

Stanisław OSTAFICZUK*

Rozkład temperatur „naskórkowych” terenu w Polsce – wstępne spostrzeżenia geologiczne

Streszczenie: Przeprowadzono analizę rozkładu temperatur w przypowierzchniowej strefie Ziemi na podstawie danych satelitarnych NASA (<http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/>). Bezpośredni wpływ oświetlenia słonecznego, pokryw śniegowych oraz lodów wyeliminowano przez wykorzystanie tylko średnich nocnych temperatur miesięcznych z czerwca, lipca, sierpnia i września z lat 2000 i 2012. Pobierane były obrazy globalne z tego okresu w przedziale E0° do E360° i N –63° do N63°; dla Polski przyjęto lądowy obszar E14° do E25°/N49° do N55° oraz obszar NW Polski od E14° do E18°/ od N51° do N55°. Miesięczne średnie temperatur nocnych były pobierane z całych wymienionych obszarów oraz dla porównania z profili diagonalnych NW-SE i SW-NE. Stwierdzono wyraźne podwyższenia temperatury w obszarach miejskich i przy zbiornikach wód otwartych. Mniej wyraźne, ale nieprzypadkowe odchyłki negatywne temperatur średnich stwierdzono w obszarach spiętrzeń morenowych i w obszarach górskich. Mniejszy wpływ na odchyłki temperatur powierzchni terenu ma zróżnicowanie pokryw roślinnych. Stwierdzona regionalizacja rozkładu anomalii średnich może mieć związek ze zróżnicowaniem intensywności naturalnego strumienia ciepłego Ziemi (por. Szewczyk i Gientka 2009). Badania są dopiero zainicjowane, ale pierwsze wyniki wykazują przydatność tego źródła danych w określaniu: wstępnych parametrów ujęć geotermalnych, temperaturowych anomalii antropogenicznych oraz trendów krótkotrwałych zmian klimatycznych.

Słowa kluczowe: temperatura naskórkowa Ziemi, EO NASA dane, plamy ciepła, geotermika, emisja ciepła

Distribution of Earth's skin temperature in Poland – preliminary, geological views

Abstract: The Earth's superficial temperature distribution in Poland was analyzed based on the NASA satellite data (<http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/>). The direct impact of sunrays, snow cover and ices was eliminated by using only night pictures from the months without snow – June to September 2000 and 2013. Geographically, data images were acquired from images covering the following areas: global E0° to E360°/N –63° to N63°; for Poland E14° to E25°/N49° to N55° and for the NW Poland E14° to E18°/N51° to N55°. Average

* Prof. dr hab., Pracownia Analiz Strukturalnych i Kartografii Geologicznej, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: so@igf.edu.pl

monthly temperature data were collected from the entirety of the mentioned areas and, for the control, from the diagonal profiles NW-SE and SW-NE. Urbanized areas and peripheries of open waters were characterized by higher temperatures than average, while lower than average were temperatures of glacial end moraines and mountain areas. Vegetation cover has a lesser impact on night temperatures on land. The apparent regional distribution of temperature variances may represent some manifestations of variables in the natural heat flow from the deeper subsurface spheres of the Earth (see Szewczyk and Gientka 2009). The presented analyses have only just been initiated, but preliminary results point to the prospective applicability of global temperature data in geothermic studies, land use planning, and delineating of global temperature trends.

Key words: Earth's skin temperature, EO NASA data, warm patches, geothermics, heat emission

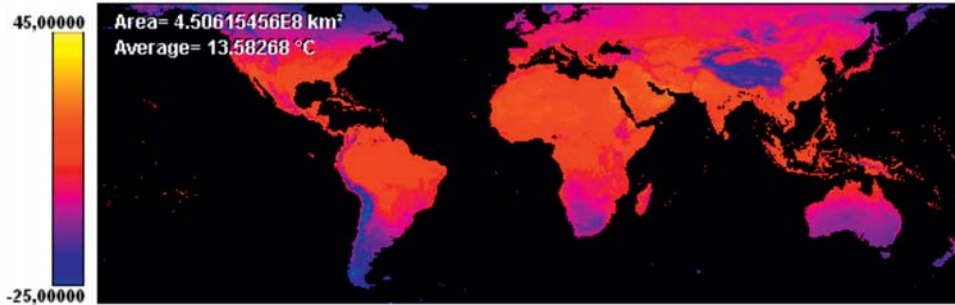
Wykorzystanie istniejących materiałów EO NASA z serii Global Maps jest wielce obiecujące w badaniach stanu powierzchni Ziemi w skali regionalnej, a nawet szczegółowej. Jedną z tych serii map globalnych są comiesięczne mapy temperatur mórz i kontynentów. Na oryginalnych mapach temperatur kontynentów przedstawione są temperatury „naskórkowe” powierzchni Ziemi lub jej pokrycia w strefie 1 mm w głąb od powierzchni terenu; skala barw obejmuje zakres od -25°C do najwyższej 45°C (rys. 1). Zarejestrowane przez spektrometr o średniej rozdzielczości (MODIS), przy czystym niebie temperatury są oznaczane barwami: żółta oznacza temperaturę najwyższą, niebieska najniższą, a czarne pola oznaczają brak danych (wg. Zhengming Wan Institute for Computational Earth System Science, University of California, Santa Barbara: ATBD – *Algorithm Theoretical Basis Document*, wersja 3.3).

Obrazy temperatury powierzchni Ziemi były opracowane przez zespół Reto Stockli (NASA's Earth Observatory Team), na podstawie danych dostarczanych przez zespół Land Science Team MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). Rozdzielczość tych obrazów wynosi 6' (minut) kątowych, co w średnich szerokościach geograficznych odpowiada 11,1 km N-S i około 6,9 km W-E. Jest to rozdzielczość wystarczająca do podjęcia prób określenia rozkładu temperatur powierzchni terenu w nocy, na regionalnych wycinkach powierzchni Ziemi. W tym celu obrazy globalne z czerwca, lipca, sierpnia i września roku 2000 i 2012 zredukowano do obszaru Polski i najbliższego otoczenia (od $E14^{\circ}$ do $E25^{\circ}$ /do $N49^{\circ}$ do $N55^{\circ}$) i NW Polski (od $E14^{\circ}$ do $E18^{\circ}$ /od $N51^{\circ}$ do $N55^{\circ}$). Średnie miesięczne temperatur nocnych były pobierane z całych wymienionych obszarów oraz dla porównania z profili NW-SE i SW-NE (rys. 2).

