

INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
CENTRUM MONITORINGU KLIMATU POLSKI

WYKONYWANIE POMIARÓW W SIECI
WCZESNEGO WYKRYWANIA
SKAŻEŃ
PROMIENIOTWÓRCZYCH
W LATACH 2008 - 2010

ETAP II

RAPORT PRZEDSTAWIAJĄCY WYNIKI POMIARÓW
ZA ROK 2008

Praca wykonana na podstawie
umowy z GIOŚ nr 13/2009/F
finansowanej ze środków NFOŚ
i GW na podstawie umowy dotacji
nr 167/2009/Wn50/MN-PO-BD/D

Mgr Franciszek Łukasiewicz
Mgr Andrzej Czuryłowski
Dr Tamara Zalewska
Jadwiga Dżumak
Zbigniew Dmitruk



WARSZAWA 2009

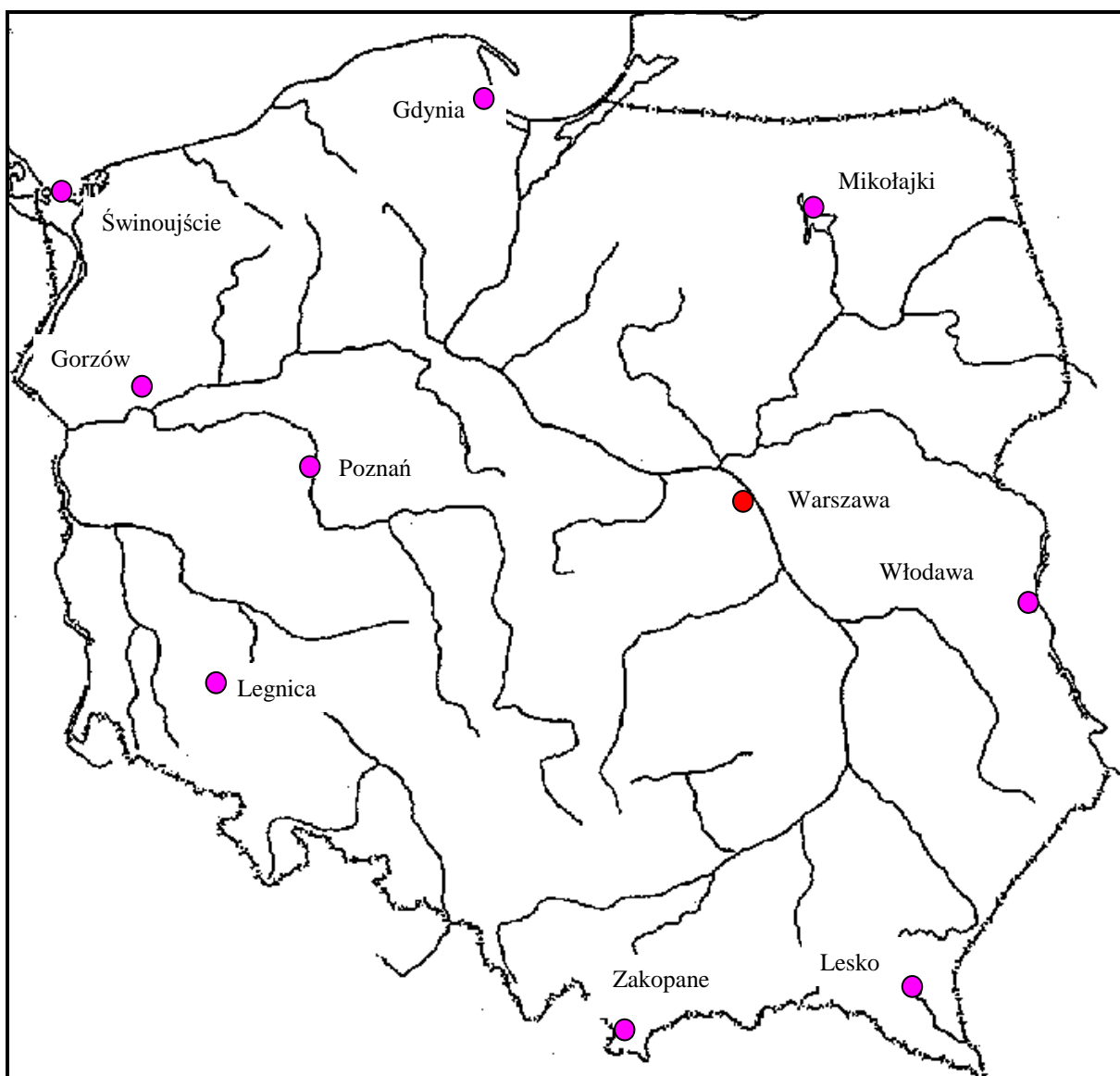
Spis treści:

- 1. Rozmieszczenie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych.**
- 2. Współrzędne stacji.**
- 3. Wprowadzenie.**
- 4. Analiza skażeń promieniotwórczych zmierzonych w placówkach IMGW w 2008 roku.**
 - 4.1 Moc dawki promieniowania gamma.**
 - 4.2 Radioaktywność aerozoli powietrza.**
 - 4.3 Radioaktywność opadu całkowitego i opadów atmosferycznych.**
 - 4.4 Wyniki pomiarów spektrometrycznych i radiochemicznych zbiorczych próbek miesięcznego opadu całkowitego.**
 - 4.5 Rysunki**
- 5. Podsumowanie.**
- 6. Wnioski**
- 7. Spis rysunków**
- 8. Spis tabel**
- 9. Zestawienia i wykresy średnich dobowych wartości: mocy dawki promieniowania gamma, aktywności próbek opadu całkowitego i opadów atmosferycznych oraz stężeń aktywności sztucznych emiterów beta i alfa promieniotwórczych aerozoli.**
- 10. Zestawienia i wykresy wyników analizy spektrometrycznej i radiochemicznej zbiorczych próbek miesięcznego opadu całkowitego.**

I. ROZMIESZCZENIE STACJI

WYKRYWANIA SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH

DZIAŁAJĄCYCH W STACJACH METEOROLOGICZNYCH



2. WSPÓŁRZĘDNE STACJI

WYKRYWANIA SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH

Lp.	Miejscowość	Nr stacji	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna	H m n. p . m.
1.	Warszawa	001	52° 17'	20° 58'	101
2.	Gdynia	002	54° 31'	18° 33'	2
3.	Mikołajki	004	53° 47'	21° 35'	127
4.	Poznań Gorzów Wlkp.	006 006	52° 25' 52° 45'	16° 51' 15° 17'	86 72
5.	Świnoujście	007	53° 55'	14° 15'	6
6.	Legnica	008	51° 12'	16° 12'	122
7.	Włodawa	151	51° 33'	23° 22'	117
8.	Zakopane	165	49° 18'	19° 57'	857
9.	Lesko	166	49° 28'	22° 21'	420

3. Wprowadzenie.

Stacje wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych IMGW wchodzą w skład podsystemu monitoringu skażeń promieniotwórczych Państwowego Monitoringu Środowiska i działają na podstawie opublikowanego Rozporządzenia RM z dnia 17 grudnia 2002 r. (Dziennik Ustaw RP Nr 239, poz. 2030) w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych, które weszło w życie z dniem 1 stycznia 2003 roku. Rozporządzenie wprowadza podział stacji na podstawowe i wspomagające. Do stacji podstawowych zaliczono stacje działające w CLOR, PAA oraz w jednostkach ministra właściwego do spraw środowiska, gdzie w wykazie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych podano spis 9 działających stacji IMGW.

Stacje te realizują program pomiarowy zaakceptowany przez prezesa PAA (zgodnie z wyżej podanym Rozporządzeniem R.M). Wyniki pomiarów skażeń promieniotwórczych otrzymywane przez sieć stacji są przekazywane codziennie w formie zestawienia wyników pomiarów za ubiegłą dobę z sieci stacji do Centrum Zdarzeń Radiacyjnych „CEZAR” Państwowej Agencji Atomistyki.

Sieć placówek pomiarów skażeń promieniotwórczych IMGW prowadzi takie pomiary począwszy od 1961 roku, od powstania Służby Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych. Zadaniem tej sieci było wykrywanie nagłego wzrostu skażeń promieniotwórczych w przyziemnej warstwie powietrza i alarmowanie o zagrożeniu radiacyjnym. Obecnie stacje te stanowią sieć wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych w atmosferze.

W 2008 roku placówki realizowały program pomiarowy, który obejmował: całodobowe pomiary mocy dawki rozproszonego promieniowania gamma, aktywności naturalnych i sztucznych radioizotopów alfa i beta promieniotwórczych aerozoli powietrza oraz pomiary aktywności dobowych i miesięcznych próbek opadu całkowitego, a także spektrometryczne pomiary aktywności wybranych radioizotopów gamma promieniotwórczych, sztucznych i naturalnych oraz radiochemiczne oznaczanie Sr-90 i jego aktywności w zbiorczych próbkach miesięcznego opadu całkowitego.

Program ten był realizowany w ciągu całego roku przez sieć stacji skażeń promieniotwórczych IMGW, przy czym pomiary rutynowe były wykonywane we wszystkie dni tygodnia, łącznie z dniami wolnymi od pracy. Stacje codziennie w godzinach 6¹⁰ – 8⁰⁰ UTC sporządzają i wysyłają do serwera centralnego w Warszawie depezę z wynikami pomiarów otrzymanych za ubiegłą dobę: mocy dawki, koncentracji aktywności aerozoli powietrza alfa i beta promieniotwórczych i aktywności próbki opadu całkowitego, zmierzonej po 5 dniach od zakończenia jej ekspozycji.

Przerwy w pomiarach mocy dawki i aktywnościach aerozoli powietrza, w niektórych placówkach, spowodowane były awarią sondy FHZ 621 G-L, aparatury typu FHT 59 Si lub zestawów komputerowych współpracujących z aparaturą pomiarową. Wszystkie przerwy w pomiarach poszczególnych wielkości zostały wykazane w uwagach załączonych zestawień miesięcznych.

Zbiornicze zestawienie wyników pomiarów radioaktywności atmosfery za ubiegłą dobę z sieci 9 stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych IMGW przekazywano codziennie w godzinach 8³⁰ – 9³⁰ UTC do Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych – “CEZAR” PAA.

4. Analiza skażeń promieniotwórczych zarejestrowanych w placówkach IMGW w 2008 r.

Przeprowadzono analizę wyników pomiarów otrzymanych w 2008 roku w 9 placówkach wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych w przyziemnej warstwie atmosfery.

Dla wszystkich placówek wyznaczono szereg charakterystycznych wartości, jak: średnią roczną mocy dawki promieniowania gamma, aktywność globalną rocznego opadu całkowitego i inne.

Wyniki analizy wykazały, że:

- w ciągu całego 2008 roku nie wystąpiły zmiany poziomu skażeń promieniotwórczych, które mogłyby wskazywać na sytuację awaryjną;
- zarejestrowane aktywności aerozoli i opadu całkowitego pochodzą przede wszystkim od naturalnych izotopów promieniotwórczych, pochodnych radonu i toronu.

4.1 Moc dawki promieniowania gamma.

Pomiary mocy dawki promieniowania gamma prowadzi się w sposób ciągły we wszystkich 9 placówkach za pomocą sondy FHZ621G-L współpracującej z komputerem, jak i sondy EPP sprzężonej z aparaturą SAPOS.

Rejestrowane wartości mocy dawki odzwierciedlają sumaryczny efekt promieniowania elektromagnetycznego w jednostce masy powietrza, na który składają się źródła naturalne i sztuczne, znajdujące się w środowisku, a także promieniowanie kosmiczne. Wynik pomiaru zależy od lokalizacji punktu pomiarowego (wysokości nad poziomem morza, budowy geologicznej terenu) oraz koncentracji naturalnych izotopów promieniotwórczych w atmosferze i opadzie całkowitym. Te ostatnie czynniki zależą od panujących warunków meteorologicznych i mogą się znacznie zmieniać. Tak, więc mierzona wartość mocy dawki charakteryzuje się naturalną zmiennością.

Wyniki pomiarów średnich dobowych wartości mocy dawki (nGy/h) zostały podane w zestawieniach miesięcznych oraz na rysunkach, obejmujących wyniki z II półrocza 2008 r. Należy zaznaczyć, że jednostki mocy dawki pochłoniętej dla promieniowania gamma wyrażone w nGy/h są równoważne jednostkom mocy dawki skutecznej wyrażonym w nSv/h.

Na rysunkach tych oś czasowa opisana jest w ten sposób, że naniesione liczby oznaczają dzień miesiąca i miesiąc i odpowiadają pionowym przerywanym liniom na wykresie. Jeśli chodzi o skalę osi rzędnych, to jest ona ustalana w stosunku do maksymalnej wartości zbioru liczb, przedstawianych na wykresie. Opis taki spowodowany jest automatyczną optymalizacją rozmiarów rysunku przez komputer.

W tabeli 1 zestawiono średnie roczne oraz zakresy średnich godzinnych i średnich dobowych wartości mocy dawki promieniowania gamma, zmierzonych w 2008 roku dla

stosowanych dwóch różnych typów sond: FHZ i EPP.

Jak wynika z tabeli 1, średnia roczna wartość mocy dawki w 2008 r. dla sieci stacji waha się w granicach: od 66 nGy/h w Warszawie do 126 nGy/h w Zakopanem, zaś średnia dla sieci stacji wynosi 98 nGy/h.

Średnia roczna mocy dawki dla pomiarów otrzymanych sondą EPP w stosunku do średniej obliczonej dla pomiarów wykonanych sondą FHZ jest o około 14 % niższa. Porównując również zakresy średnich godzinnych i średnich dobowych wartości tych sond widzimy różnice wskazujące na większą czułość sondy FHZ.

Tabela 1. Moc dawki promieniowania gamma nGy/h w stacjach wykrywania skażeń, 2008 r.

Placówka	Sonda FHZ621G-L			Sonda EPP		
	Zakres średnich		Średnia roczna	Zakres średnich		Średnia roczna
	godzinnych	dobowych		godzinnych	dobowych	
Warszawa	62 - 160	66 - 99	83	61 - 104	78 - 87	86
Gdynia	78 - 122	83 - 89	86	87 - 96	87 - 88	87
Mikołajki	98 - 167	106 - 114	109	70 - 96	78 - 87	87
Gorzów Poznań	85 - 145	92 - 99	97	70 - 87	78 - 79	78
Świnoujście	86 - 128	91 - 93	92	70 - 78	70 - 70	70
Legnica	101 - 170	106 - 116	111	70 - 96	78 - 79	78
Włodawa	61 - 128	67 - 77	73	70 - 87	78 - 87	85
Zakopane	99 - 177	108 - 126	121	77 - 122	87 - 96	92
Lesko	76 - 168	84 - 118	108	70 - 104	87 - 96	94
Średnia			98			84

Należy oczekiwać istnienia pewnych związków między mierzonymi wartościami mocy dawki promieniowania gamma, a wartościami niektórych elementów meteorologicznych. Teza o istnieniu takich korelacji jest tym uzasadniona, iż zanieczyszczenia wszelkiego rodzaju (m.in. zanieczyszczenia radioaktywne) przenoszone są przez ośrodek, który można charakteryzować między innymi właśnie poprzez wielkości takie, jak wysokość i rodzaj opadu, temperatura, prędkość wiatru itp. Patrząc na to od strony fizycznej zagadnienia, w atmosferze, w jej wszystkich warstwach znajdują się pewne promieniotwórcze substancje w różnych stanach

skupienia (najczęściej aerozoli). Mierzony przez sondy poziom radioaktywności jest uzależniony od warunków fizycznych atmosfery.

W poprzednich pracach przyjęto założenie, iż zjawiska meteorologiczne w postaci deszczu powinny zwiększać wielkość mocy dawki mierzonej przez sondę pomiarową, gdyż deszcz wymywa do gleby, z wyższych warstw atmosfery (troposfery) tę część radioaktywnej materii, której to promieniowanie – przy braku opadu – nie byłoby wykrywane przez aparaturę pomiarową.

I odwrotnie, w wyniku opadu śniegu, przy sprzyjających warunkach, na powierzchni gleby tworzy się pokrywa śnieżna, która naturalnie ekranuje glebę czy nawet warstwy śniegu położone głębiej, i zmniejsza poziom mocy dawki promieniowania gamma wykrywany przez sondę.

W poprzedniej pracy badane były związki pomiędzy rejestrowanymi wielkościami mocy dawki a opadem deszczu i pokrywy śnieżnej dotyczące lat 2002-2007. W niniejszej pracy analizuje się te związki z wielkościami mocy dawki mierzonymi na sieci stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych w latach 2002 - 2008.

W związku ze wspomnianą możliwością wykorzystania danych z ostatnich lat w obecnej pracy przedstawiona została analiza korelacji dla wszystkich 9 stacji sieci. Zostały też sporządzone wykresy (rysunki 1 – 18) pokazujące zależności pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma a opadem deszczu oraz grubością pokrywy śnieżnej. Przy analizowaniu wszystkich wykresów trzeba zwracać uwagę na skalę, została ona wybrana tak, aby uzyskać najlepszą przejrzystość wykresów.

Dla statystycznej weryfikacji hipotezy o związkach między wartościami mocy dawki a poszczególnymi elementami meteorologicznymi obliczone zostały współczynniki korelacji liniowej. Wartości korelacji zamieszczone są w tabelach 2a i 2b.

Tabela 2a. Korelacje pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma mierzonymi sondą FHZ-621 a dobową sumą opadu atmosferycznego w okresie 2002-2008.

Nr Stacji	Stacja		Współczynnik korelacji liniowej
1	Warszawa		0,300
2	Gdynia		0,203
4	Mikołajki		0,149
6	Gorzów Wlkp.		0,443
7	Świnoujście		0,288
8	Legnica		0,267
151	Włodawa		0,280
165	Zakopane		0,342
166	Lesko		0,267
	Wartość średnia		0,282

Jak widzimy w tabelach pomiędzy interesującymi nas wielkościami istnieją niezerowe korelacje. Co więcej, przyglądając się dokładniej współczynnikowi korelacji można zauważyć, że nie ma on charakteru chaotycznego tylko oscyluje w okolicach wartości 0,282. Dowodzi to po raz kolejny tezy, że opad deszczu pociąga jednoznacznie i wyraźnie za sobą wzrost mocy dawki promieniowania gamma w skali określonej przez nas współczynnikiem korelacji.

Tabela 2b. Korelacje pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma mierzonymi sondą FHZ-621 a grubością warstwy śniegu w okresie 2002 – 2008.

Nr Stacji	Stacja		Współczynnik korelacji liniowej
1	Warszawa		-0,610
2	Gdynia		-0,186
4	Mikołajki		-0,788
6	Gorzów Wlkp.		-0,526
7	Świnoujście		-0,565
8	Legnica		-0,345
151	Włodawa		-0,444
165	Zakopane		-0,777
166	Lesko		-0,747
Wartość Średnia			-0,554

Podobnie jak poprzednio obserwujemy niezerowe korelacje. Wartość ujemna wynika z wspomnianego już ekranowania promieniowania gamma przez warstwę śniegu. Obliczona wartość średnia pokazuje, że również w tym wypadku współczynnik nie ma charakteru chaotycznego tylko również jednoznacznie i wyraźnie wiąże osłabienie mocy dawki przy pojawieniu się pokrywy śnieżnej.

