyjęcie daty, która zyskałaby powszechną akceptację, nazywając ją „datą jedności”. Artykuł jest próbą konkretnej odpowiedzi na papieski apel, poprzez: a) analizę reguły ustalania daty Wielkanocy z Nicei (w 1700 rocznicę Soboru Nicejskiego); b) analizę metod obliczania Wielkanocy; c) porównanie tradycyjnych dat Wielkanocy obliczonych algorytmem Gaussa (z poprawkami Jonesa, Butchera i Meeusa) z datami obliczonymi na podstawie najnowszych efemeryd udostępnionych przez NASA Horizons w okresie 1900-3000; d) analizę błędów (72 daty) i problemów (87 dat) wykrytych w algorytmie Gaussa (Jonesa / Butchera / Meussa) podczas obliczeń oraz propozycję korekty.

Słowa kluczowe: Sobór Nicejski; pełnia Księżyca; efemerydy; obliczenia astronomiczne; harmonizacja kalendarza.

Correction of the Date of Easter in Response to Pope Francis' Appeal for a "Date of Unity": an Analysis of C.F. Gauss's Algorithm Using Astronomical Data from NASA Horizons (1900-3000)

Abstract

During the vespers at the Basilica of St. Paul Outside the Walls, which concluded the Week of Prayers for Christian Unity, the Pope called for the establishment of a common date for the celebration of Easter among all Christians. He emphasized that the Catholic Church is open to adopting a date that would gain universal acceptance, referring to it as the "date of unity." This article represents a concrete response to the papal appeal by: a) analyzing the Nicaean rule for determining the date of Easter (in the 1700th anniversary of the Council of Nicaea); b) examining various methods for calculating the date of Easter; c) comparing traditional Easter dates computed using Gauss's algorithm (with the modifications proposed by Jones, Butcher, and Meeus) with dates derived from the latest ephemerides provided by NASA Horizons for the period 1900-3000; d) analyzing the errors (72 dates) and issues (87 dates) detected in Gauss's algorithm (as modified by Jones, Butcher, and Meeus) during computations, and proposing a correction.

Keywords: Council of Nicaea; full moon; ephemerides; astronomical computations; calendar harmonization.

Information about Author: Rev. DR. BARTOSZ ZYGMUNT – University of Silesia in Katowice; correspondence address: ul. Jordana 18, 40-043 Katowice, Poland; e-mail: bartosz.zygmunt@us.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0002-8939-9737>