Dla potrzeb wizualizacji wzmocniono kontrasty barw zróżnicowanych temperatur. Tym samym uzyskano większą czytelność anomalii temperatur, a poszczególne barwy są nadal nośnikami informacji o konkretnej temperaturze w danym miejscu i jej lokalnym podwyższeniu lub obniżeniu (rys. 3).

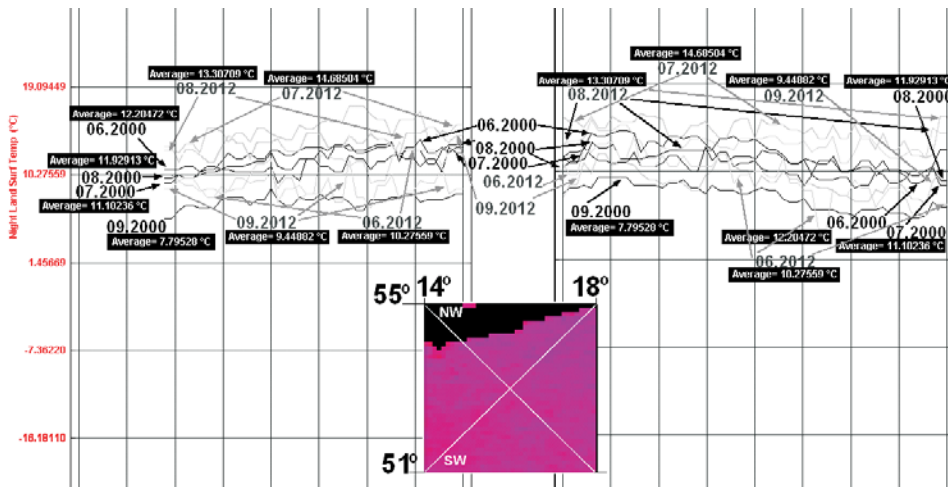
Z porównania obrazu rozkładu średnich nocnych temperatur Polski w czterech miesiącach – od czerwca do września (rys. 4) – z mapą topograficzną można określić w przybliżeniu związek rozkładu temperatur z elementami sytuacji terenowej (rys. 5). Potwierdza się tu zgodność anomalii dodatnich z brzegiem Bałtyku oraz Zatoki Gdańskiej, Zalewu Szczecińskiego, z jeziorami okolic Olsztyna, Pisz, Węgorzowa oraz miastami – Warszawa, Białystok, Poznań Łódź, Opole, konurbacją Śląska oraz innymi mniejszymi strukturami sytuacji terenowej.

Land Surface Temperature [Night] (1 month - Terra/MODIS) Jun. 1 2000 00:00-Jul. 1 2000 00:00



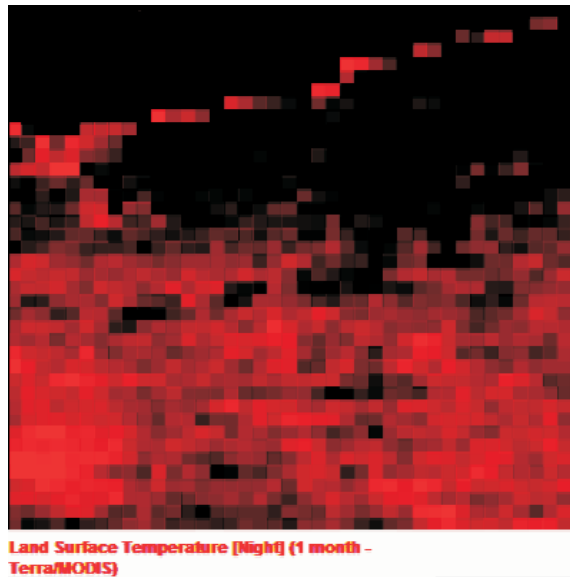
Rys. 1. Temperatura powierzchni lądów w lipcu 2000 r.
(średnia nocna temperatura terenu wokół globu w pasie od N-63° do N63°; wg NASA)

Fig. 1. Average global temperature (night) in July 2000, within a zone N-63° to N63° (after EO NASA)



Rys. 2. Przykład usytuowania profili temperaturowych nocnych z okresów od czerwca do września włącznie w latach 2000 i 2012, na tle NW wycinka Polski; skala po lewej – miesięczne nocne temperatury średnie, linie poziome w odstępach co ~8,8°C; po lewej profil NW-SE, po prawej SW-NE; pionowe linie – skala odległości wzdłuż profili co ~65 km; skala barw i kontrasty wycinka, jak na oryginalnych mapach (dane z EO NASA)