Pokazane zostały również rozkłady wartości mocy dawki sondy FHZ, mierzone na wszystkich stacjach (rys. 19 – 27) w latach 2002-2008. W warunkach standardowych (brak awarii czy prób jądrowych) można oczekiwać, że rozkład taki powinien być zbliżony do rozkładu normalnego, z jednym wyraźnie zaznaczonym maksimum. Jednak, rozkłady te wykazują dla niektórych stacji wyraźną asymetrię (długi „ogon” od strony niskich wartości), a w Zakopanem i Lesku mają charakter bimodalny. Ten efekt jest wynikiem raptownych zmian mierzonych wartości mocy dawki, jak to widać na rysunkach 26 i 27. Efekt ten był zauważony już w poprzednich pracach, a zwiększenie badanego okresu czasowego potwierdza istnienie takich zależności. Jeśli przyjrzeć się nałożonym na siebie przebiegom rocznym wartości mocy dawki oraz poszczególnych elementów meteorologicznych, to uwidaczniają się wszystkie wyżej wspomniane efekty (rys. 1 do 18).

W przypadku pokrywy śnieżnej, szczególnie dobrze jest to widoczne w Zakopanem i Lesku (rysunki 15 i 17). Długotrwałe zaleganie pokrywy śnieżnej powoduje obniżenie mierzonych wartości mocy dawki i na odwrót, jej zanik (koniec marca każdego roku) daje w rezultacie raptowny skok wartości mierzonych i, co za tym idzie, efekt drugiego maksimum w histogramie wartości.

Jeśli chodzi o opady, to ich duża wysokość przekłada się na raptowny wzrost mocy dawki mierzonej na stacjach (np. rysunki 16 i 18). Jeśli taki opad nie ma charakteru trwałego, to zaraz potem następuje spadek wartości mocy dawki.

Powyższe wartości współczynników korelacji liniowej potwierdzają dedukcyjne wyprowadzone relacje między wartościami mocy dawki a wybranymi zjawiskami meteorologicznymi i to zarówno w przypadku dodatnich korelacji mocy dawki – z wysokością opadu, jak i ujemnych – z grubością pokrywy śnieżnej.

4.2 Radioaktywność aerozoli powietrza.

Skażenia promieniotwórcze, przedostające się do atmosfery w miejscu awarii urządzeń jądrowych, przenoszone są masami powietrza na obszary, nad którymi masy te się przemieszczają. Dlatego też do najszybszych metod wykrywania skażeń należą pomiary radioaktywności aerozoli powietrza. Obecność w powietrzu radionuklidów naturalnych poważnie utrudnia wykrywanie radionuklidów pochodzenia sztucznego, gdyż ich stężenia w powietrzu są często mniejsze od zmian stężeń radionuklidów naturalnych zależnych od warunków pogodowych.

Pomiary radioaktywności aerozoli powietrza począwszy od stycznia 2000 r wykonywane są za pomocą zestawów aparatury typu FHT59Si, prowadzących pomiary w sposób ciągły w trybie "on line". Urządzenia te zostały zainstalowane w siedmiu stacjach IMGW, nie otrzymały je stacje w Warszawie i Gdyni. W tych dwóch miejscowościach CLOR w latach dziewięćdziesiątych rozpoczął pomiary aktywności aerozoli powietrza za pomocą stacji ASS-500, wyposażone w przystawki do wczesnego ostrzegania o skażeniu promieniotwórczym powietrza. Urządzenia typu FHT59Si mierzą w sposób ciągły koncentrację aktywności radioizotopów naturalnych alfa promieniotwórczych oraz radioizotopów sztucznych alfa i beta promieniotwórczych. Zasada pomiaru radioaktywności w tego typu urządzeniach polega na zasysaniu przez filtr taśmowy aerozoli powietrza i jednoczesnym pomiarze detektorem umieszczonym nad taśmą filtracyjną aktywności radionuklidów alfa i beta promieniotwórczych. Powierzchnia osadzania aerozoli na taśmie ma kształt koła o średnicy 50 mm, przez którą w ciągu 30 min. zasysane jest powietrze, po czym następuje kilkusekundowa przerwa w zasysaniu i przesuw taśmy o 1/10 średnicy powierzchni zbierania aerozoli. Taki częściowy przesuw powierzchni osadzania aerozoli służy do utrzymania równowagi rozpadu naturalnych radionuklidów na filtrze. Pomiary szybkości zliczeń promieniowania alfa i beta realizowane są w procedurze dyskryminacji amplitudy. Do obliczania aktywności całkowitej stosuje się specjalny algorytm pomiaru aerozoli. Aktywność alfa i beta sztucznych radionuklidów wyznaczana jest jako różnica między aktywnością całkowitą danego promieniowania a jego aktywnością naturalną. Uwzględniając objętość przepompowanego powietrza przez filtr możliwe jest wyznaczenie koncentracji aktywności danego promieniowania.

Urządzenie FHT59Si składa się z następujących elementów:

- zespołu poboru powietrza z pompą próżniową ($8 \text{ m}^3/\text{h}$) i systemem pomiaru przepływu powietrza przez filtr taśmowy;
- mechanizmu przesuwu filtru taśmowego sterowanego procesorem;
- detektora krzemowego typu PIPS z osłoną ołowianą;
- komputerowego modułu pomiarowego FHT 8000 z interfejsem szeregowym do transmisji wyników.

Moduł FHT 8000 urządzenia aerozolowego podłączony jest do komputera PC, który za pomocą programu NetView zbiera wyniki mierzonych wielkości w oddzielnych plikach, pozwala na ich wizualizację oraz porównuje zbierane wartości z zadanymi progami alarmowymi, sygnalizując w przypadku ich przekroczenia wyświetleniem odpowiednich

napisów i włączeniem sygnału dźwiękowego. Jest to sygnalizacja przewidziana dla personelu stacji. Natomiast do automatycznego sporządzania depechy alarmowej i wysłania jej do komputera telekomunikacyjnego w Warszawie służy program Monitor, który obsługuje również sondę inteligentną. Program ten po zakończeniu pełnej godziny odczytuje z pamięci urządzenia aerozolowego wyniki pomiarów dwóch ostatnich półgodzinnych pomiarów poszczególnych wielkości, uśrednia je, a otrzymane wyniki przypisuje godzinie rozpoczęcia pobierania tych półgodzinnych próbek. Tak więc np. wartość przypisana godzinie 6⁰⁰ jest średnią z dwóch pomiarów prowadzonych od 6⁰⁰ do 7⁰⁰, przy czym wszystkie godziny podawane są w czasie UTC. Doba pomiarowa próbki aerozolowej trwa od godziny 6⁰⁰ do 5⁰⁰ następnego dnia i liczona jest jako średnia z godzinnych wartości. W ten sposób otrzymuje się średnią aktywność promieniowania alfa naturalnych nuklidów oraz aktywności promieniowania alfa i beta sztucznych radionuklidów. Aktywności tych ostatnich otrzymywane jako wynik odejmowania aktywności naturalnej od całkowitej obarczone są pewnym błędem, którego wielkość uzależniona jest od doboru wprowadzanych współczynników kompensacyjnych w równaniach algorytmu pomiarów aerozolowych. Bez względu na wielkość uzyskuje się za pomocą procedury kalibracyjnej, w czasie której wykonuje się 3-minutowe pomiary tła dla promieniowania alfa i beta oraz kolejno liczbę zliczeń wzorców: Am-241 i Sr-90. Wyniki koncentracji aktywności podawane są w Bq/m³. Dla promieniowania alfa i beta sztucznych radionuklidów próg alarmu koncentracji aktywności przyjęto na poziomie 1 Bq/m³.

Wyniki pomiarów średniej dobowej aktywności promieniowania alfa naturalnych radionuklidów w okresie od 1 stycznia do 31 grudnia 2008 r. wahały się w przedziale 1,4 - 41,1 Bq/m³, natomiast podobne wyniki promieniowania alfa i beta dla sztucznych radionuklidów wyniosły: 0,0 - 0,4 dla promieniowania alfa oraz 0,0 - 0,3 dla promieniowania beta.

Analogicznie jak w przypadku mocy dawki promieniowania gamma można zakładać, że istnieją pewne zależności między mierzonymi wartościami promieniowania alfa pochodzącego z rozpadu występującego naturalnie w przyrodzie radonu i toronu, a wartościami elementów meteorologicznych. Podobnie również jak w przypadku mocy dawki takie założenie jest uzasadnione tym, iż zanieczyszczenia (w tym zanieczyszczenia promieniotwórcze) transportowane są przez ośrodek, który można scharakteryzować między innymi poprzez takie parametry, jak wysokość i rodzaj opadu, temperatura, prędkość wiatru itp., a zatem, od strony fizycznej, w atmosferze znajdują się pewne promieniotwórcze substancje w różnych stanach skupienia (od gazów do ciał stałych) i poziom promieniowania, który mierzony jest przez odpowiednie urządzenia, zależy od stanu atmosfery, a zatem również od wielkości różnych parametrów meteorologicznych np. temperatura, deszcz, śnieg, wiatr itp.

Jednakże, odwrotnie niż w przypadku mocy dawki, można postawić tezę, opad w postaci śniegu lub deszczu powinien zmniejszyć wartości naturalnego promieniowania alfa aerozoli, gdyż w zasadzie w sposób nieodwracalny wymywa on do gleby część aerozoli przenoszonych w powietrzu, która to część jest źródłem promieniowania, normalnie wykrywanego przez

urządzenia pomiarowe.

Jako zakres czasowy badań przyjęto lata 2000-2008. Dla tego okresu te dwa elementy meteorologiczne – opad atmosferyczny w postaci wody oraz w postaci śniegu – zostały dokładniej zbadane pod kątem ewentualnych związków z wielkościami naturalnego promieniowania alfa mierzonymi na następujących stacjach sieci pomiaru skażeń: Mikołajki, Świnoujście, Zakopane i Lesko.

Zbadano przede wszystkim rozkłady wartości promieniowania mierzone na tych stacjach (rysunki 38 i 41). Stwierdza się zasadniczo różny charakter rozkładów w porównaniu do mocy dawki – długi „ogon” rozkładu skierowany był w stronę wysokich wartości, natomiast od strony zera rozkład był raptownie odcięty.

Jeśli przyjrzeć się nałożonym na siebie przebiegom rocznym wartości promieniowania alfa oraz poszczególnych elementów meteorologicznych, to efekt ten staje się zrozumiały, a teza o relacjach między tymi mierzonymi wartościami promieniowania a elementami meteorologicznymi wydaje się być właściwa.

Duża wysokość opadu powoduje silne wymywanie i mokrą depozycję do gruntu aerozoli, a co za tym idzie, zmniejszenie wartości promieniowania alfa aerozoli (rysunki 31, 33, 35 i 37). Jeśli taki opad nie ma charakteru długotrwałego, to zaraz potem następuje wzrost wartości.

Dla statystycznej weryfikacji hipotez o relacjach między wartościami promieniowania alfa aerozoli a poszczególnymi elementami meteorologicznymi obliczone zostały współczynniki korelacji. Wartości korelacji zamieszczone są w tabelach 3a i 3b.

Tabela 3a. Korelacje między wartościami naturalnego promieniowania alfa aerozoli a sumą dobową opadu w okresie 2002 – 2008.

Nr Stacji	Stacja	Współczynnik korelacji liniowej
8	Legnica	-0,086
7	Świnoujście	-0,058
165	Zakopane	-0,191
166	Lesko	-0,121

Analizując powyższą tabelę widzimy niezerowe korelacje, ale także że są one mniejsze niż w przypadku mocy dawki. Wnioskujemy stąd, że mierzone wartości promieniowania alfa są mniej czułe na opady atmosferyczne niż moc dawki. Wartości ujemne współczynnika wynikają z faktu, przypomnijmy jeszcze raz, że deszcz usuwa z powietrza pierwiastki alfa promieniotwórcze i co za tym idzie nie są mierzone na aparaturze pomiarowej typu FHT59Si.

Tabela 3b. Korelacje między wartościami naturalnego promieniowania alfa aerozoli a grubością pokrywy śnieżnej w okresie 2002 – 2008.

Nr Stacji	Stacja		Współczynnik korelacji liniowej
8	Legnica		-0,106
7	Świnoujście		-0,034
165	Zakopane		-0,370
166	Lesko		-0,092

Podobnie jak w przypadku opadu atmosferycznego, śnieg usuwa z powietrza pierwiastki alfa radioaktywne. Opad śniegu w znacznie mniejszym stopniu wpływa jednak na osłabienie promieniowania alfa niż na osłabienie mocy dawki. Dodatkowy wpływ mają czynniki związane z ruchem mas powietrza oraz czynniki geologiczne.

4.3 Radioaktywność opadu całkowitego i opadów atmosferycznych.

Stacje pomiarowe systematycznie zbierają dobowe próbki opadu całkowitego do plastikowych naczyń, zaopatrzonych w osłony chroniące przed wywiewaniem zbieranych zanieczyszczeń. Globalna aktywność beta próbki mierzona jest po 5 dobach od zakończenia jej ekspozycji. W ciągu całego 2008 roku zmierzone w placówkach aktywności dobowych próbek opadu całkowitego leżą w granicach 0 - 6 Bq/m².

Próbka dobowego opadu całkowitego o aktywności przekraczającej 5 Bq/m² jest dodatkowo mierzona po 15, 25 i 35 dniach od zakończenia jej ekspozycji. Na podstawie zaniku aktywności próbki można ocenić czy zwiększona aktywność pochodzi od krótko czy też długożyciowych radioizotopów. Próbka, której aktywność po 35 dniach nadal jest większa od 5 Bq/m², wskazuje na obecność długożyciowych radioizotopów i jest poddawana pomiarom spektrometrycznym, w celu sprawdzenia obecności Cs-137.

W 2008 roku tylko stacja w Warszawie zarejestrowała 20 sierpnia aktywność próbki dobowego opadu całkowitego równą 6 Bq/m². Aktywność ta po 15 dniach wyniosła już tylko 4,5 Bq/m². W pozostałych stacjach nie zanotowano próbek opadu całkowitego których aktywność po 5 dniach przekraczałaby 5 Bq/m².

W warunkach normalnych, to znaczy bez świeżych produktów rozszczepienia jądrowego w atmosferze, aktywność próbki pochodzi od pochodnych radonu i śladowych ilości sztucznych izotopów (Cs-137 i Sr-90), opadających wraz z aerozolami lub opadem atmosferycznym na powierzchnię ziemi. Dla oszacowania wielkości skażenia powierzchni terenu, opadającymi z atmosfery izotopami promieniotwórczymi, policzono roczne sumy aktywności dobowych próbek opadu całkowitego dla poszczególnych stacji.

Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 4, gdzie podano również zakresy zmierzonych aktywności. Jak wynika z tej tabeli, sumaryczna aktywność rocznego opadu całkowitego jest najniższa w Świnoujściu (0,08 kBq/m²rok), 6 razy niższa niż w Zakopanem (0,50 kBq/m² rok). Średnia roczna aktywność beta opadu całkowitego w 2008 roku wynosi 0,30 kBq/m²rok. Wartość ta jest podobna do notowanych w latach 1999 – 2008 (tabela 5).

W stacjach wykrywania skażeń promieniotwórczych IMGW systematycznie zbierany jest również miesięczny opad całkowity, który w zasadzie służy do oznaczania śladowych ilości sztucznych izotopów, jednak oznacza się w nim także niektóre izotopy naturalne i wykonuje pomiary globalnej aktywności beta. Pomiar globalnej aktywności beta takiej próbki przeprowadza się po 10 dniach od zakończenia jej ekspozycji.

Obliczona roczna suma aktywności beta próbek opadu miesięcznego okazała się około 4 razy niższa niż miesięczna suma aktywności beta próbek opadów dobowych. Różnica ta wynika z faktu, że do czasu pomiaru aktywności (10 dnia po zakończeniu ekspozycji) rozpadowi ulega większa część naturalnych izotopów w próbkach miesięcznych niż w dobowych, których aktywność mierzona jest po 5 dniach od zakończenia ich ekspozycji.

Opady atmosferyczne są nieciągłym zjawiskiem atmosferycznym. Ich występowanie - wpływa wskutek wymywania substancji promieniotwórczych z powietrza zarówno na aktywność aerozoli (zmniejszając ją), jak i opadu całkowitego (zwiększając ją). Zgodnie z przyjętą metodyką wyznaczania aktywności wody opadowej dobowego opadu atmosferycznego oblicza się na podstawie pomiarów aktywności dobowych próbek opadu całkowitego w dniach, dla których dobową wysokość opadu atmosferycznego jest równa lub większa od 1 mm.

Czas ekspozycji próbki jak i wysokość opadu atmosferycznego są liczone od 6⁰⁰ do 6⁰⁰ UTC następnego dnia. Średnie miesięczne i roczne aktywności opadów atmosferycznych otrzymane dla poszczególnych stacji w 2008 r. przedstawia tabela 6. Jak wynika z tej tabeli, średnia roczna aktywność opadu atmosferycznego dla sieci stacji wynosi 344 mBq/l.

Ta wartość jest na poziomie wartości otrzymanych w latach 1999 - 2007 (vide tab. 7) leżących w przedziale od 335 do 383 mBq/l.

Tabela 4. Aktywność beta rocznego opadu całkowitego i zakres aktywności opadu dobo, 2008 r.

Placówka	Opad roczny kBq/m ² rok	Zakres aktywności opadu dobowego, Bq/m ² dobę
Warszawa	0,25	0 - 6
Gdynia	0,21	0 - 2
Mikołajki	0,39	0 - 3
Poznań	0,22	0 - 2
Świnoujście	0,08	0 - 2
Legnica	0,39	0 - 4
Włodawa	0,32	0 - 3
Zakopane	0,50	0 - 3
Lesko	0,33	0 - 2
Średnia	0,30	

Tabela 5. Aktywność beta średniego rocznego opadu całkowitego dla sieci 9 stacji w latach 1999 - 2008, kBq/m²rok.

Rok	Aktywność beta
1999	0,33
2000	0,33
2001	0,34
2002	0,34
2003	0,32
2004	0,34
2005	0,32
2006	0,31
2007	0,31
2008	0,30

Przedstawione w tabeli 6 roczne sumy opadów atmosferycznych wskazują, że średnia roczna aktywność opadów atmosferycznych nie zależy od wielkości tych sum. Proces wymywania substancji promieniotwórczych z powietrza jest skomplikowany, gdyż zależy od rodzaju opadu, jego intensywności, rodzaju chmury opadowej i innych czynników nie rejestrowanych w naszych pomiarach.

4.4 Wyniki pomiarów spektrometrycznych i radiochemicznych zbiorczych próbek opadu całkowitego.

W 2008 roku kontynuowano oznaczanie izotopów i ich aktywności w zbiorczych próbkach miesięcznego opadu całkowitego. Metodą spektrometrii gamma oznaczano izotopy cezu 134 i 137, a także niektóre izotopy naturalne, jak: Ra-226, Ac-228, Be-7 i K-40 oraz metodą radiochemiczną - Sr-90.

Próbki miesięcznego opadu całkowitego były zbierane do trzech stojących obok siebie kuwet fotograficznych o powierzchni 0,15 m² każda, łączna więc powierzchnia zbierająca dla tej próbki wynosi 0,45 m².