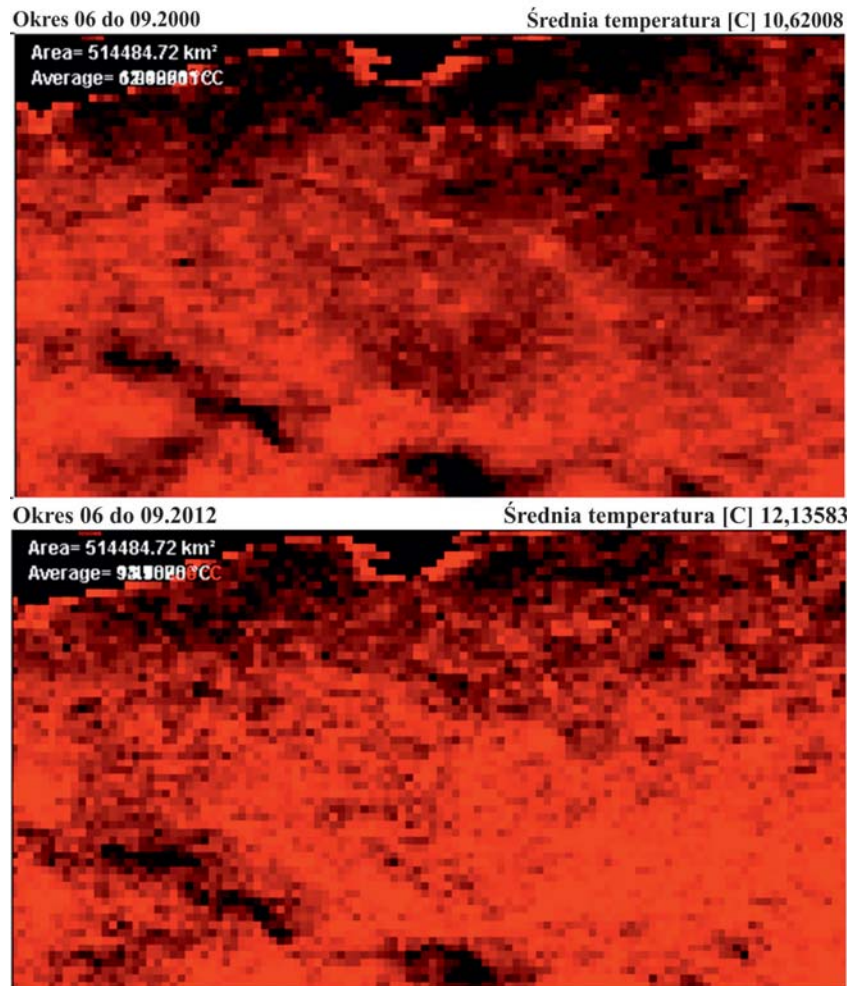
Fig. 2. Distribution of average temperature (night) from June to September in 2000 and 2012 in the NW section of Poland; scale on the left – montly averages (night), horizontal lines at ~8.8°C intervals; on the left NW-SE profile; on the right SW-NE profile; vertical lines – at the distance ~65 km along the profile line; colors and contrast original as on the original maps (data EO NASA)



Rys. 3. Rozkład średnich temperatur nocnych NW Polski – średnia z miesięcy od 06 do 09.2000 r. Szczególnie wysokie temperatury (jasne kwadraty-piksele) występują wzdłuż brzegów Bałtyku, na obszarach wielkich miast oraz akwenów śródlądowych. Ale poza akwenami, miastami (Sz. – Szczecin, Pz. – Poznań, Wr. – Wrocław i By. – Bydgoszcz) i ośrodkami przemysłowymi są również widoczne obszary o podwyższonej temperaturze, które można uznać za manifestację zjawisk geotermalnych

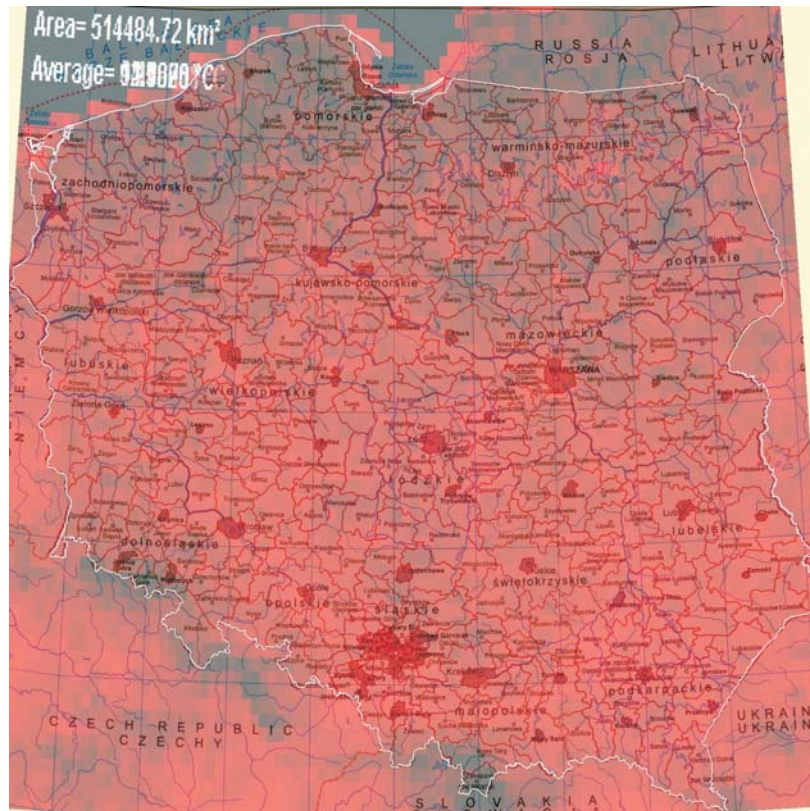
Fig. 3. Distribution of (night) temperature in NW Poland, average from June to September, 2000. Significant high temperatures (light pixels) are seen along the Baltic coast-line, over large cities (Sz. – Szczecin, Pz. – Poznań, Wr. – Wrocław i By. – Bydgoszcz) and inland waters. Apart from areas of water, cities and industrial centers, there are some elevated temperature spots, which can be considered as a possible manifestation of geothermal phenomena

Średnie miesięczne nocne temperatury w Polsce między E14° i E25° oraz N49° i N55° w okresach od czerwca do września 2000 r. i 2012 r. [według map globalnych NASA]