Zbiorcze próbki miesięcznego opadu za 2008 rok mierzono w Warszawie i w Gdyni na spektrometrze w przyjętej geometrii po przeprowadzeniu kalibracji przy pomocy specjalnie przygotowanych wzorców. Kalibracja ta pozwoliła na wyznaczenie współczynników wydajności detektora dla fotonów o energiach obejmujących zakres od 60 keV do 1,8 MeV.

Przygotowanie zbiorczej próbki do pomiarów spektrometrycznych polega na dokładnym

wymieszaniu popiołu, otrzymanego w poszczególnych stacjach po spopieleniu próbki miesięcznego opadu całkowitego i przeniesieniu go do pojemnika pomiarowego. Powierzchnia zbierająca dla zbiorczej próbki z 9 stacji wynosi $9 \times 0,45 \text{ m}^2 = 4,05 \text{ m}^2$.

Aktywności Cs-137 i Sr-90 w średnim miesięcznym opadzie całkowitym, zebrany w stacjach wykrywania skażeń IMGW, przedstawiono w tabeli 9. Wyniki te również zostały podane w odpowiednich zestawieniach oraz przedstawione na załączonych rysunkach.

W tabeli 8 widać, że średnia miesięczna aktywność Cs-137 waha się w ciągu roku w granicach od 0,018 do 0,065 Bq/m²mies., a jej suma roczna wynosi 0,452 Bq/m²rok.

Natomiast dla Sr-90 wielkości te wynoszą odpowiednio: 0,007 - 0,013 Bq/m²mies., a dla sumy rocznej - 0,129 Bq/m²rok. Błąd pomiaru aktywności tych izotopów (vide tabela 8) zawiera się w granicach: 8 - 17% dla Cs-137 i 9 - 43 % dla Sr-90.

Aktywność naturalnych izotopów w średnim miesięcznym opadzie całkowitym przedstawiono w tabeli 9, gdzie gwiazdką (*) oznaczono te wartości dla Ra-226 i Ra-228, które zostały zastąpione dolnym limitem detekcji. Takie wartości często występują przy pomiarze aktywności tych dwóch izotopów, co jest spowodowane ich małą koncentracją w powietrzu. Po zmianie geometrii pomiaru próbek i zwiększeniu powierzchni zbierającej opad całkowity dokładność tych pomiarów nieznacznie się zwiększyła.

Tabela 6. Średnia miesięczna aktywność i roczna suma opadu atmosferycznego, 2008 r.

Placówka	Aktywność, mBq/l													Roczna suma opadów atm. mm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Średn.	
Warszawa	217	278	263	272	234	311	195	394	315	439	432	271	302	554,8
Gdynia	185	404	256	371	235	247	287	206	144	222	153	273	249	549,4
Mikołajki	408	638	409	326	364	435	409	262	469	448	723	278	431	662,2
Poznań	260	56	283	73	604	319	277	359	288	367	492	231	301	527,0
Świnoujście	89	130	76	90	0	85	46	67	69	32	31	54	64	658,9
Legnica	373	442	503	466	396	495	394	462	380	302	764	427	450	474,5
Włodawa	400	604	459	375	346	354	357	196	264	229	646	785	418	627,1
Zakopane	489	937	601	628	372	596	381	450	383	273	665	440	518	1178,8
Lesko	414	546	587	497	341	354	147	283	209	308	359	351	366	856,7
Średnia	315	448	382	344	321	355	277	298	280	291	474	346	344	

Tabela 7. Średnia roczna aktywność beta opadów atmosferycznych w latach 1999 - 2008, mBq/l.

Placówka	Lata									
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Warszawa	280	374	324	340	340	369	329	382	291	302
Gdynia	250	301	288	180	220	215	293	309	223	249
Mikołajki	424	442	514	598	502	535	455	449	421	431
Poznań	385	406	471	457	512	452	398	368	290	301
Świnoujście	258	155	106	127	151	164	147	62	94	64
Legnica	510	512	530	420	497	439	424	467	487	450
Włodawa	357	281	384	417	356	366	359	367	427	418
Zakopane	515	391	490	345	447	453	419	511	470	518
Lesko	360	335	320	393	421	401	398	359	362	366
Sieć placówek	371	335	381	364	383	377	358	364	340	344

Z przedstawionych w tabeli 9 danych wynika, że aktywność Be-7 waha się w ciągu roku w przedziale od 36,5 do 162,1 Bq/m²mies., a aktywność K-40 w granicach 0,870 - 2,273 Bq/m²mies. Błąd względny pomiaru aktywności izotopu Be-7 wynosi około 2 %, a dla K-40 leży granicach 7 – 31 %. Jeśli chodzi o otrzymane aktywności dla izotopów radu, to można przyjąć, że średnia miesięczna aktywność dla Ra-226 jest mniejsza od 0,16 Bq/m²mies. a dla Ra-228 - od 0,05 Bq/m²mies.

Tabela 8. Aktywność Cs-137 i Sr-90 w średnim miesięcznym opadzie całkowitym w 2008, Bq/m²mies.

Miesiąc	Izotop			
	Cs – 137		Sr – 90	
	Aktywność	Błąd	Aktywność	Błąd
01	0,024	0,002	0,011	0,003
02	0,018	0,003	0,010	0,001
03	0,034	0,003	0,007	0,003
04	0,065	0,007	0,010	0,003
05	0,056	0,005	0,012	0,003
06	0,043	0,004	0,011	0,003
07	0,041	0,006	0,010	0,003
08	0,061	0,004	0,013	0,002
09	0,031	0,003	0,010	0,003
10	0,029	0,003	0,011	0,001
11	0,026	0,005	0,013	0,003
12	0,024	0,003	0,011	0,002
Suma	0, 452		0,129	

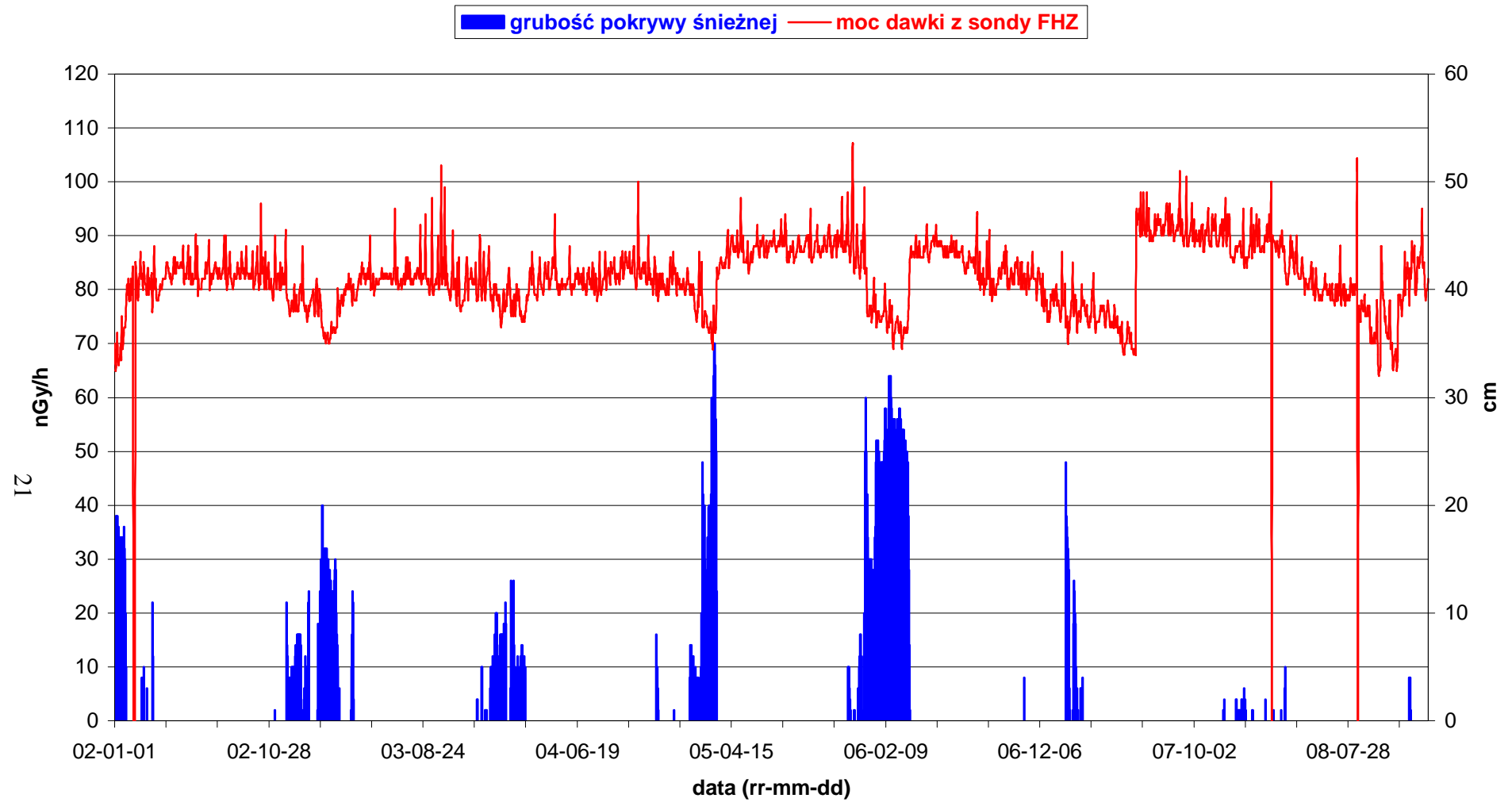
Tabela 9. Aktywność naturalnych izotopów w średnim miesięcznym opadzie całkowitym, 2008 Bq/m²mies.

Miesiąc	Izotop			
	Ra-226	Ac-228	Be-7	K-40
01	* 0,085	0,020	47,313	0,870
02	* 0,089	0,028	36,541	1,132
03	0,141	0,075	62,694	1,358
04	0,260	0,067	69,070	1,899
05	* 0,101	0,081	78,040	2,273
06	0,159	0,039	84,283	1,886
07	0,135	0,031	162,142	1,730
08	0,181	0,070	135,169	2,160
09	0,222	0,064	56,869	1,481
10	0,105	0,062	61,670	1,700
11	0,325	0,018	42,208	1,394
12	* 0,099	0,059	52,323	0,881
Suma	< 1,902	< 0,614	888,322	18,764
Średnia	< 0,159	< 0,051	74,027	1,564

Uwzględniając, że w 2008 roku nie nastąpiło nowe skażenie atmosfery można przyjąć za wartości charakterystyczne dla sieci 9 stacji następujące wartości:

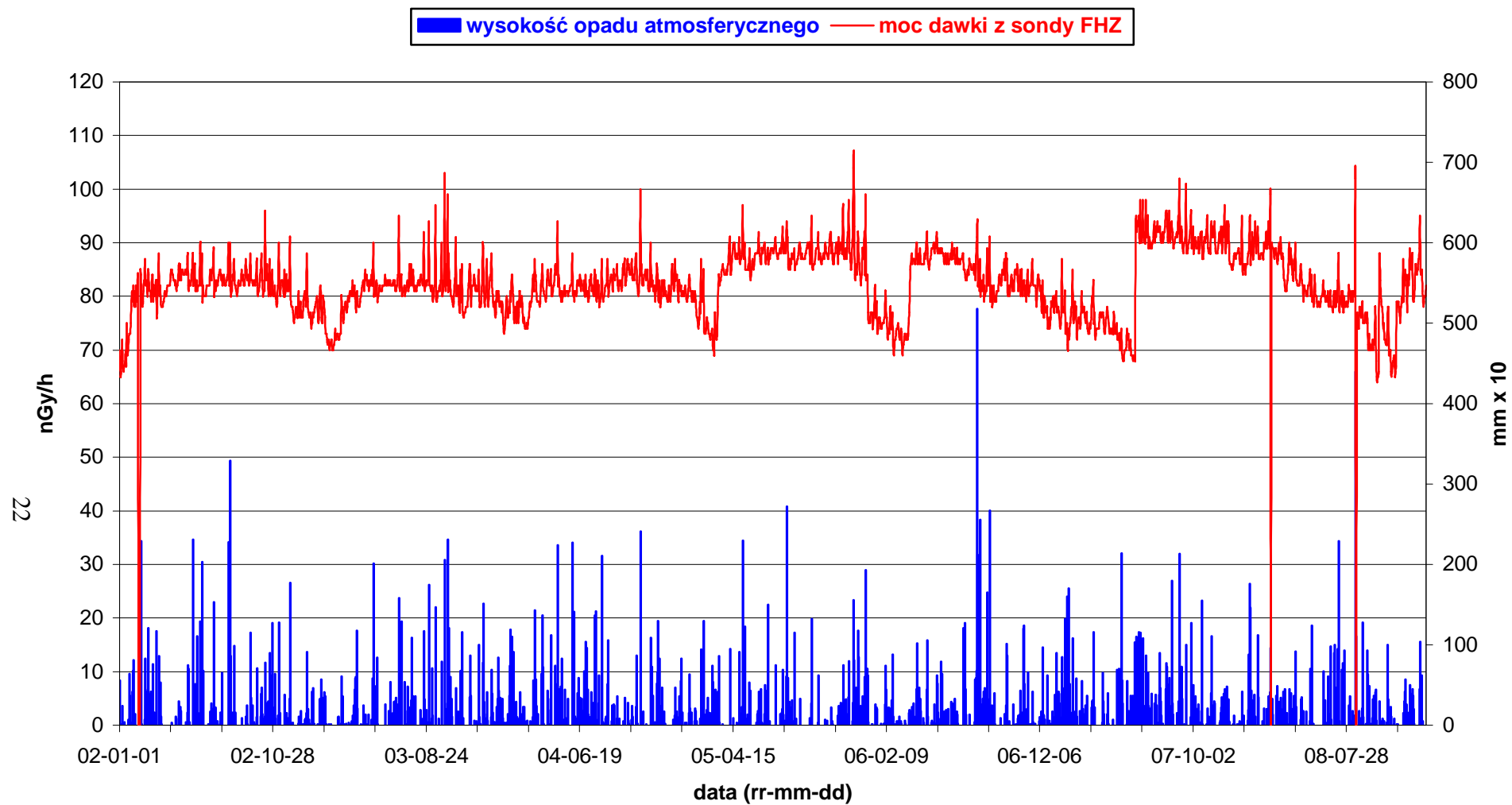
- sumarycznego opadu całkowitego - 0,30 kBq/m²rok;
 - opadów atmosferycznych - 344 mBq/l dla średniej rocznego opadu;
 - izotopu Cs-137 osadzonego na powierzchni ziemi - 0,45 Bq/m²rok;
 - izotopu Sr-90 osadzonego na powierzchni ziemi - 0,13 Bq/m²rok
- oraz średnią roczną wielkość mocy dawki promieniowania gamma - 98 nGy/h.

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Warszawa



Rys. 1

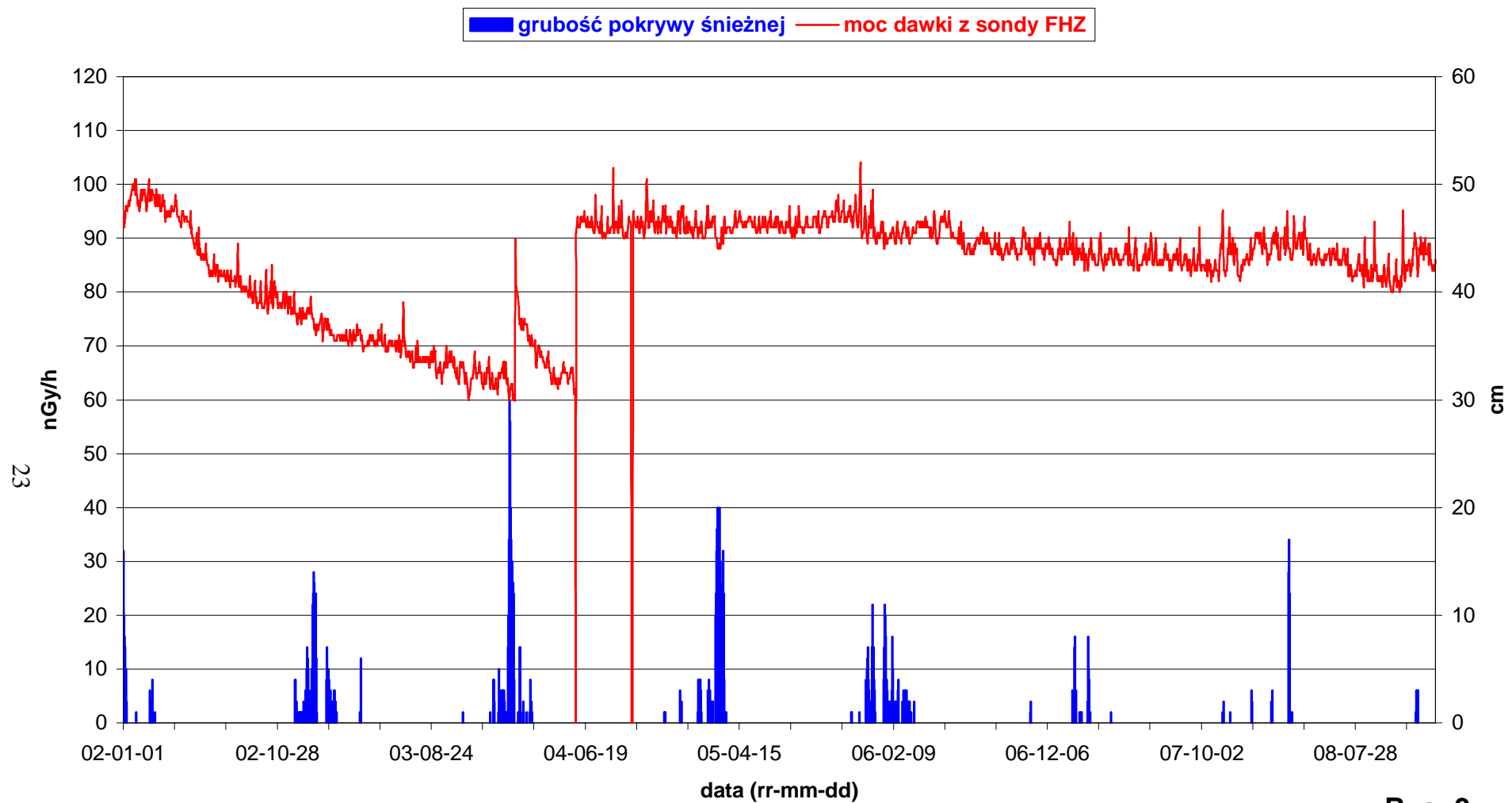
Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Warszawa



22

Rys. 2

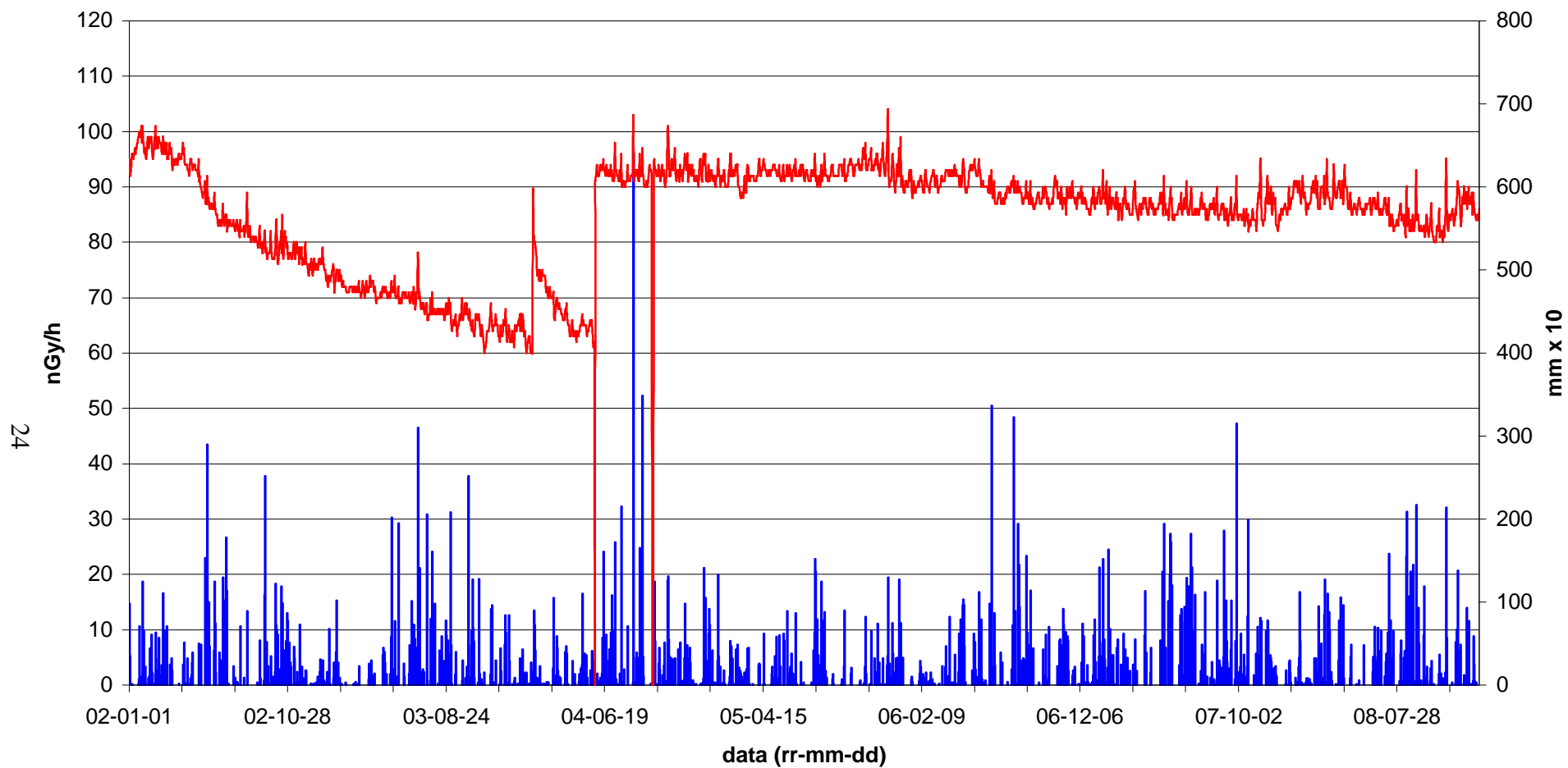
Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Gdynia



Rys. 3

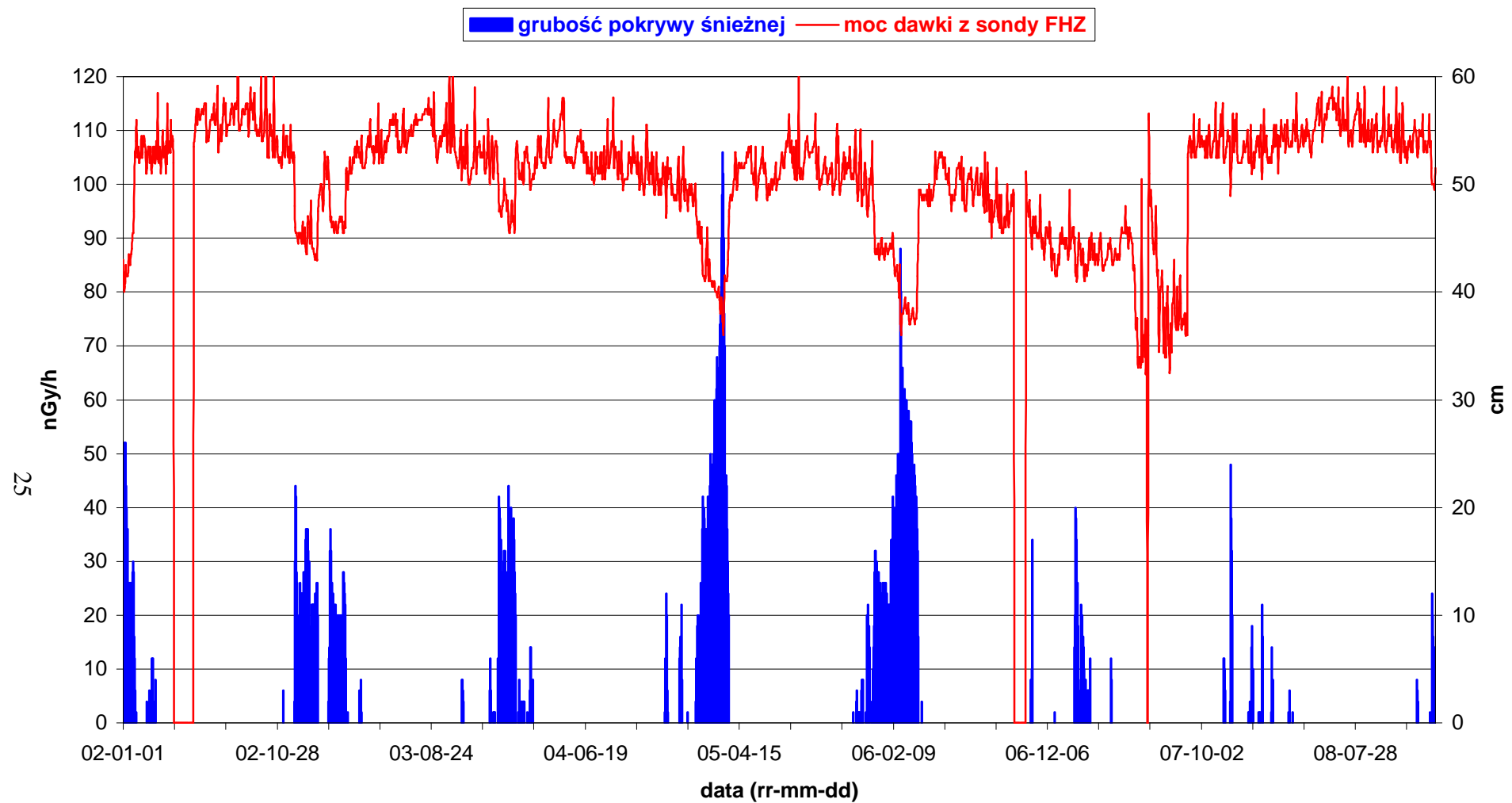
Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Gdynia