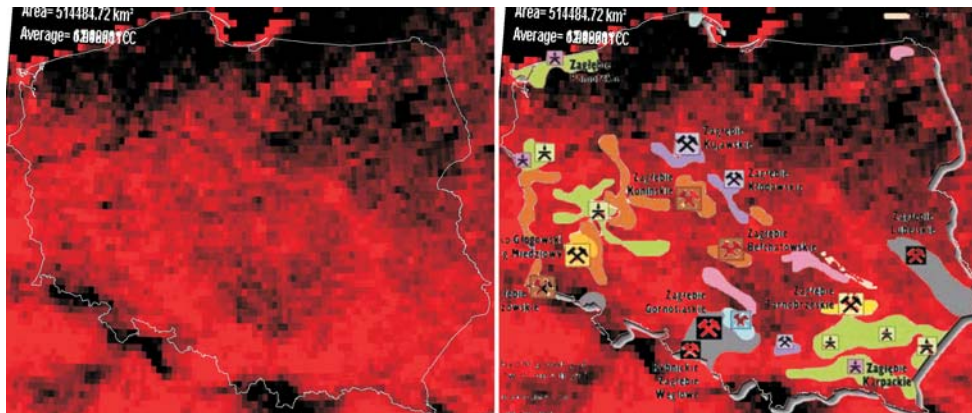
Rys. 4. Obszar Polski, obraz skumulowany anomalii średnich nocnych temperatur miesięcznych od czerwca do września w latach 2000 (u góry) i 2012 (u dołu) według map globalnych EO NASA; zielone krążki – ważniejsze miejscowości (A – Augustów, B – Białystok, By – Bydgoszcz, G – Gdańska, JG – Jelenia Góra, Kł – Kłodzko, Ko – Koszalin, Kr – Kraków, K – Katowice i inne miasta aglomeracji Śląskiej, L – Lublin, O – Olsztyn, P – Poznań, Prz – Przemyśl, R – Rzeszów, Sz – Szczecin, T – Tarnów, W – Warszawa, Wr – Wrocław, Z – Zakopane, ZG – Zielona Góra); czarne krążki – inne miejscowości

Fig. 4. Territory of Poland; cumulated average (night) monthly temperatures from June to September in 2000 (upper) and 2012 (lower); after “Global map” EO NASA; green spots – important towns (A – Augustów, B – Białystok, By – Bydgoszcz, G – Gdańska, JG – Jelenia Góra, Kł – Kłodzko, Ko – Koszalin, Kr – Kraków, K – Katowice and other town of the Silesian Agglomeration, L – Lublin, O – Olsztyn, P – Poznań, Prz – Przemyśl, R – Rzeszów, Sz – Szczecin, T – Tarnów, W – Warszawa, Wr – Wrocław, Z – Zakopane, ZG – Zielona Góra); black dots – other settlements



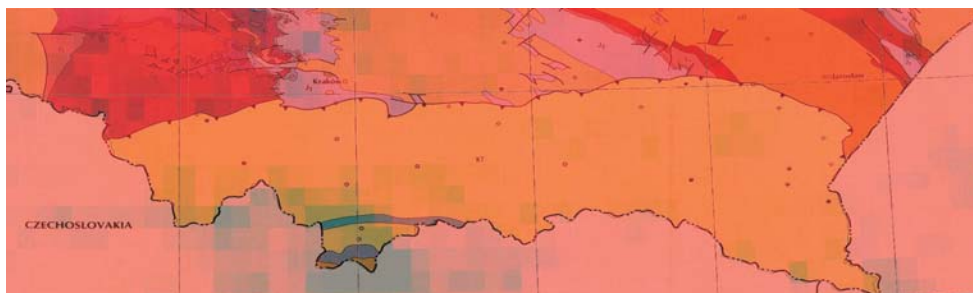
Rys. 5. Skojarzenie obrazu nocnych anomalii temperatur powierzchni Ziemi w okresie od czerwca do września 2012 r. z mapą administracyjną Polski w skali 1:2,5 m (miliona); (wg Głównego Geodety Kraju z geoportal.gov.pl); we wcięciu – wycinek terenu (E19,7-E20,3 / N49,1-N49,5) obejmujący Niecek Podhala; silnie skontrastowane barwnie wartości średnich miesięcznych we wrześniu 2012 r. temperatur nocnych poszczególnych pól terenu o powierzchni $0,1 \times 0,1$ stopnia długości i szerokości geograficznej; linia pionowa – południk E20°

Fig. 5. Comparison of average monthly (night) distribution of temperatures from June to September 2012 with the Administration map of Poland 1:2.5 million (after Chief Country Surveyor – www.geoportal.gov.pl); inset – portion of the Podhale Depression region (E19.7-E20.3 / N49.1-N49.5) strong hue-contrasted average monthly temperatures (night) in September 2012 r. for separate terrain squares $0,1 \times 0,1$ geographic longitude and latitude; vertical line – meridian E20°



Rys. 6. Obszar Polski, obraz skumulowany anomalii średnich nocnych temperatur miesięcznych od czerwca do września w latach 2000 i 2012 według map globalnych EO NASA; (odzworowanie 1992/19) oraz, po prawej: ten sam obraz z poglądową nakładką z Wydawnictw Edukacyjnych (www.wiking.edu.pl) „Złoża głównych bogactw mineralnych”; nie widać zbieżności obszarów cieplejszych z występowaniem surowców energetycznych – węgla i węgłowodorów

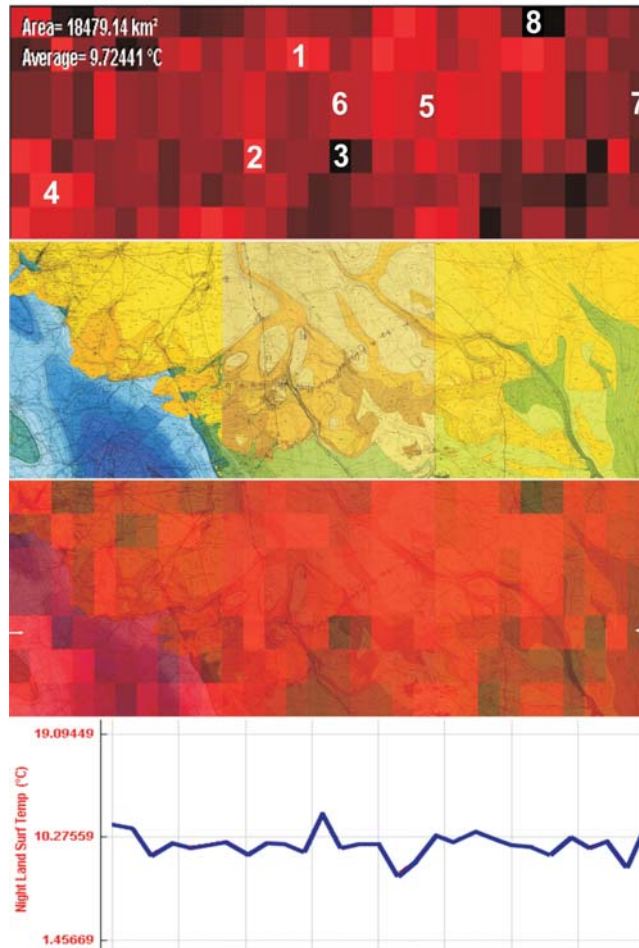
Fig. 6. Poland territory, average cumulated monthly temperatures (night) June-September in 2000 and 2012, after EO NASA; on the right hand side: the same image overlain with a leaflet map “Main Mineral Deposits” (by Educational Publishing House [www.wiking.edu.pl]) – no apparent co-incidence of warmer places with coal and lignite deposits