wysokość opadu atmosferycznego — moc dawki z sondy FHZ



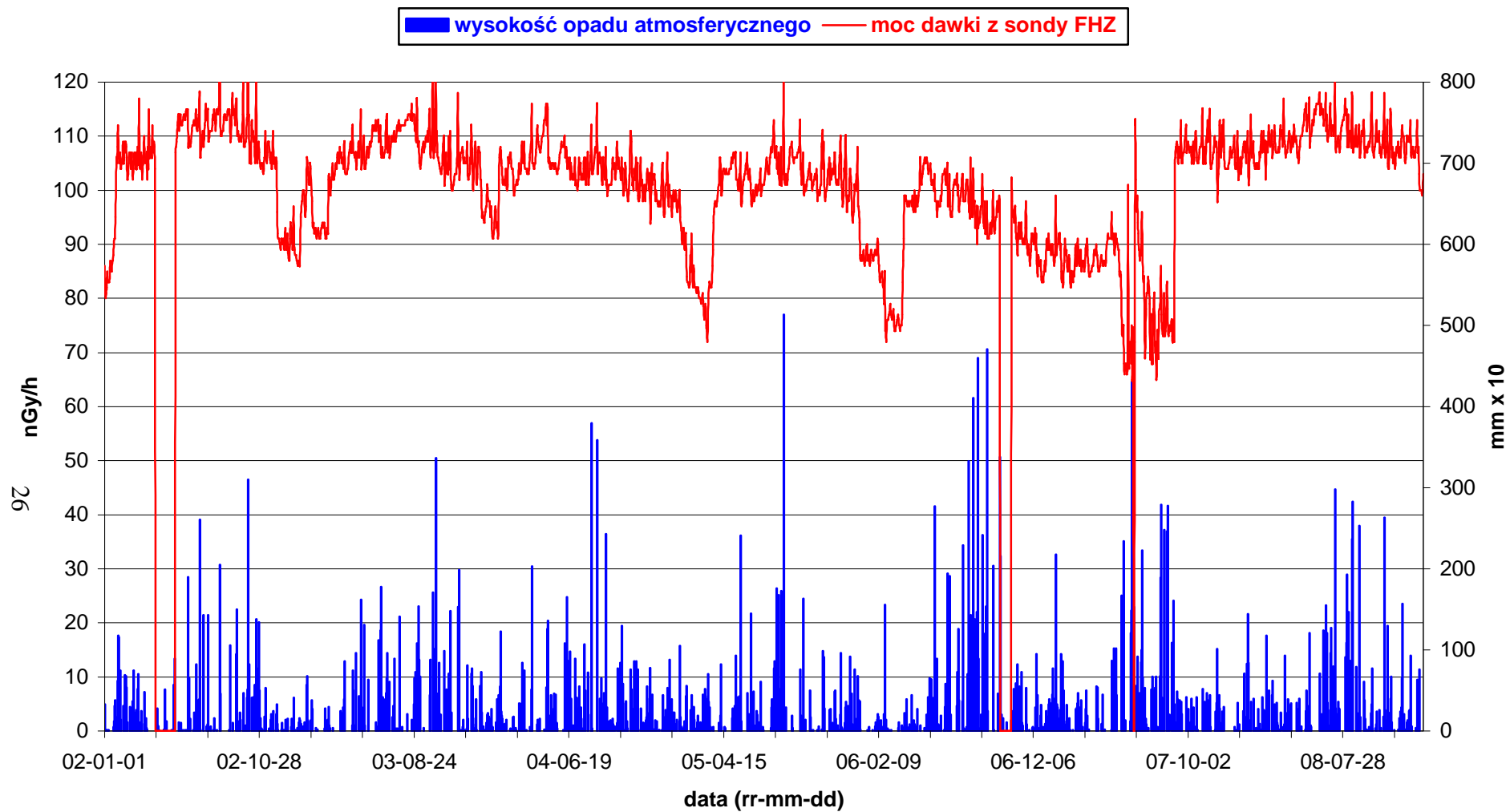
Rys. 4

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Mikołajki



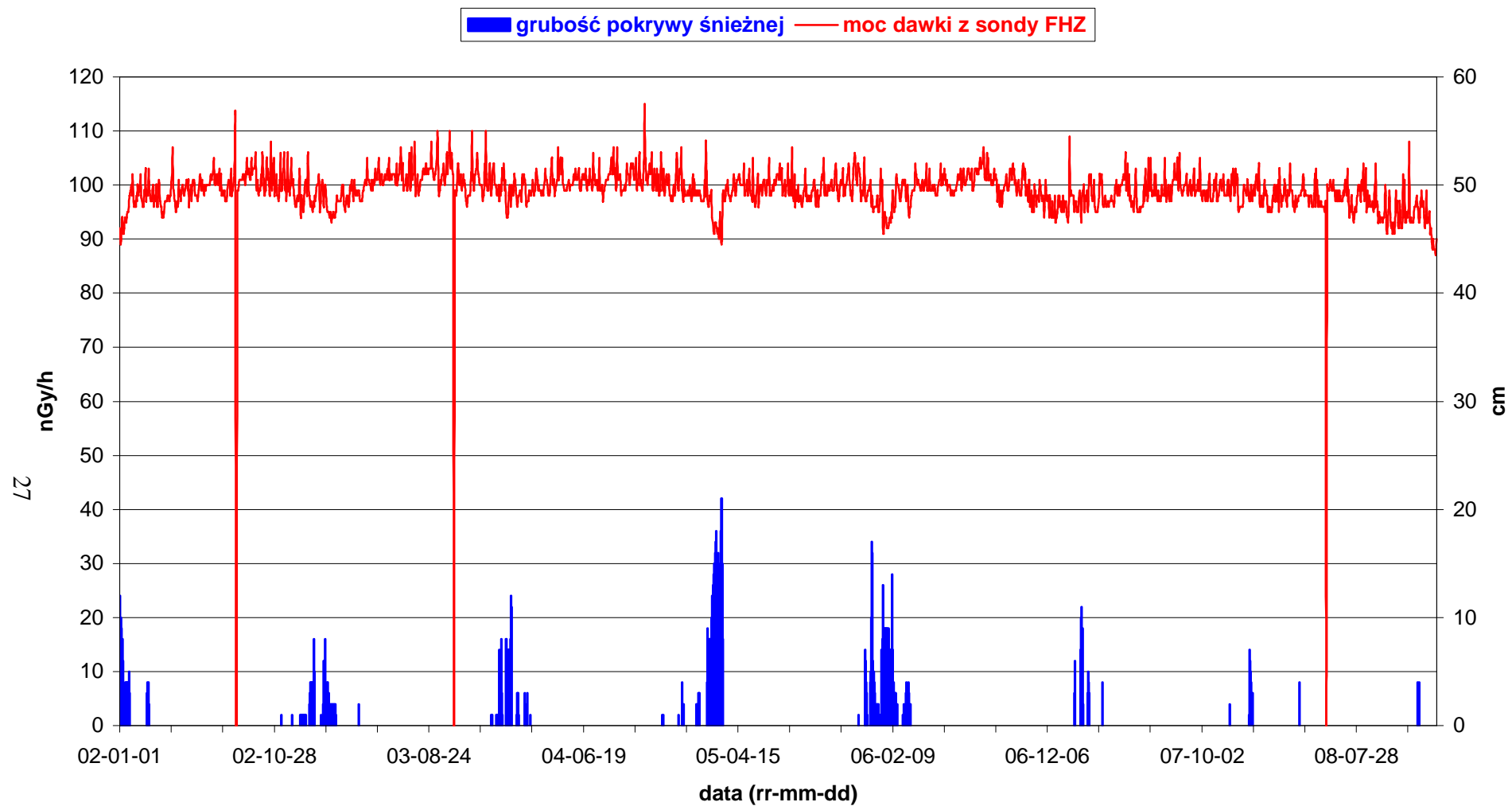
Rys. 5

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Mikołajki



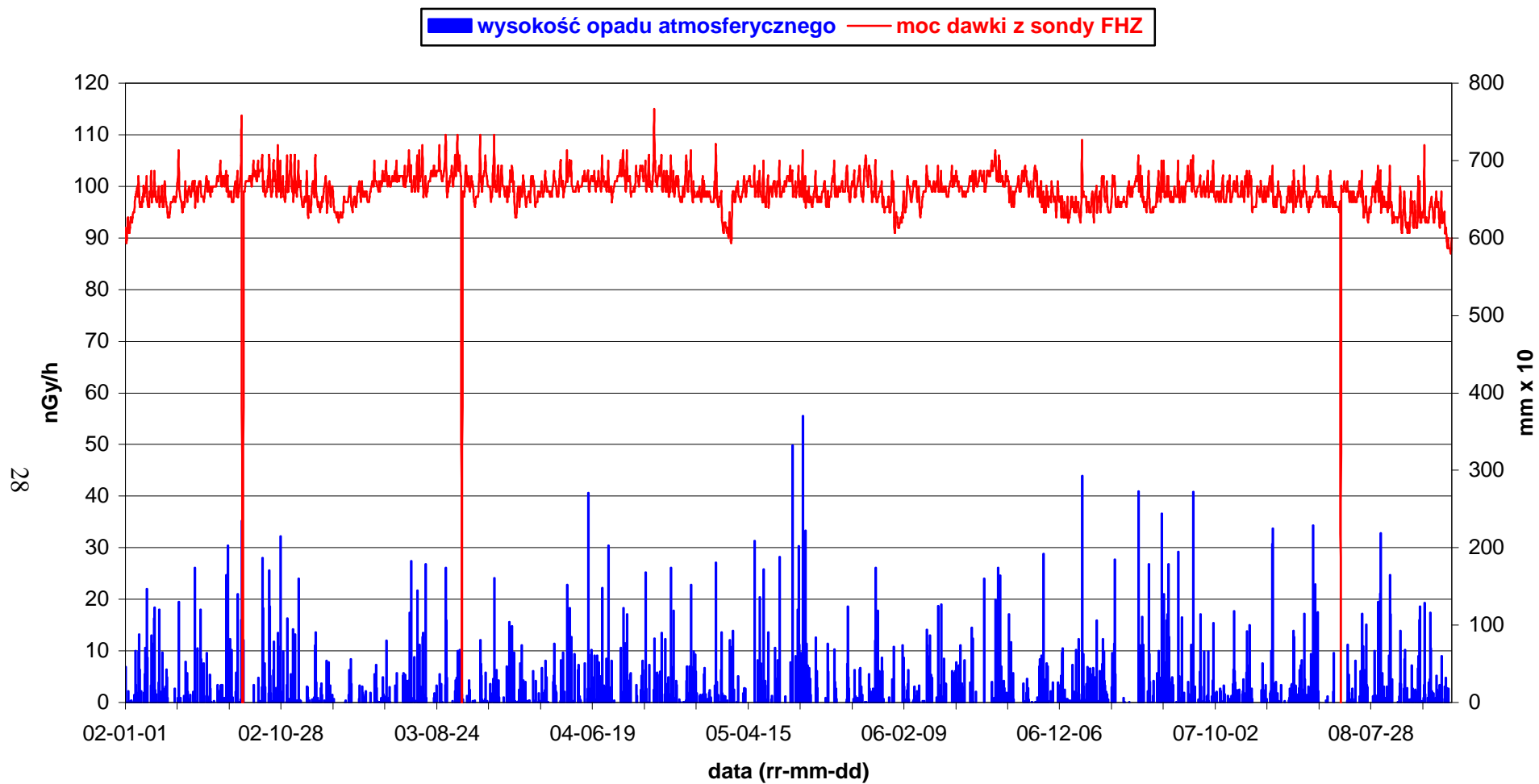
Rys. 6

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Gorzów Wlkp



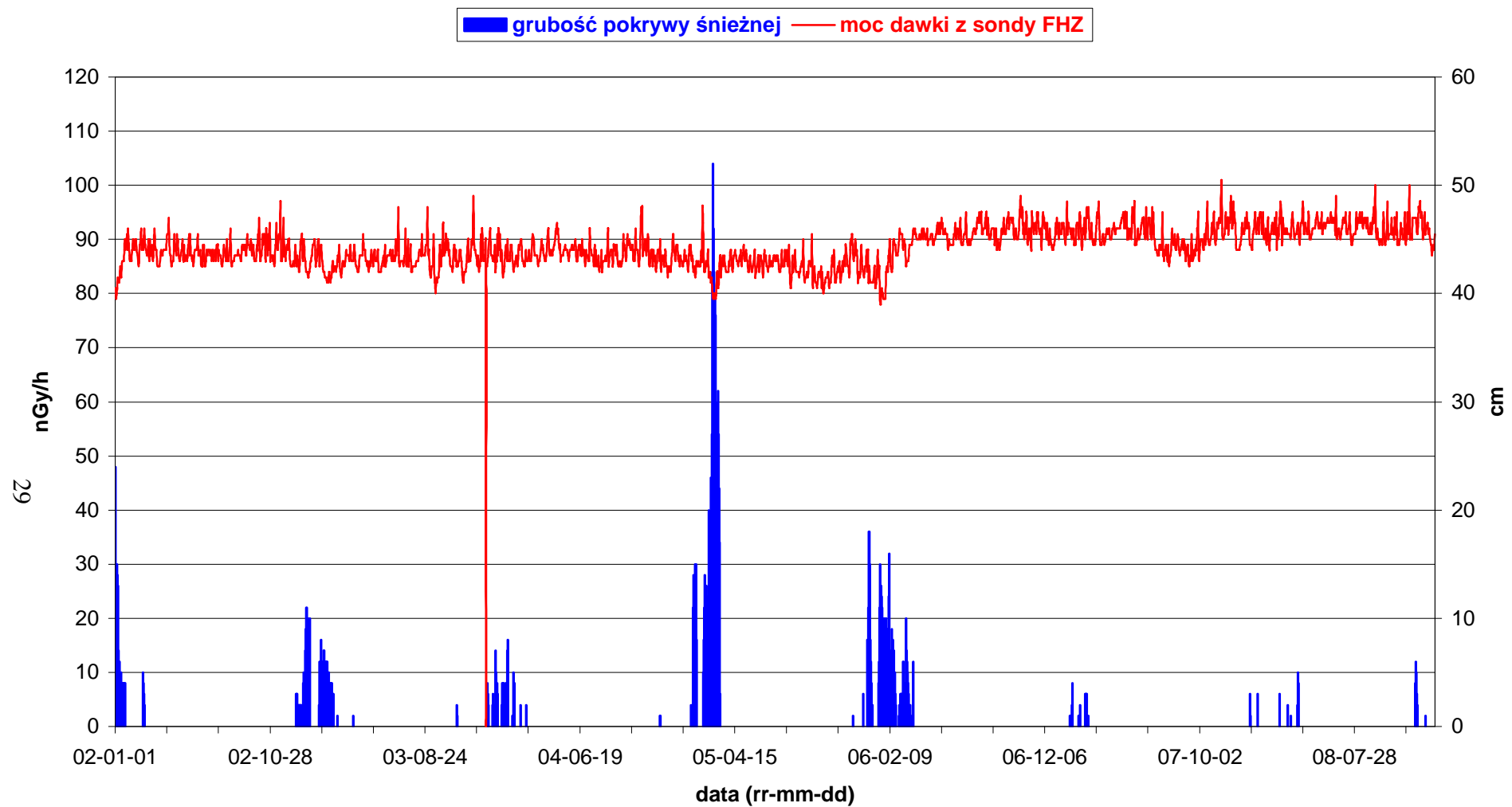
Rys. 7

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Gorzów Wlkp



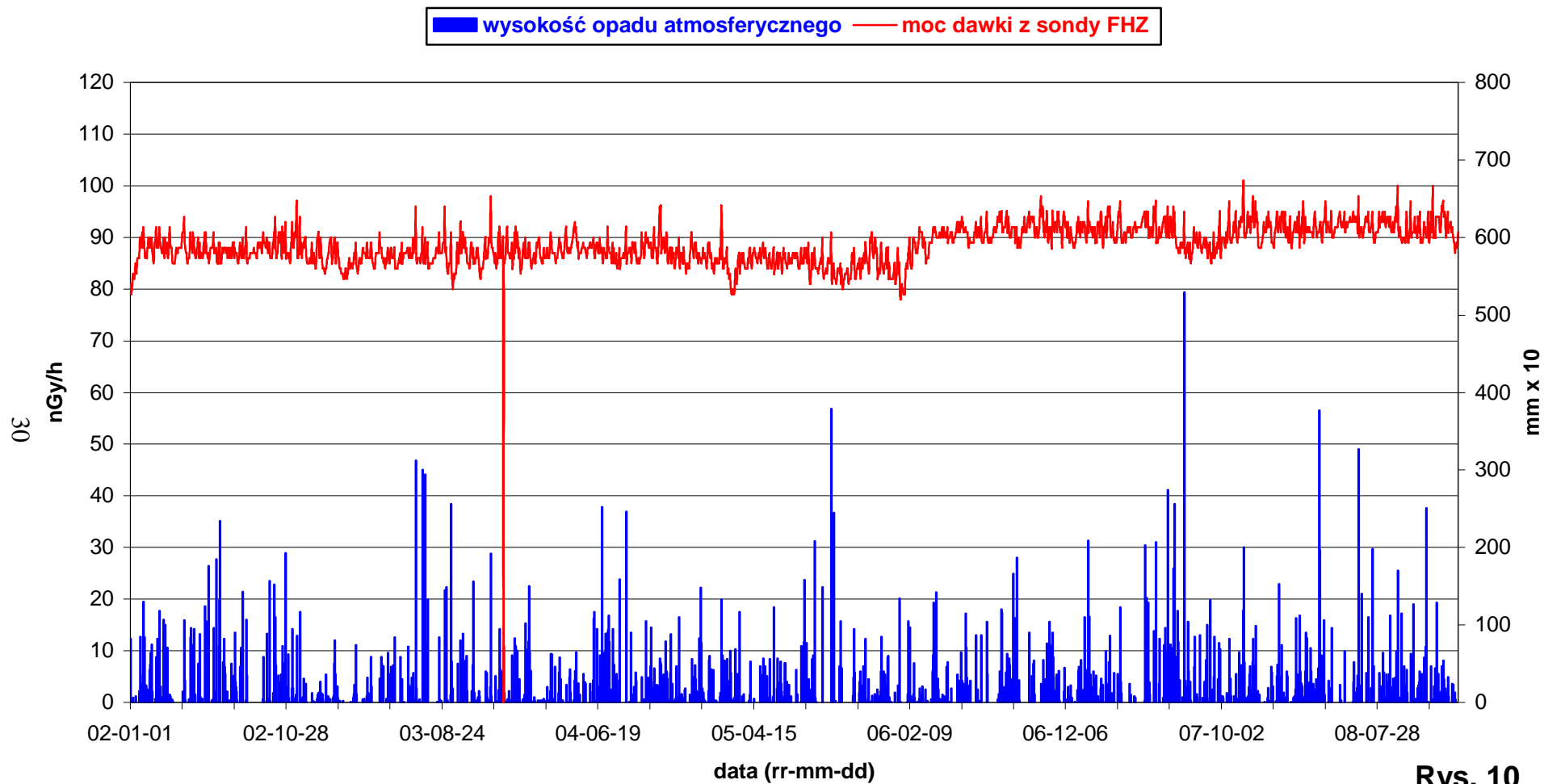
Rys. 8

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Świnoujście



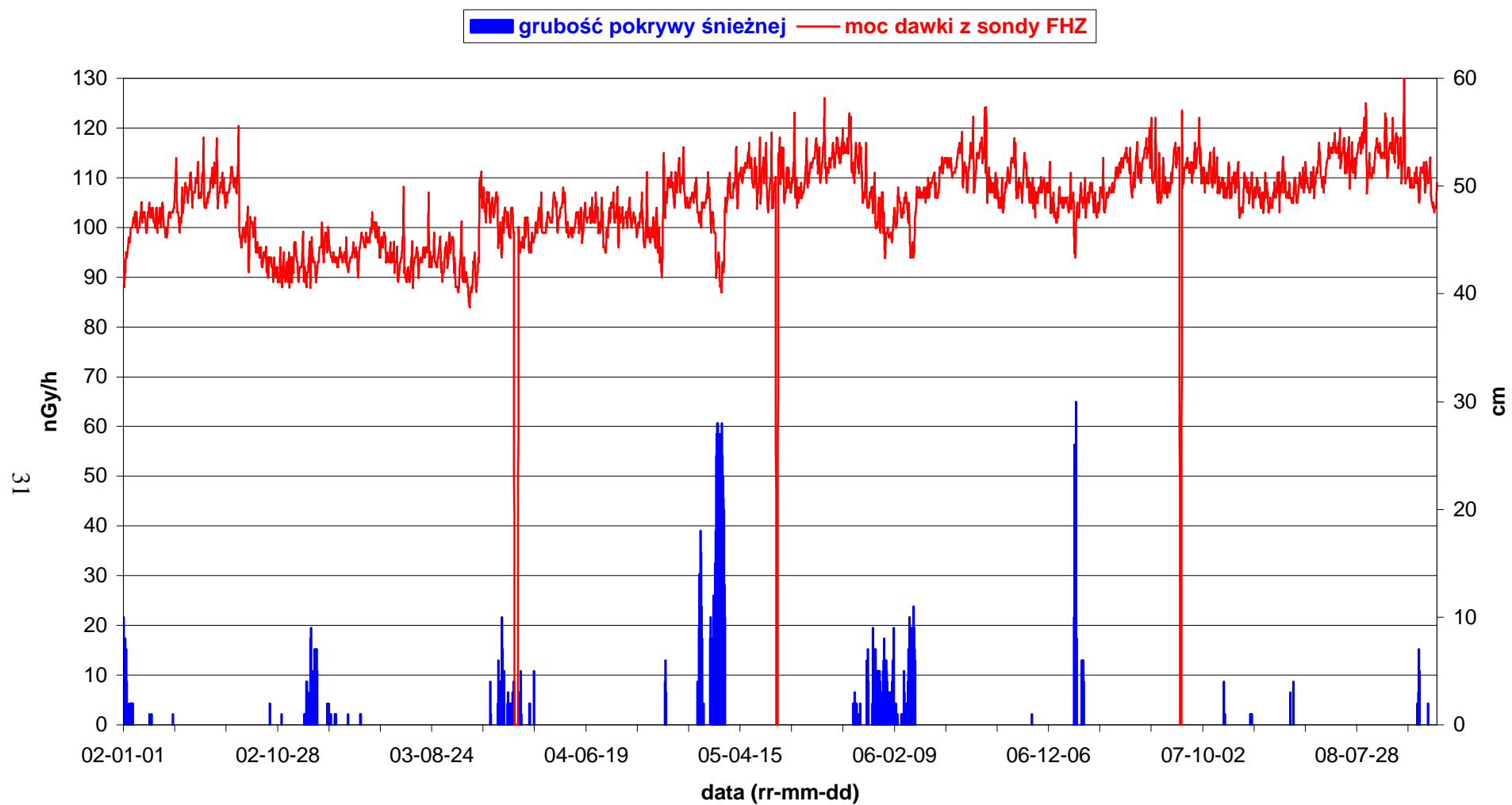
Rys. 9

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Świnoujście



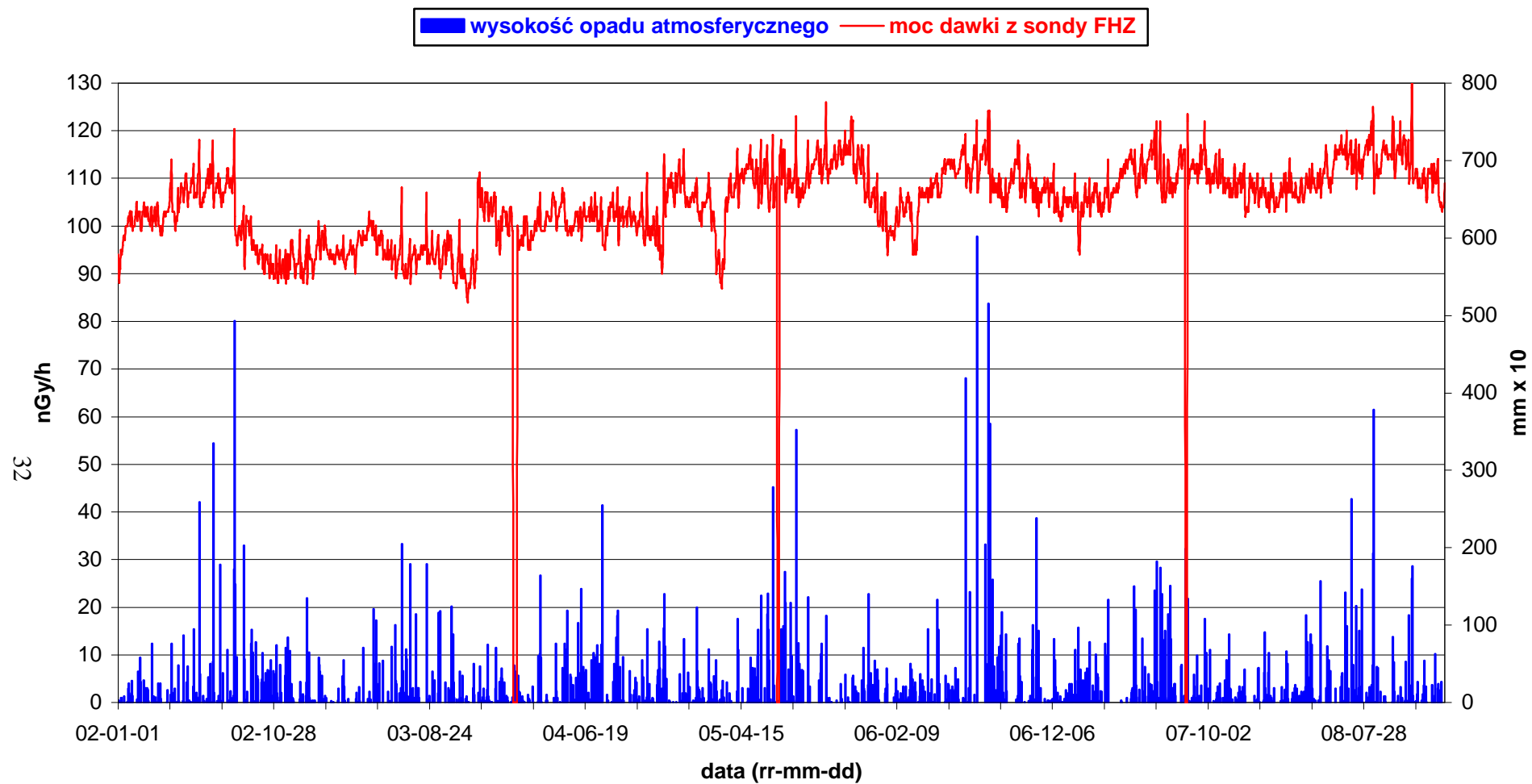
Rys. 10

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Legnica



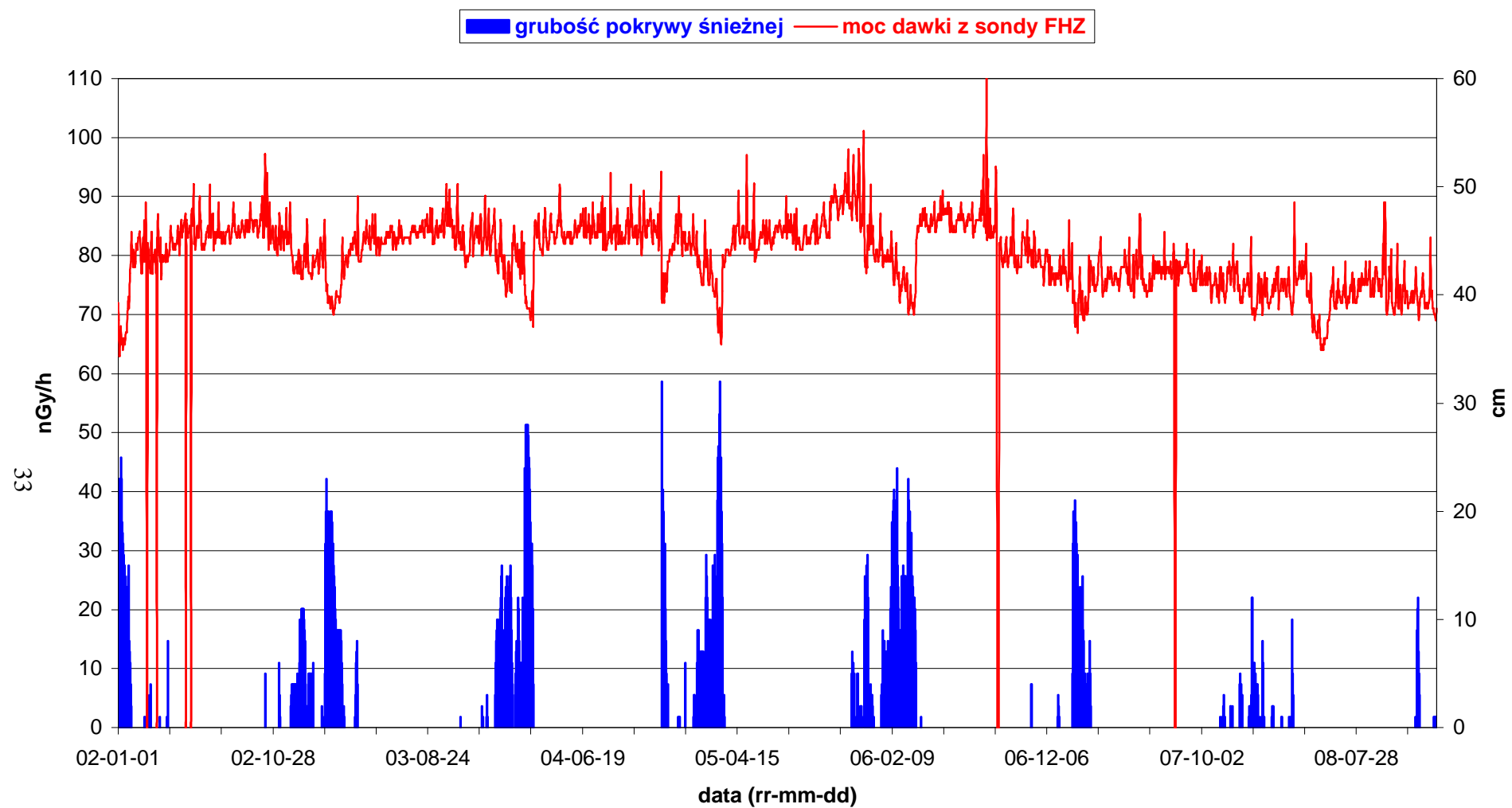
Rys. 11

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Legnica



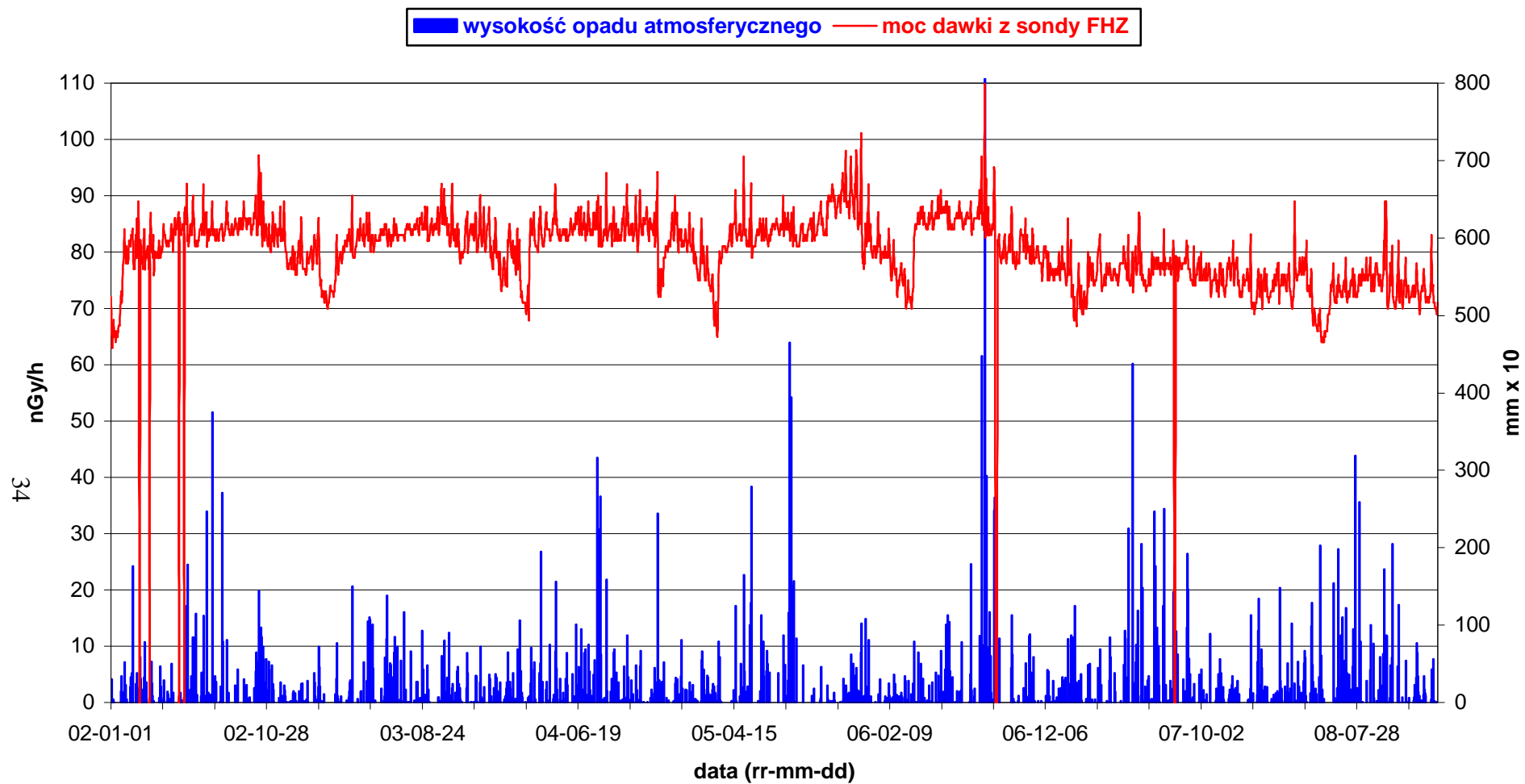
Rys. 12

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Włodawa



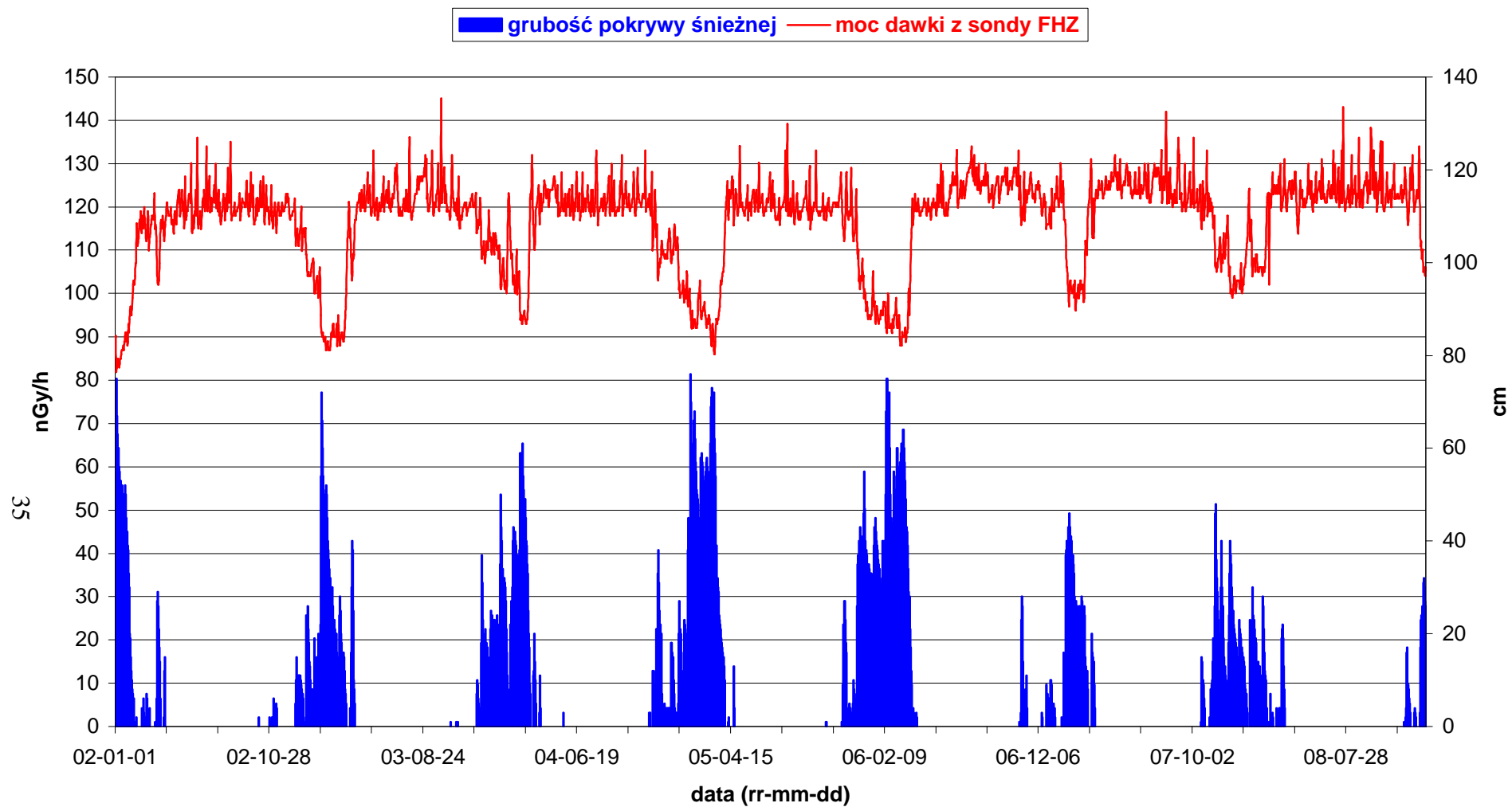
Rys. 13

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Włodawa



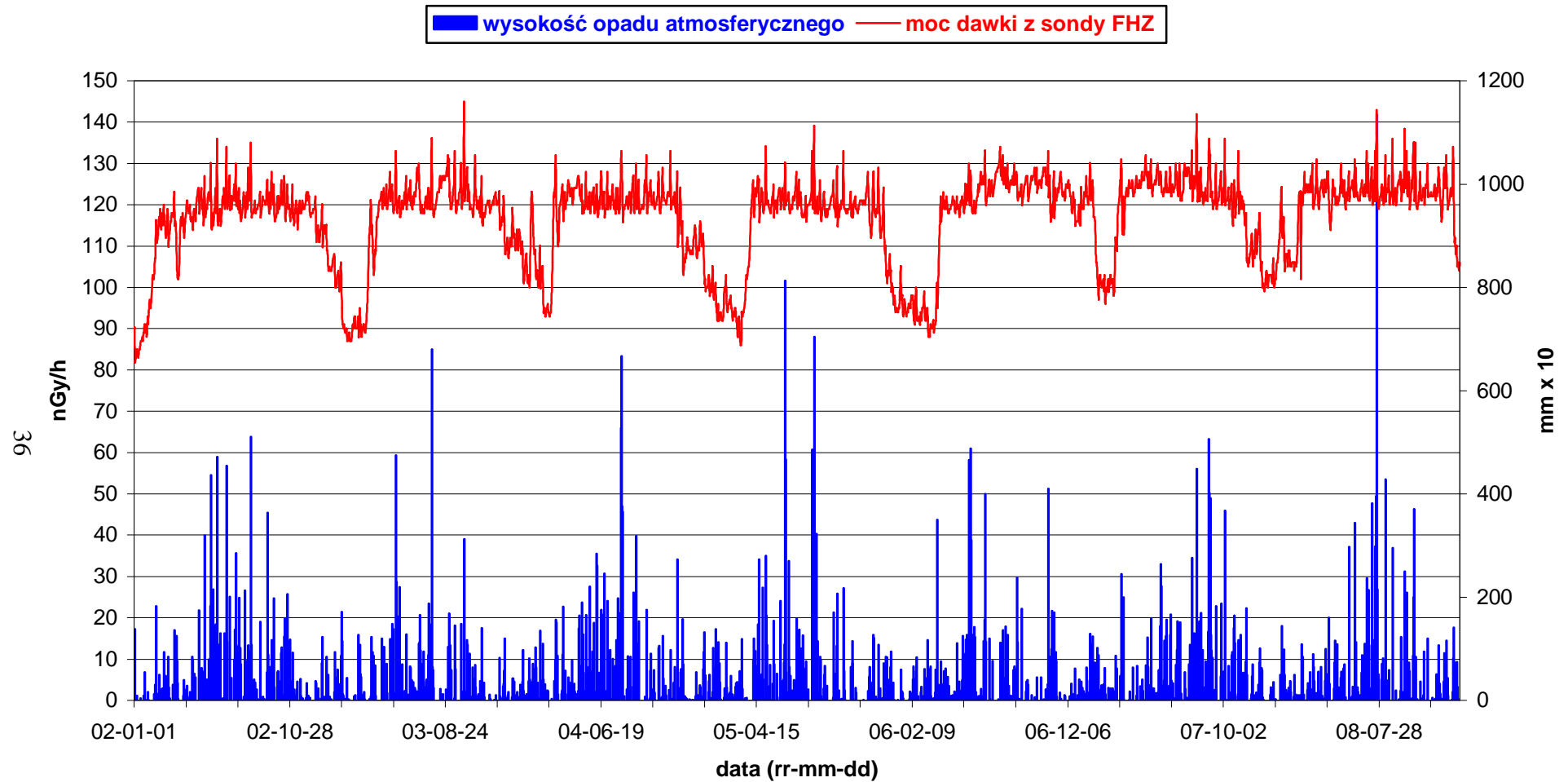
Rys. 14

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Zakopane



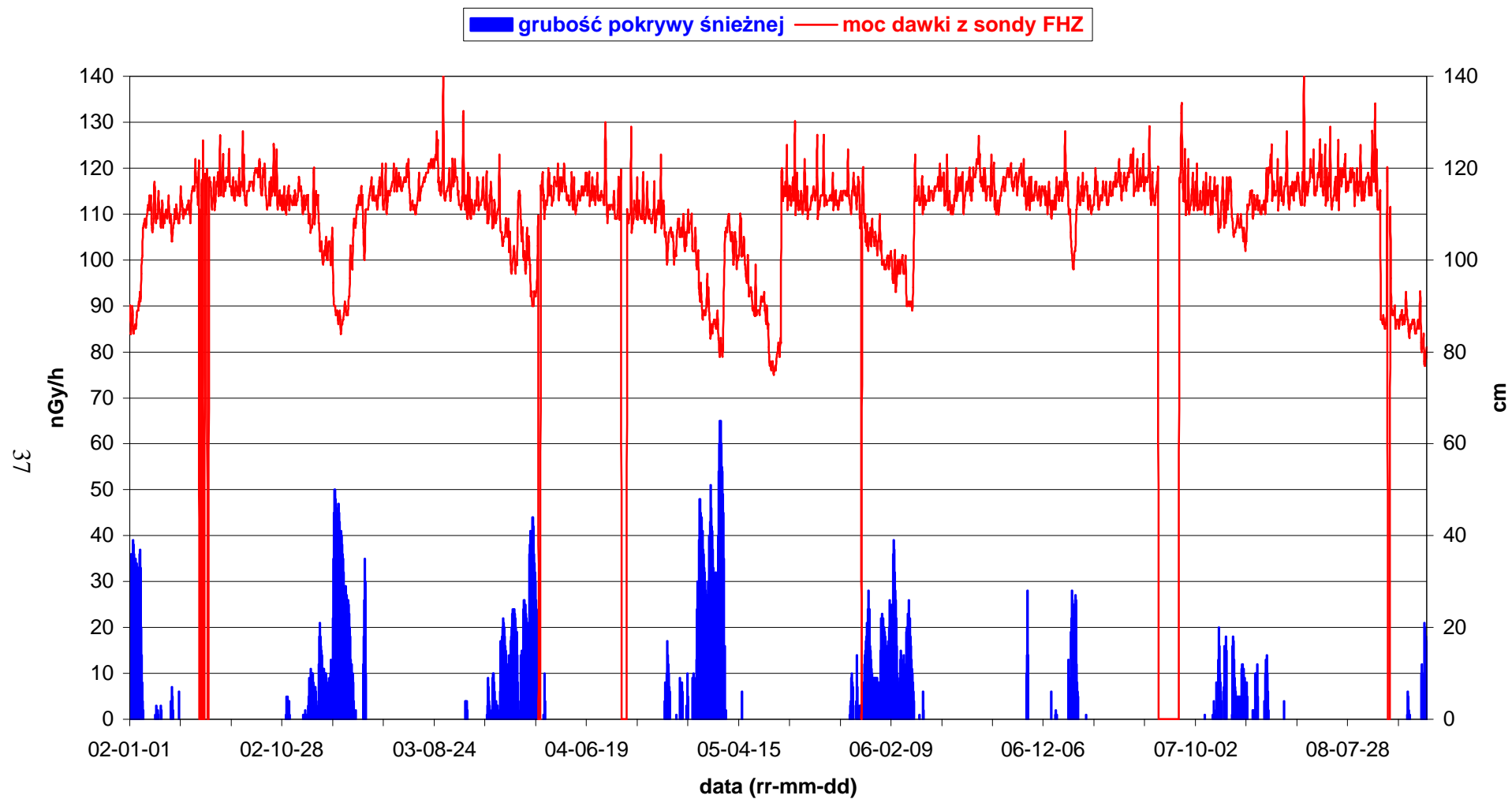
Rys. 15

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Zakopane



Rys. 16

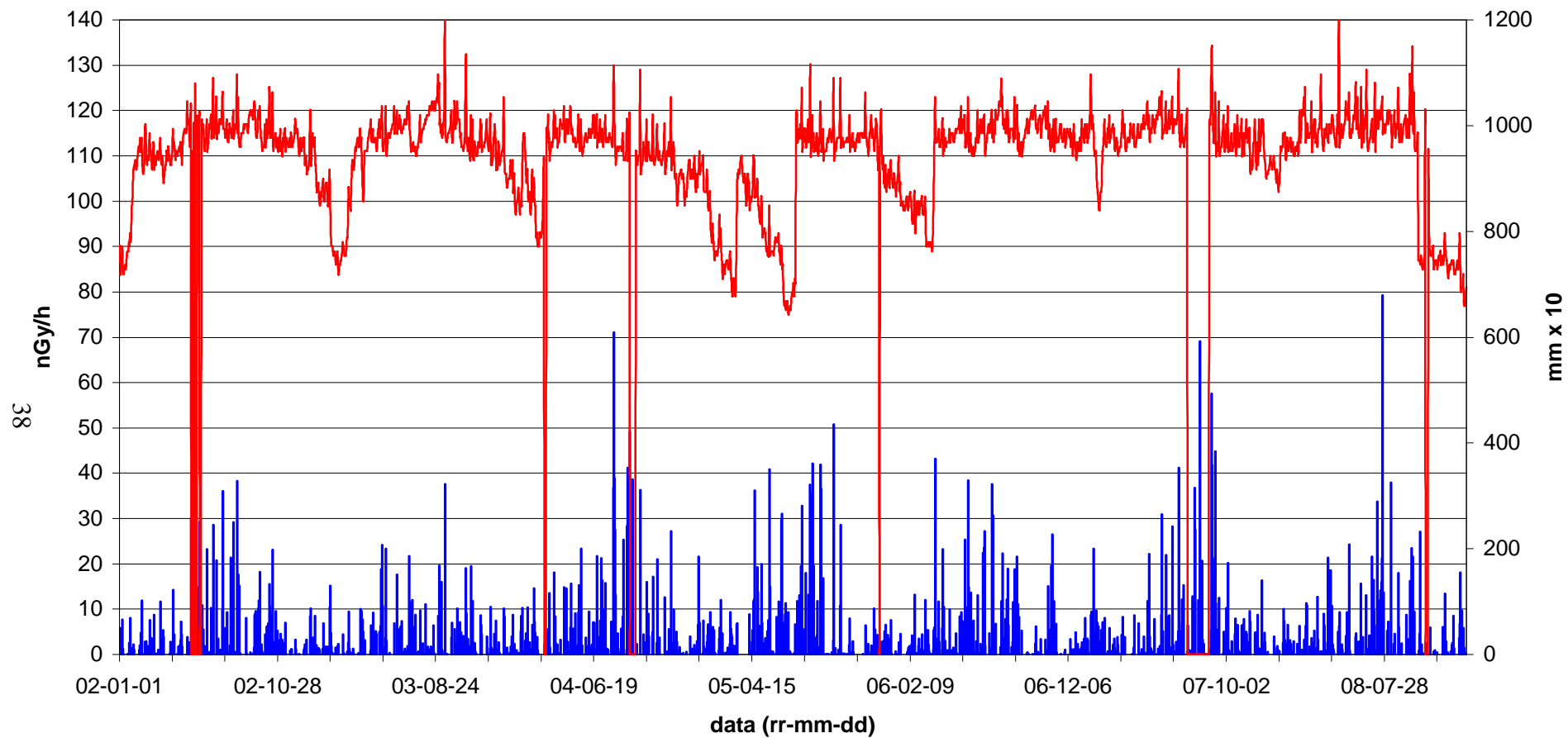
Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Lesko