Rys. 7. Zestawienie map nocnych anomalii temperatury powierzchni Ziemi w Karpatach w okresie czerwiec-wrzesień 2012 roku (wg NASA z mapą geologiczną 1:1m na powierzchni podkainozoicznej wg Robertsona 1991)

Fig. 7. Monthly anomalies of (night) temperature of terrain surface in Carpathians within the period June-September 2012 (according to NASA, overlain by sub-Kainozoic map 1:1 million after Robertson 1991)

1 = 13,03; 2 = 11,65; 3 = 7,24; 4 = 11,8;
 5 = 10,28; 6 = 10,28; 7 = 8,9; 8 = 5,04;

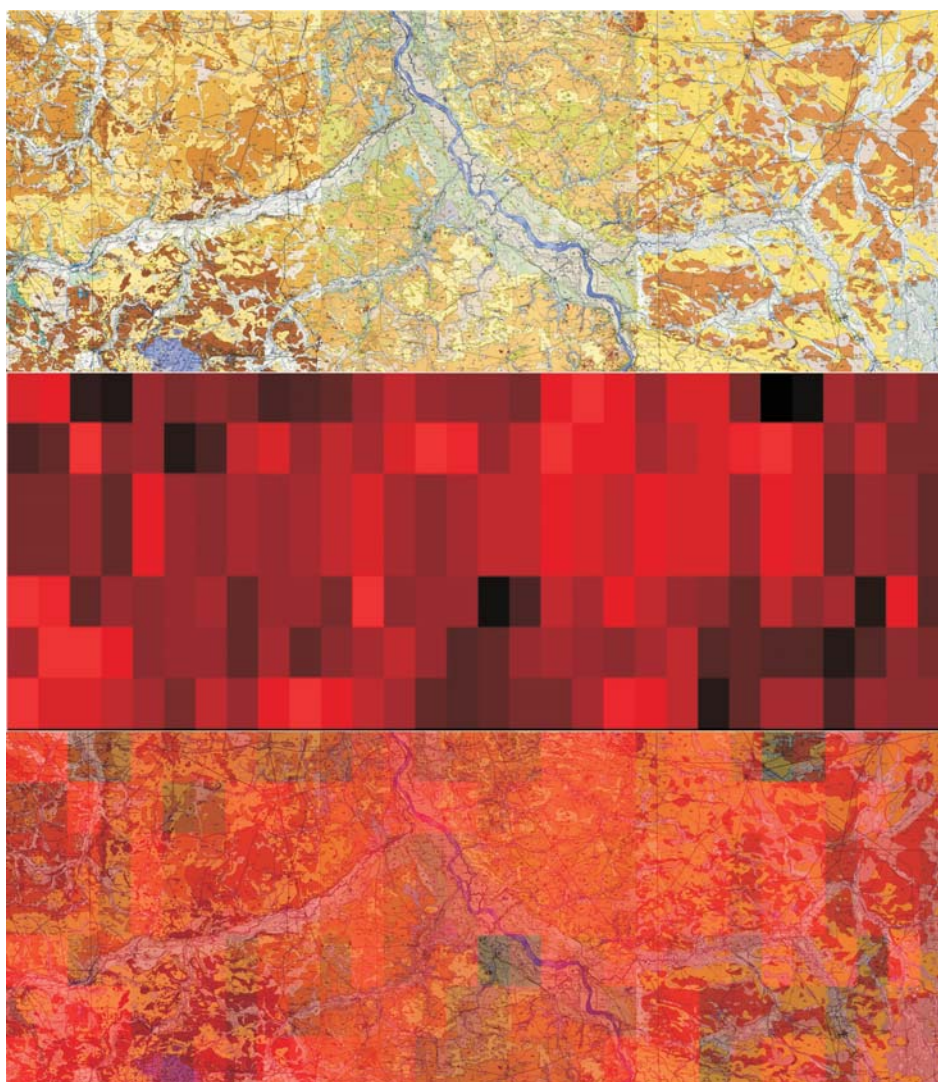


Rys. 8. Szczegółowy obraz nocnych temperatur na terenie arkuszy mapy geologicznej 1:200 000 (wyd. B) Skierniewice (Makowska 1970), Radom (Makowska 1965) i Łuków (Mojski 1968).

Od góry: wybrane temperatury na pikselach 6' × 6' kątowych, niżej: lokalizacja tych pikseli, mapa geologiczna bez Q 1:200 000, rozkład temperatur na tej mapie oraz, profil temperaturowy.

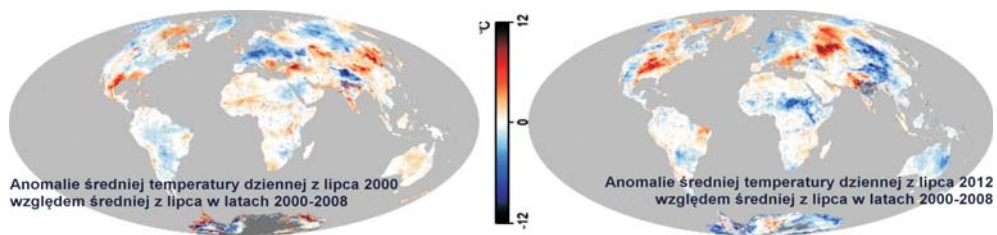
Liczby oznaczają temperaturę w stopniach Celsjusa (°C): 1 = 13,03; 2 = 11,65; 3 = 7,24; 4 = 11,8; 5 = 10,28; 6 = 10,28; 7 = 8,9; 8 = 5,04

Fig. 8. Detail view of average night temperature on the area covered by geological maps 1:200 000 (edition B, without Quaternary deposits, published by PGI) s.s. Skierniewice (Makowska 1970), Radom (Makowska 1965) and Łuków (Mojski 1968). From top to bottom: temperature data for selected pixels 6' × 6' (angular minutes); lower: localization of these pixels; sub Quaternary geology; geological map overlain with average temperature distribution, and the temperature profile. Numbers refer to temperature in centigrade degrees (°C): 1 = 13.03; 2 = 11.65; 3 = 7.24; 4 = 11.8; 5 = 10.28; 6 = 10.28; 7 = 8.9; 8 = 5.04



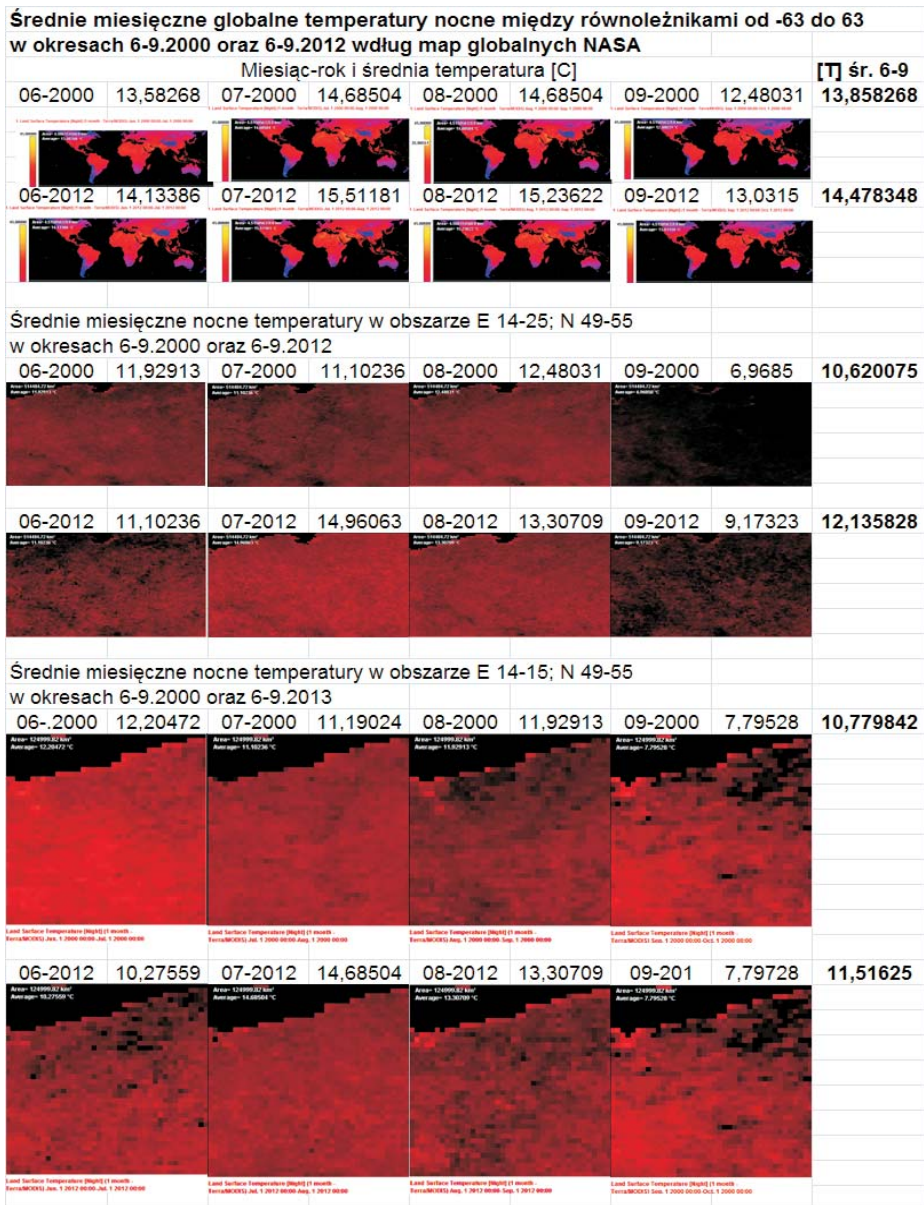
Rys. 9. Szczegółowy obraz nocnych temperatur na terenie arkuszy mapy geologicznej 1:200 000 (seria A) Skierniewice (Makowska 1970), Radom (Makowska 1965) i Łuków Mojski 1968); od góry: budowa geologiczna terenu E20 – E23 / N51,33(3) – N52; rozkład temperatury we wrześniu 2012 roku; rozkład temperatury – niżej jednostkowe elementy obrazu (piksele) $6' \times 6'$ (minut) kątowych, jaśniejsze – cieplejsze, ciemniejsze – chłodniejsze (patrz rys. 8); u dołu przedstawienie tych pikseli na podkładzie geologicznym 1:200k

Fig. 9. Detail visualization of monthly (night) average temperatures for the geological map area 1:200 000 series A, s.s. Skierniewice (Makowska 1970), Radom (Makowska 1965) i Łuków Mojski 1968); from top to bottom: geology, E20 – E23 / N51,33(3) – N52; temperature distribution in September 2012; pixel units $6' \times 6'$ (angular minutes), lighter – warmer, darker – colder (see Fig. 8); bottom – the same pixels overlain with geology