Rys. 17

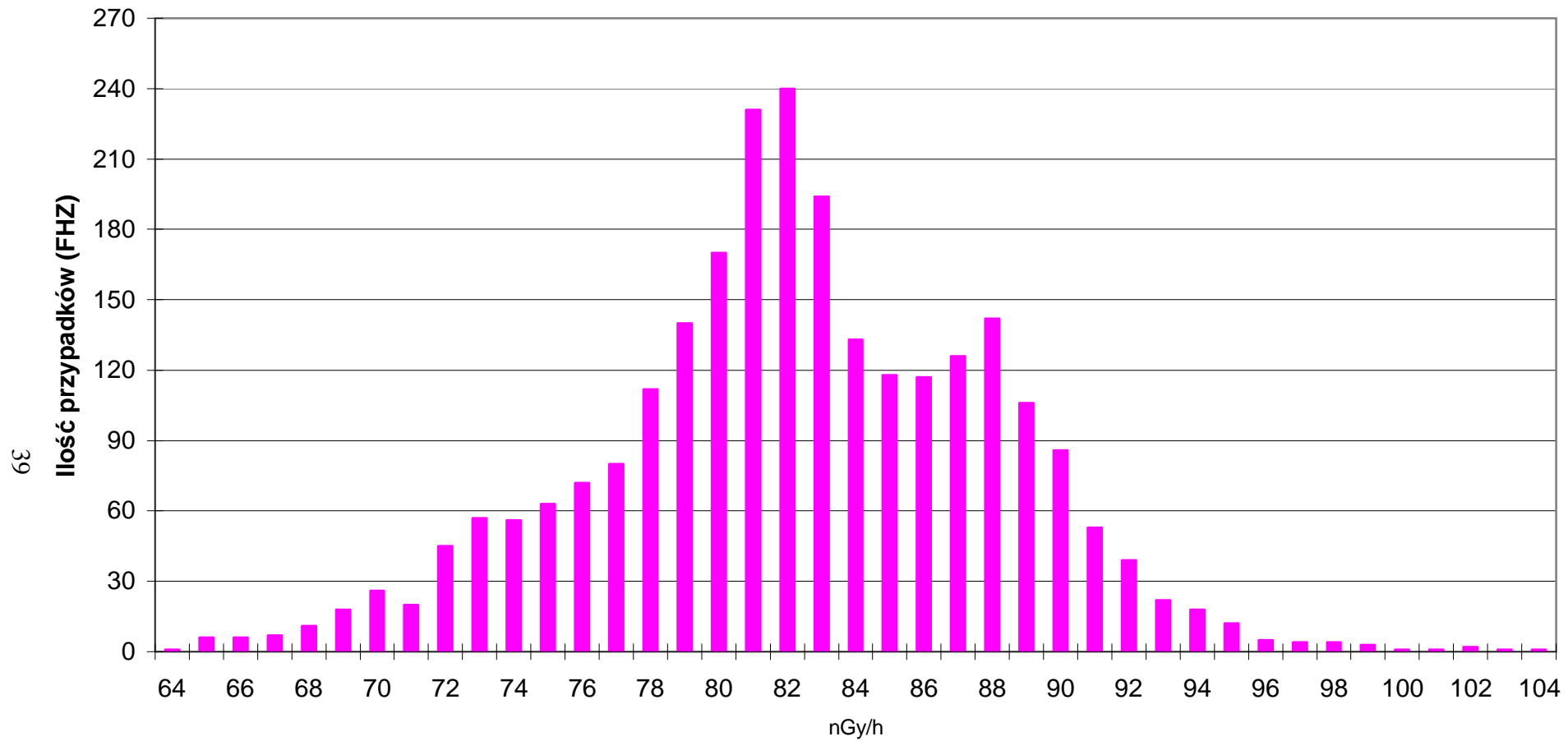
Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Lesko