Rys. 10. Globalne anomalie średnich temperatur dziennych z lipca roku 2000 i 2012 względem średnich temperatur dziennych lipca z lat 2000 do 2008

Fig. 10. Global average monthly anomalies (day) for July 2000 and 2012 against average (day) July temperature from 2000 to 2008



Rys. 11. Średnie miesięczne temperatury globalne w strefie N-63 do N63, w Polsce i w Polsce NW. Dane z EO NASA. Wartości temperatur średnich są zaokrąglane do dwóch miejsc po przecinku

Fig. 11. Average month global temperatures within the none N-63 to N63 latitudes and, in Poland (E14 to E 25 long. and N49 to N55 lat., and in NW Poland; data EO NASA). Averages were rounded up to one/hundredths of centigrade

Regionalne różnice rozkładu temperatur są widoczne wyraźnie i ogólnie są zależne od hipsometrii terenu oraz od obecności dużych miast i ośrodków przemysłu. Jednak w wielu miejscach występują rozległe plamy ciepła bez widocznych związków z obiektami infrastruktury, z miastami, a także z rozległymi obszarami występowania głównych złóż mineralnych.

Obszar Polski, obraz skumulowany anomalii średnich nocnych temperatur miesięcznych od czerwca do września w latach 2000 i 2012 według map globalnych EO NASA; (odzworowanie 1992/12) oraz, po prawej: ten sam obraz z pogładową nakładką z Wydawnictw Edukacyjnych (www.wiking.edu.pl) „Złóża głównych bogactw mineralnych”; nie widać zbieżności obszarów cieplejszych z występowaniem surowców energetycznych – węgla i węglowodorów.

W zestawieniu z obrazem budowy geologicznej na powierzchni podkenozoicznej wiele jasnych plam dodatnich anomalii cieplnych pokrywa się z obszarami monokliny przed-sudeckiej oraz (rys. 7) z Beskidem Śląskim, Sądeckim oraz innymi fragmentami wschodniej części polskich Karpat fliszowych.

W obrazie bardziej szczegółowym związek anomalii średniej nocnej temperatury miesięcznej z budową geologiczną terenu oraz podłożem czwartorzędu nie jest widoczny (rys. 8 i 9), ale anomalie istnieją. Są zatem wywołane przez elementy sytuacji terenowej naturalnej lub sztucznej, albo są związane ze zjawiskami bardziej wgłębnyymi – podkenozoicznym strumieniem ciepła Ziemi.

Skrajne średnie miesięcznych temperatur nocnych we wrześniu 2012 na wycinku terenu przedstawionym na rysunkach 8 i 9 (między E20° i E23° oraz N 51,33[3]° i 52°) są rzędu 8°C, a średnie wielomiesięczne są nieco mniejsze. Jednoelementowe (pikselowe) wycinki terenu reprezentują uśrednione temperatury zmierzone za pomocą satelitarnego sensora w bezchmurną noc, rozciągnięte na powierzchnię 6' × 6' (minut kątowych). Zatem ich wartość może odnosić się zarówno do niemal punktowego obiektu namierzonego przez sensor, jak i odpowiadać rzeczywistej temperaturze większego obszaru, nawet wykraczającego poza umowne granice pojedynczego elementu obrazowego. W poszukiwaniu geotermicznych anomalii istotne są tu raczej duże, wieloelementowe obszary w skali kraju (rys. 5).

Analiza rozkładu anomalii temperatur może być prowadzona w wielu konfiguracjach daty, czasu, oraz mapami tematycznymi, jak pożary, albedo, średnia temperatura łądów (dzienna), średnia temperatura łądów (nocna), globalne anomalie temperatury, klasyfikacja pokrycia terenu, anomalie temperatury dzienne i nocne, temperatury dzienne łądów, temperatury nocne łądów, pokrywy śnieżne, indeks roślinny oraz anomalie ekwiwalentu wodnego.

Do prób określenia lokalnych anomalii temperatur powierzchni Ziemi (łądów) wybrano w Polsce miesiące pozbawione pokrywy śnieżnej oraz porę nocną, w której przeważa emisja termiczna przy niebie bezchmurnym. Przy wykorzystaniu programu Global Mapper można zestawiać mapy temperatur z dowolnymi mapami terenu, jak na przykład mapy topograficzne, administracyjne, geologiczne, zagospodarowania i użytkowania terenu, hydrograficzne, leśne i złożowe. Przydatność regionalna i lokalna map temperatur jest łatwa do przewidzenia. Mogą one służyć do oceny przydatności terenów dla różnych potrzeb planowania, w tym rozwoju płytkiej geotermii – magazynowania ciepła i „chłodu”. W analizie obrazu rozkładów temperatur nocnych charakterystyczne są duże różnice średnie temperatur

na małych obszarach. Podwyższenie temperatury nocnej terenu na znacznej części obszarów jest spowodowane przez antropogeniczne źródła emisji ciepła – miasta i obiekty przemysłowe. To oznacza, że znaczne ilości kosztownej energii pozyskiwanej w różnych procesach przemysłowych są tracone. Ulegają trwałemu rozproszeniu przez podgrzewanie naskórkowej części pokrycia terenu i emisję ciepła w przestrzeń atmosferyczną.

Jak wynika z porównania średnich miesięcznych wartości temperatur nocnych w okresie od czerwca do września z lat 2000 oraz 2012, w skali globu, Polski oraz NW Polski nastąpił wzrost temperatury o kilka stopni °C, co świadczy o występowaniu lokalnych, krótkookresowych wahań temperatury. Nie oznacza to jednak, że nastąpiło w tym czasie tak znaczne globalne ocieplenie klimatyczne. Wykorzystane w tym porównaniu dane nie obejmują bowiem średnich temperatur lądów i oceanów, dziennych i nocnych w czasie wszystkich 12 miesięcy w każdym roku w rozpatrywanym okresie czasu. Zarejestrowane lokalne wzrosty temperatury w wybranych przedziałach daty, czasu i miejsca nie wywołują więc ogólnych zmian w otoczeniu przyrodniczym, które niewątpliwie byłyby skutkiem tak drastycznego ocieplenia globalnego. Tak duże przyrosty temperatur są tylko krótkookresowe i lokalne w obrębie łagodnego trendu zmian. To stwierdzenie jest potwierdzone przez obrazy „anomalii kroczących”, także zawartych w materiałach EO NASA, w postaci globalnych map anomalii temperaturowych (rys. 10), z charakterystycznymi wahaniami miesięcznymi i rocznymi, ale umiarkowanie stałą ogólną temperaturą, odległą od obrazu zmian przedstawionego na rysunku 9. W różnych miesiącach i latach anomalie krótkookresowe są bowiem inaczej rozmieszczone niż na rysunku 9, a ogólny dryft średniej temperatury globu jest nieznaczny i niesystematyczny. Na przedstawionych obrazach jest zilustrowana nieregularność krótkookresowa zmian średnich temperatur globalnych i lokalnych, na którą nakładają się oscylacyjne zmiany temperatury wieloletnie, a na nie – zmiany długookresowe. To zagadnienie nie jest przedmiotem rozważań w kontekście anomalii geotermicznych, ale jest istotne w dyskryminowaniu danych lokalnych w celu ewentualnego zidentyfikowania „plam ciepła” na pozawulkanicznym obszarze Polski. Jak przedstawiono na rysunku 11 średnie nocne temperatury latach 2000 i 2012 w miesiącach od czerwca do września o około 0,6°C w skali globu, o około 1,5°C w Polsce i niecałe 1,2°C w NW Polsce (tab. 1).

TABELA 1. Temperatura miesięczna średnia od czerwca do września z lat 2000 i 2012; wartości zaokrąglone do 0,01

TABLE 1. Average monthly temperature from June till September of 2000 and 2012 year; data rounded to 0.01

	Średnia czerwiec–wrzesień		Średnia 13-letnia	
	2000	2012	dT od 2000 do 2012 [°C]	dT od 2000 do 2012 [°C]
Globalne	13,86	14,48	-0,62	-0,05
Polska	10,62	12,14	-1,52	-0,13
Polska NW	10,76	11,93	-1,17	-0,10

Zatem przyrosty temperatury nocnej na lądach w pasie N-65 N+65w poszczególnych miesiącach od czerwca do września włącznie w ciągu ostatnich 13 lat są rzędu 0,05°C rocznie na świecie, 0,125°C rocznie w Polsce i 0,1°C w Polsce północno-zachodniej.

Obszary lokalnie cieplejsze i chłodniejsze niż otoczenie pozostają w większości w tych samych miejscach niezależnie od bezwzględnej wartości temperatur (por. rys. 4 i 11). Świadczy to o niezależnych od wpływu klimatu czynnikach – zatem antropogenicznych, hydrologicznych i zapewne geotermicznych. Do istotnych wstępnych spostrzeżeń z tego inicjalnego opracowania dołączam jeszcze pokrywający się z publikowanym wcześniej (Ostaficzuk 2011) wniosek, że naturalny ziemski strumień ciepła, poza aktywnymi strefami wulkanicznymi, ma nikły wpływ na rozkład temperatur w przypowierzchniowej (do kilkuset metrów w głąb) strefie Ziemi. Na zakończenie chciałbym też podziękować P.T. osobom oceniającym tę pracę za wnikliwe i konstruktywne uwagi.

Literatura

- Główny Geodeta Kraju: Mapa administracyjna Polski 1:2,5 m;
http://ksng.gugik.gov.pl/pliki/mapa_administracyjna_polski_2012.pdf [dostępny w 2013 r.]
- Land Science Team MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)
http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod11.pdf [dostępny w 2013 r.]
- Makowska A., 1965 – Ark. 50-Radom, Mapa Geologiczna Polski 1:200 000 – A. Wyd. Geol. Instytutu Geologicznego.
- Makowska A., 1965 – Ark. 50-Radom bez utworów czwartorzędowych, Mapa Geologiczna Polski 1:200 000 – B. Wyd. Geol. IG.
- Makowska A., 1970 – Ark. 49-Skierniewice, Mapa Geologiczna Polski 1:200 000 – A. Wyd. Geol. IG.
- Makowska A., 1970 – Ark. 49-Skierniewice bez utworów czwartorzędowych, Mapa Geologiczna Polski 1:200 000 – B. Wyd. Geol. IG.
- Mapy globalne NASA 2013 – NASA EO, Land Surface Temperature;
http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=MOD11C1_M_LSTDA [dostępny w 2013 r.]
- Mojski J.E., 1968 – Ark. 51-Luków, Mapa Geologiczna Polski 1:200 000 – A. Wyd. Geol. IG.
- Mojski J.E. 1968 – Ark. 51-Luków bez utworów czwartorzędowych. Mapa Geologiczna Polski 1:200 000 – A. Wyd. Geol. IG.
- Ostaficzuk S., 2011 – Współczesne problemy Eko-Geologii. IGSMiE PAN, Kraków; ss. 0-138.
- Reto Stockli (NASA's Earth Observatory Team) 2000 – 2013; Land Science Team MODIS.
http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod11.pdf [dostępny w 2013 r.]
- Robertson Group 1991 – The Hydrocarbon Potential of Poland; <http://www.targetgeodata.co.uk/> [dostępny w 2013 r.]. documents/PolandFlyer_000.pdf?gclid=CICfgsDPsLcCFfIPtAodRxgA1w
- Szewczyk J., Gientka D., 2009 – Mapa gęstości ziemskiego strumienia ciepłego dla obszaru Polski. PGI.
http://mineralne.pgi.gov.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=257&Itemid=7&lang=pl
- Wydawnictwa Edukacyjne Wiking – Złóża głównych bogactw mineralnych; (www.wiking.edu.pl) [dostępny w 2013 r.]
- Zhengming Wan 2013: ATBD - Algorithm Theoretical Basis Document, wersja 3.3; Institute for Computational Earth System Science, University of California, Santa Barbara;
http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod11.pdf [dostępny w 2013 r.]