wysokość opadu atmosferycznego — moc dawki z sondy FHZ



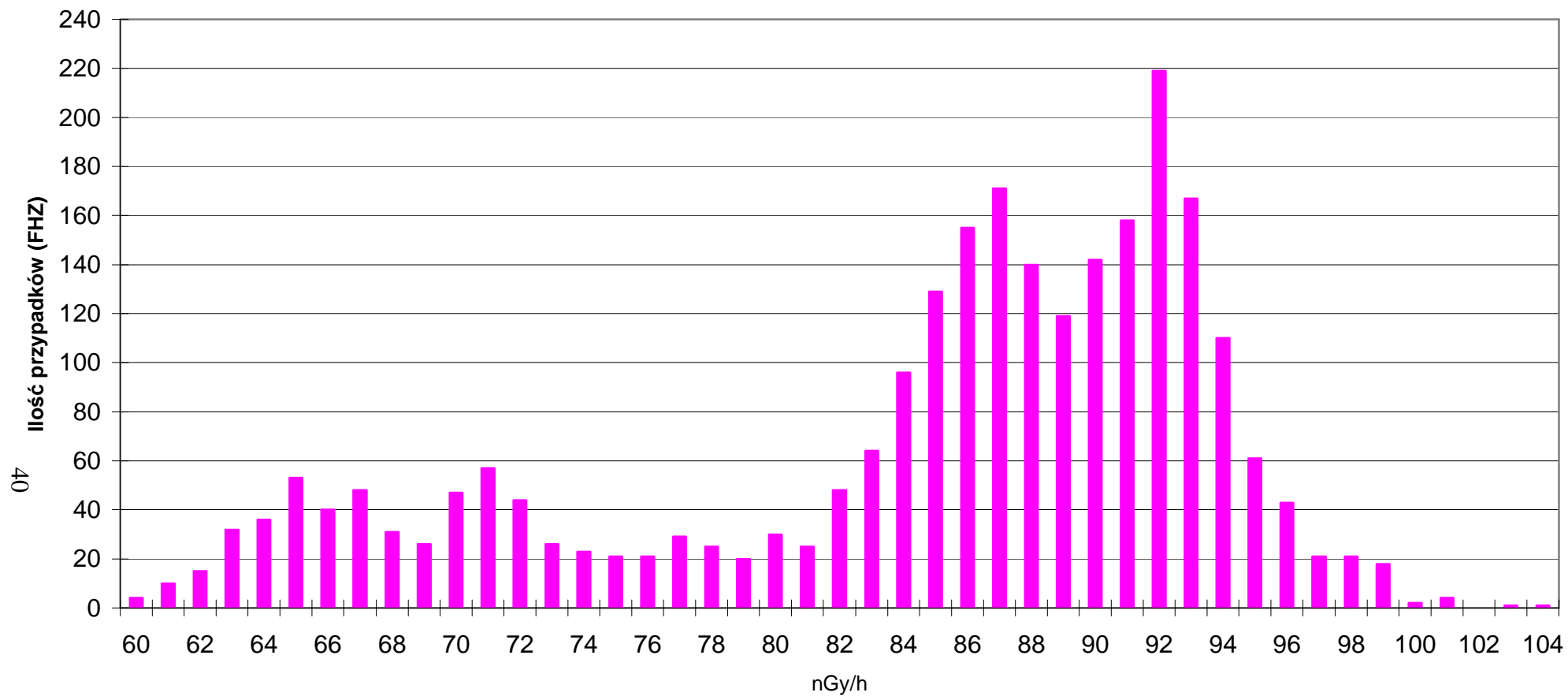
Rys. 18

Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008
stacja Warszawa



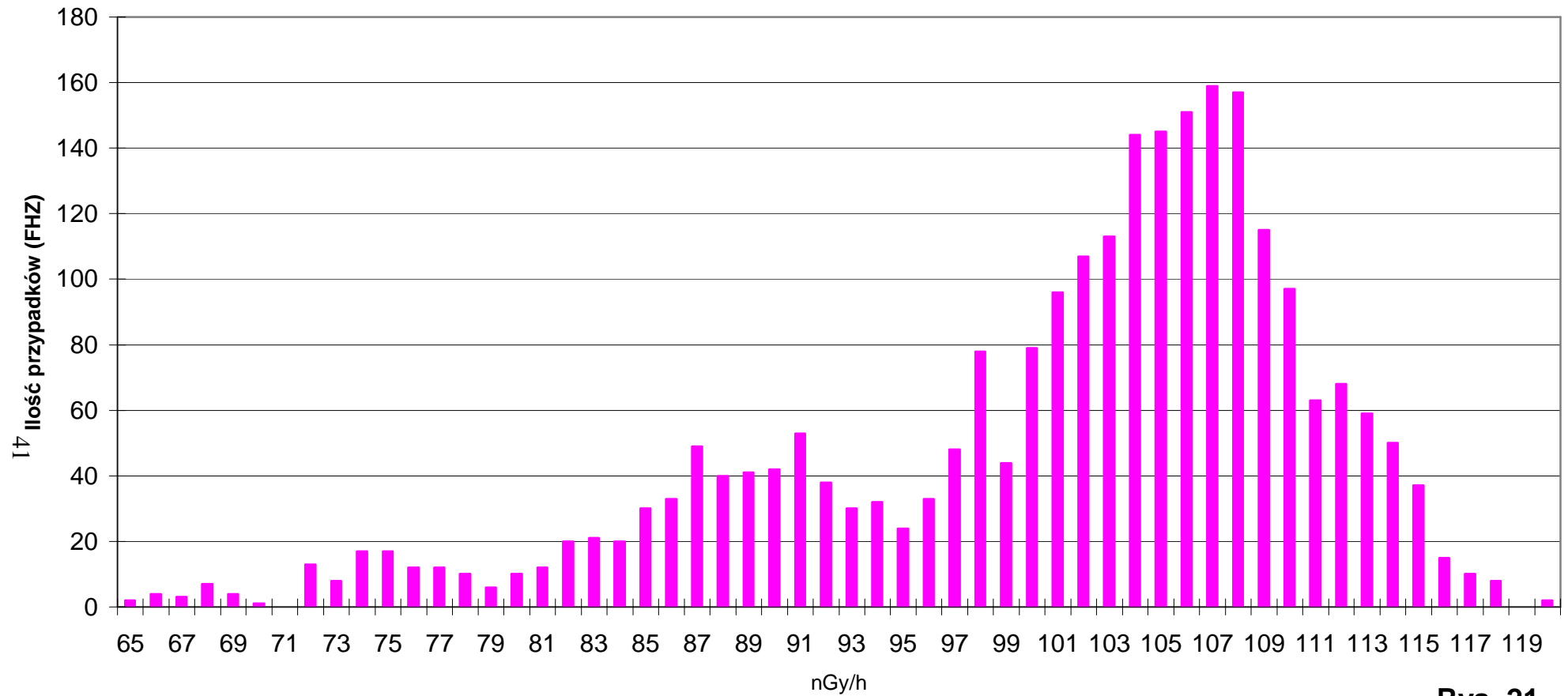
Rys. 19

**Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008
stacja Gdynia**



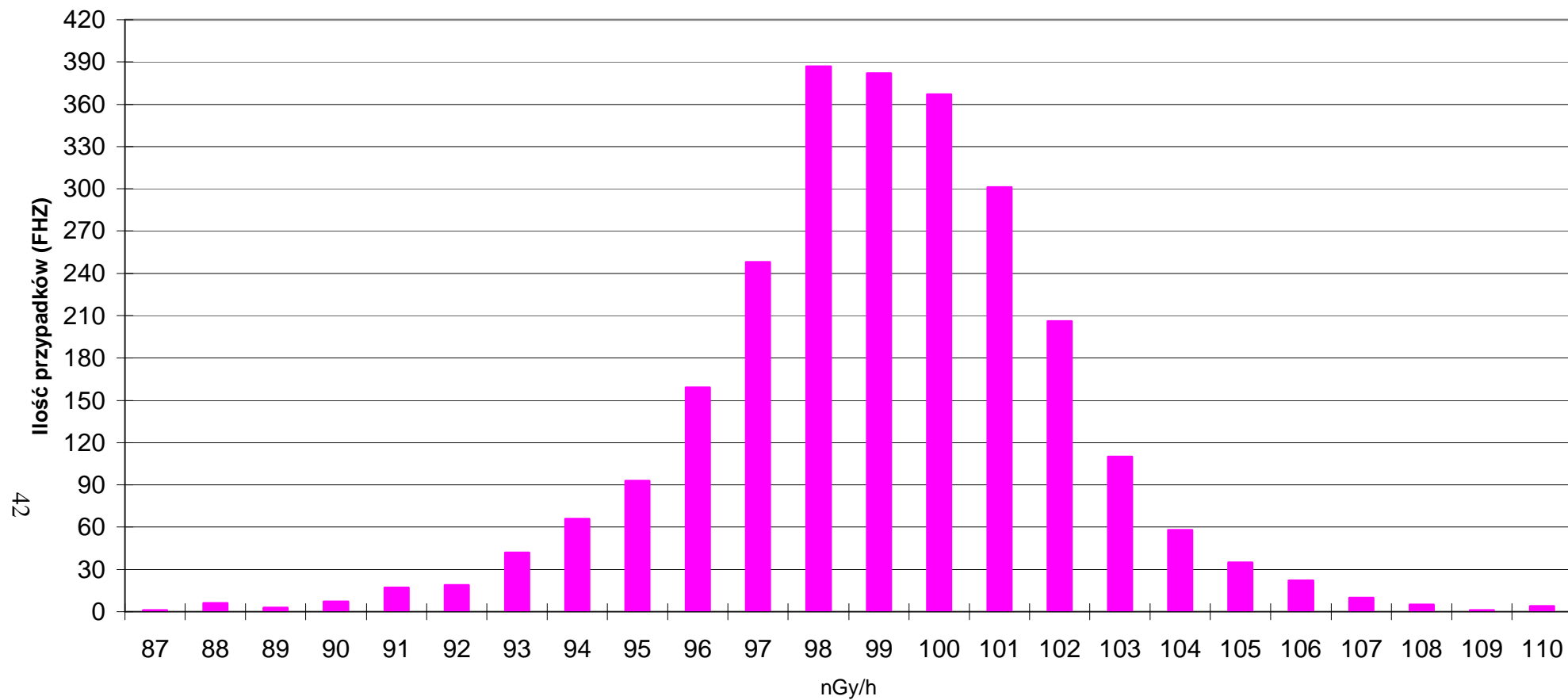
Rys. 20

Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008
Stacja Mikołajki



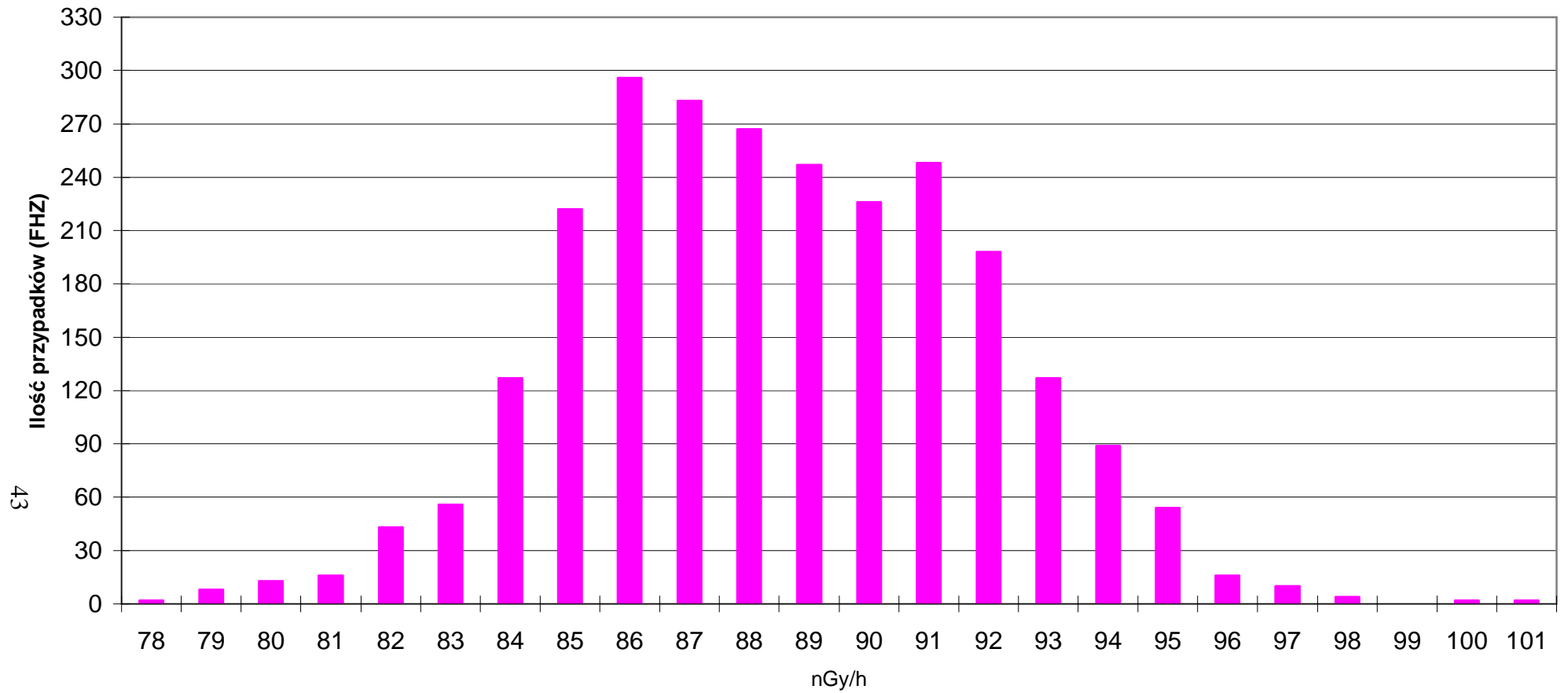
Rys. 21

**Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008
Stacja Gorzów Wlkp.**



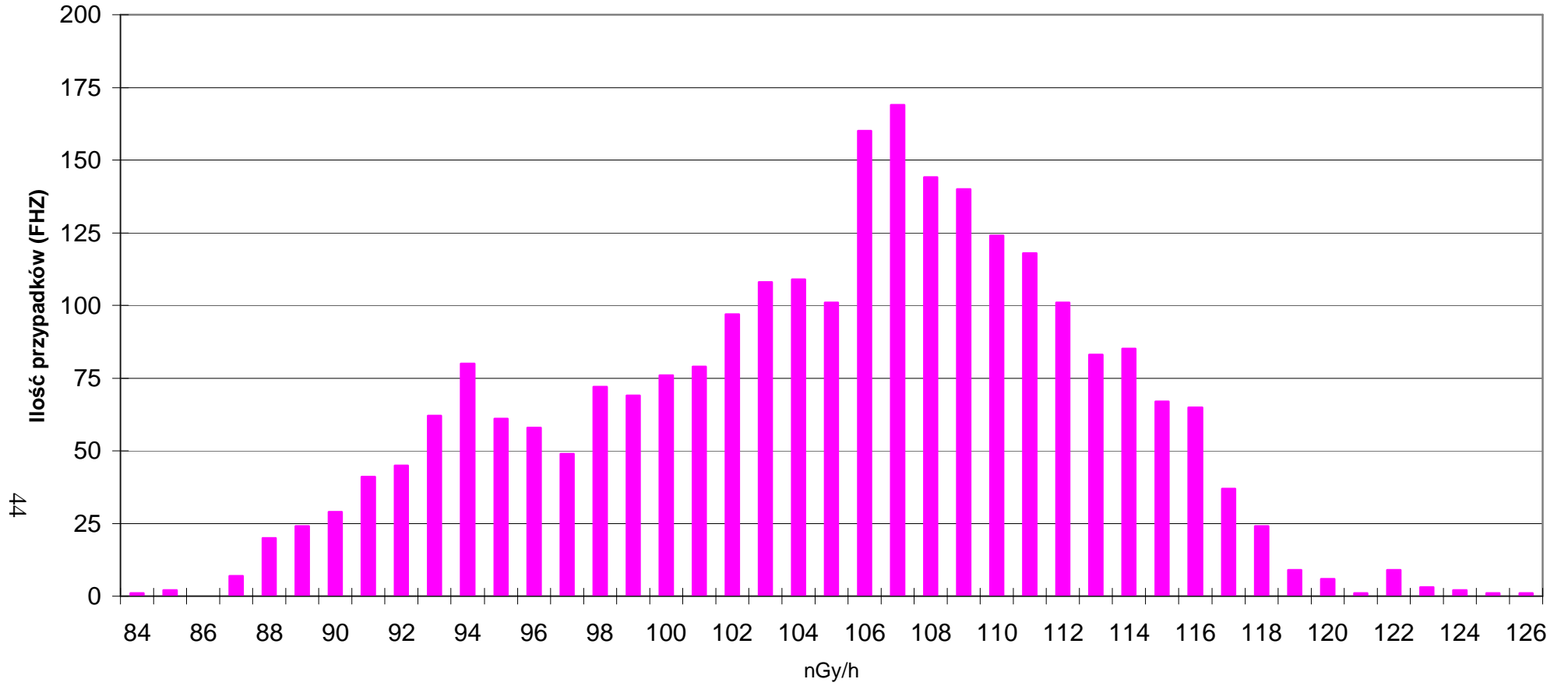
Rys. 22

Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008
Stacja Świnoujście



Rys. 23

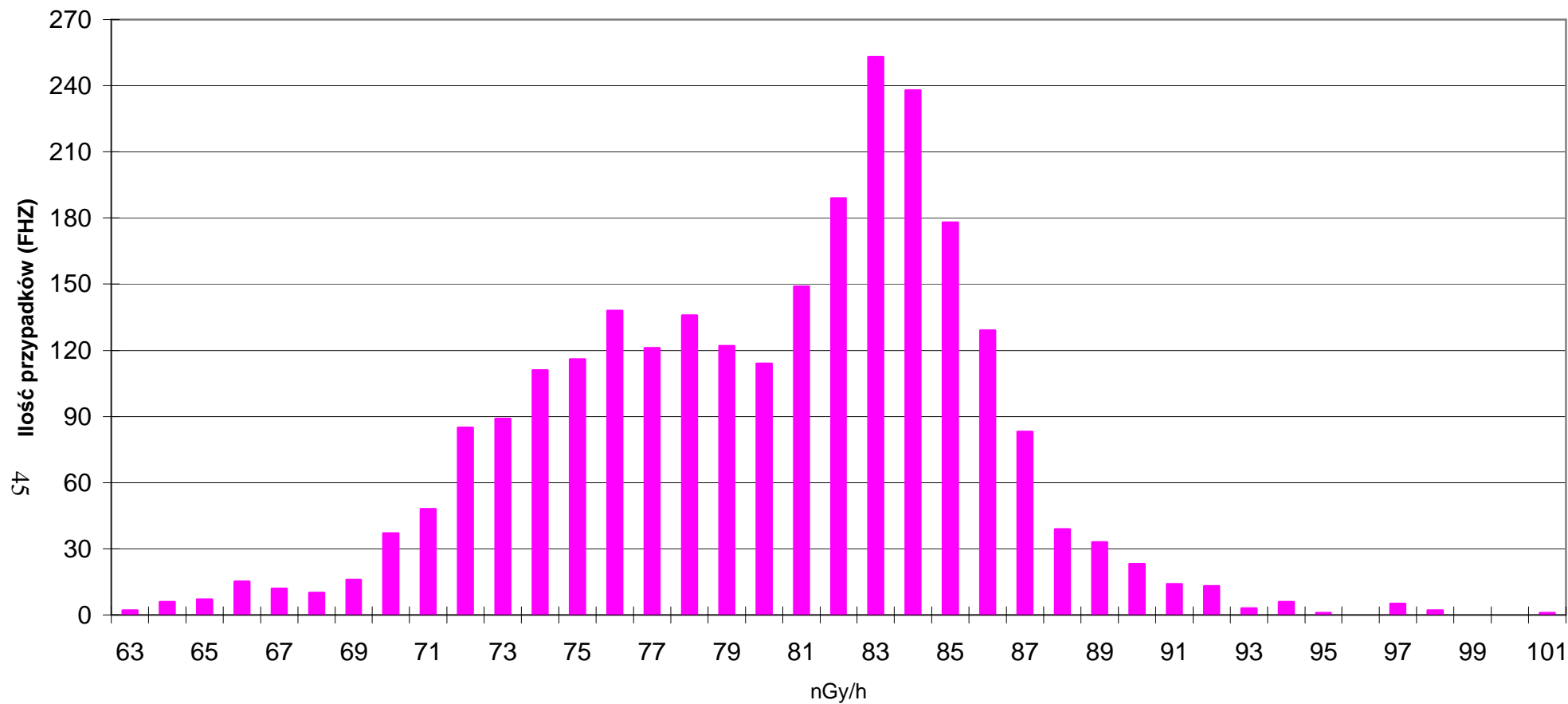
Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008
Stacja Legnica



44

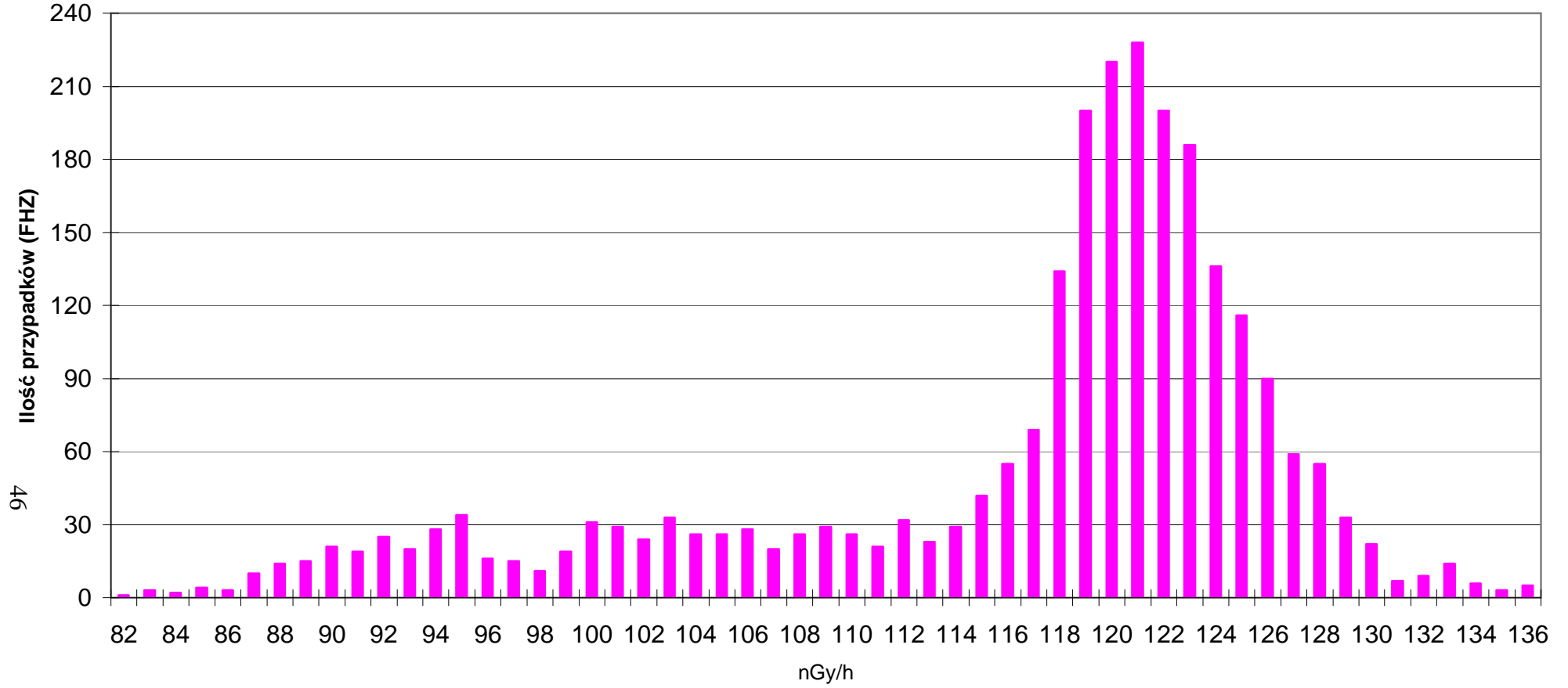
Rys. 24

Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008
Stacja Włodawa



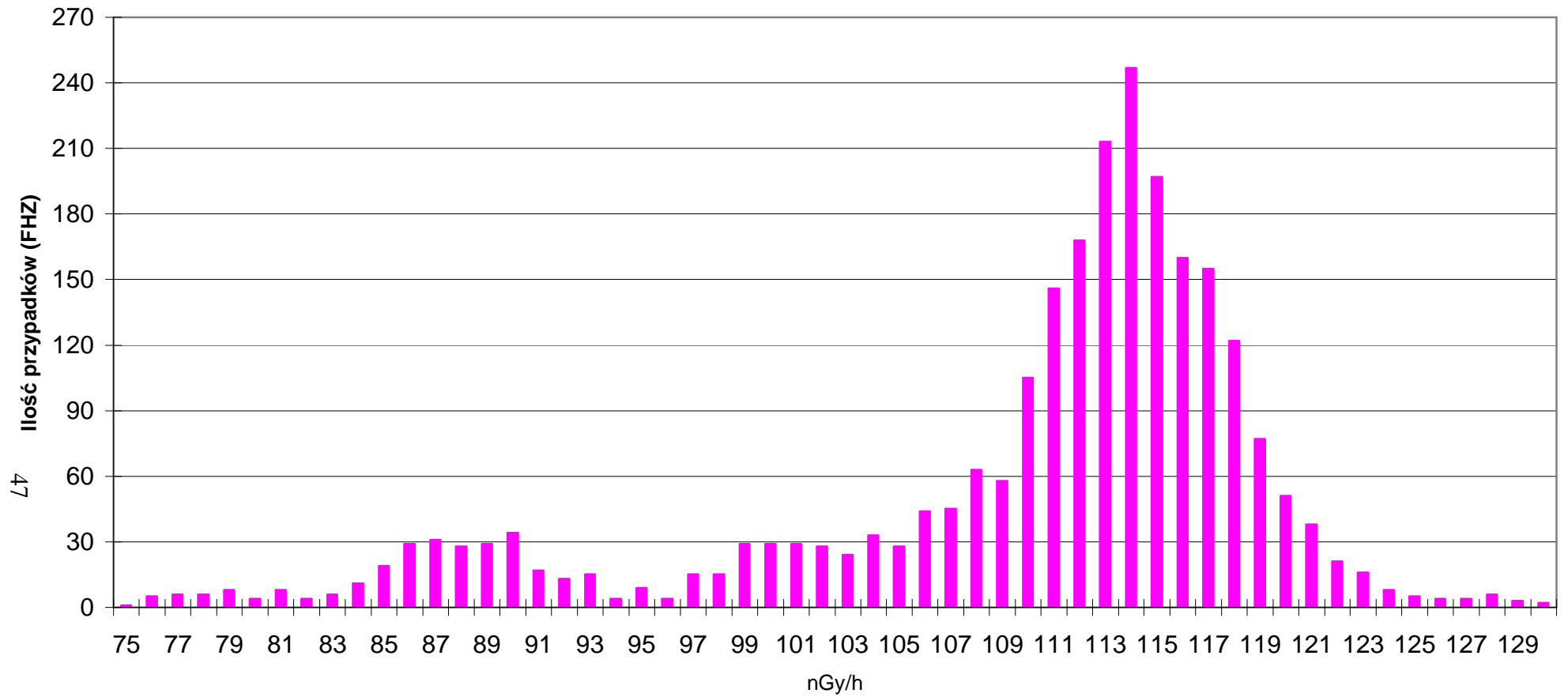
Rys. 25

Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008
Stacja Zakopane



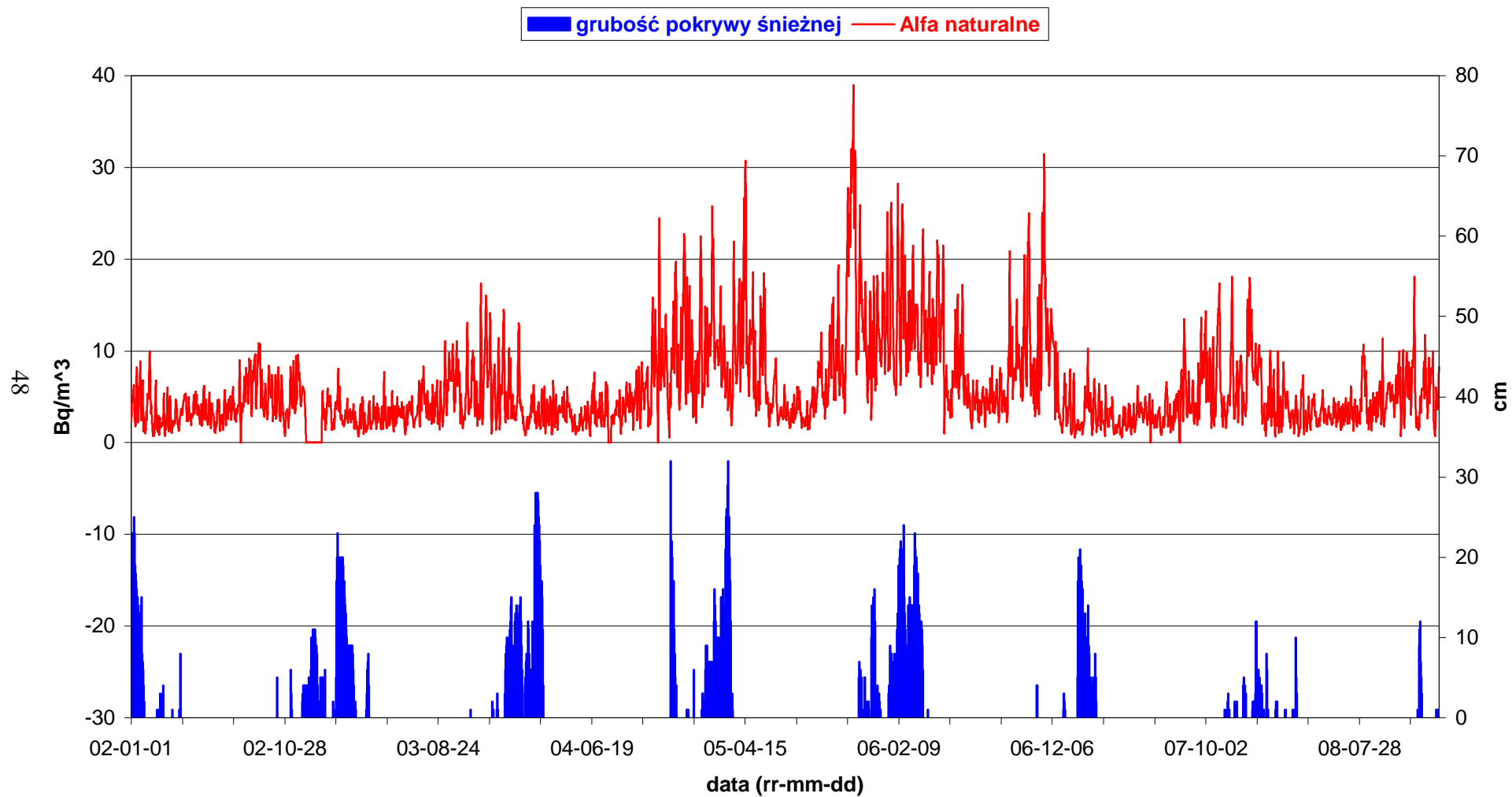
Rys. 26

Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008
Stacja Lesko



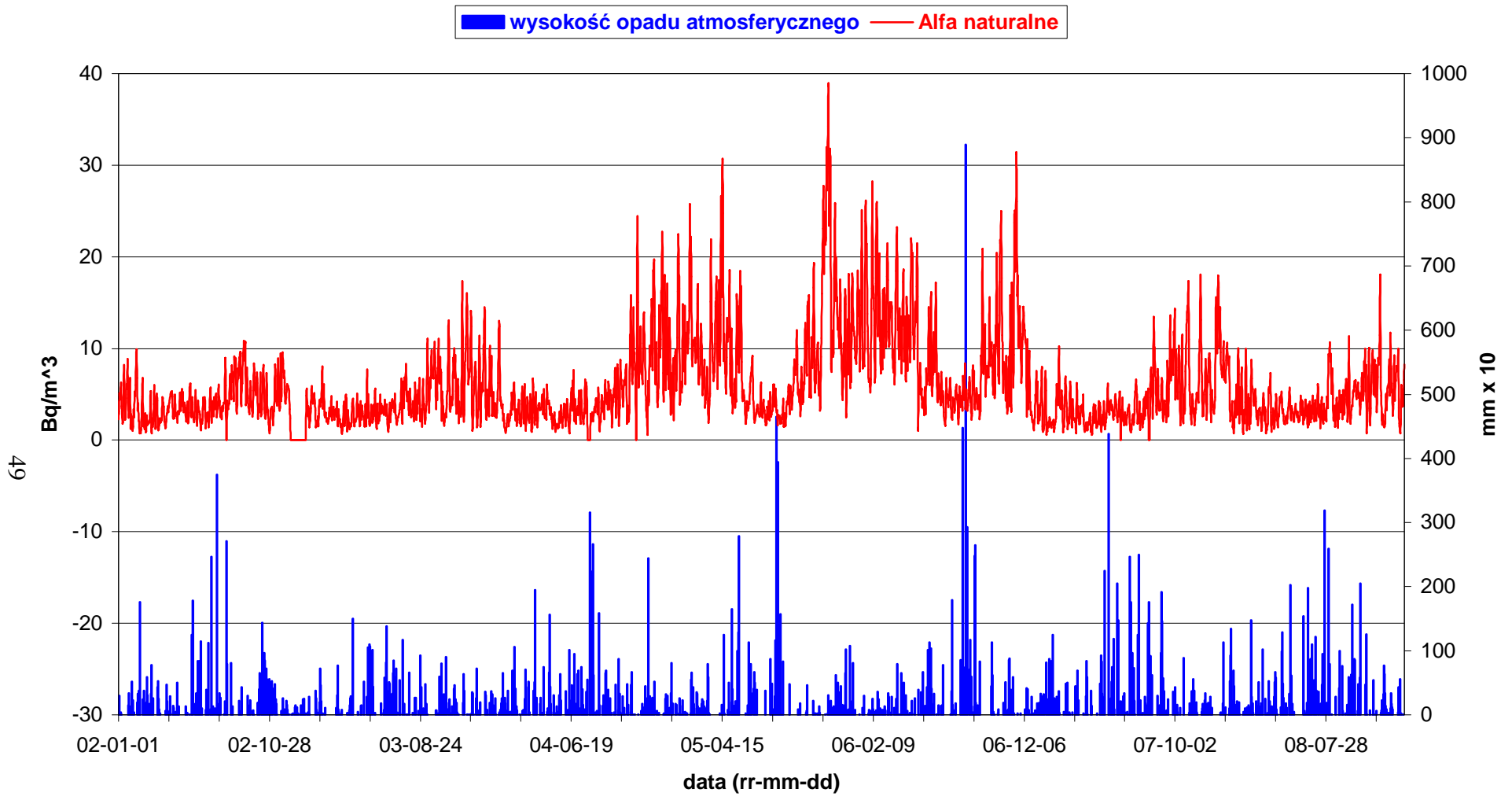
Rys. 27

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Włodawa



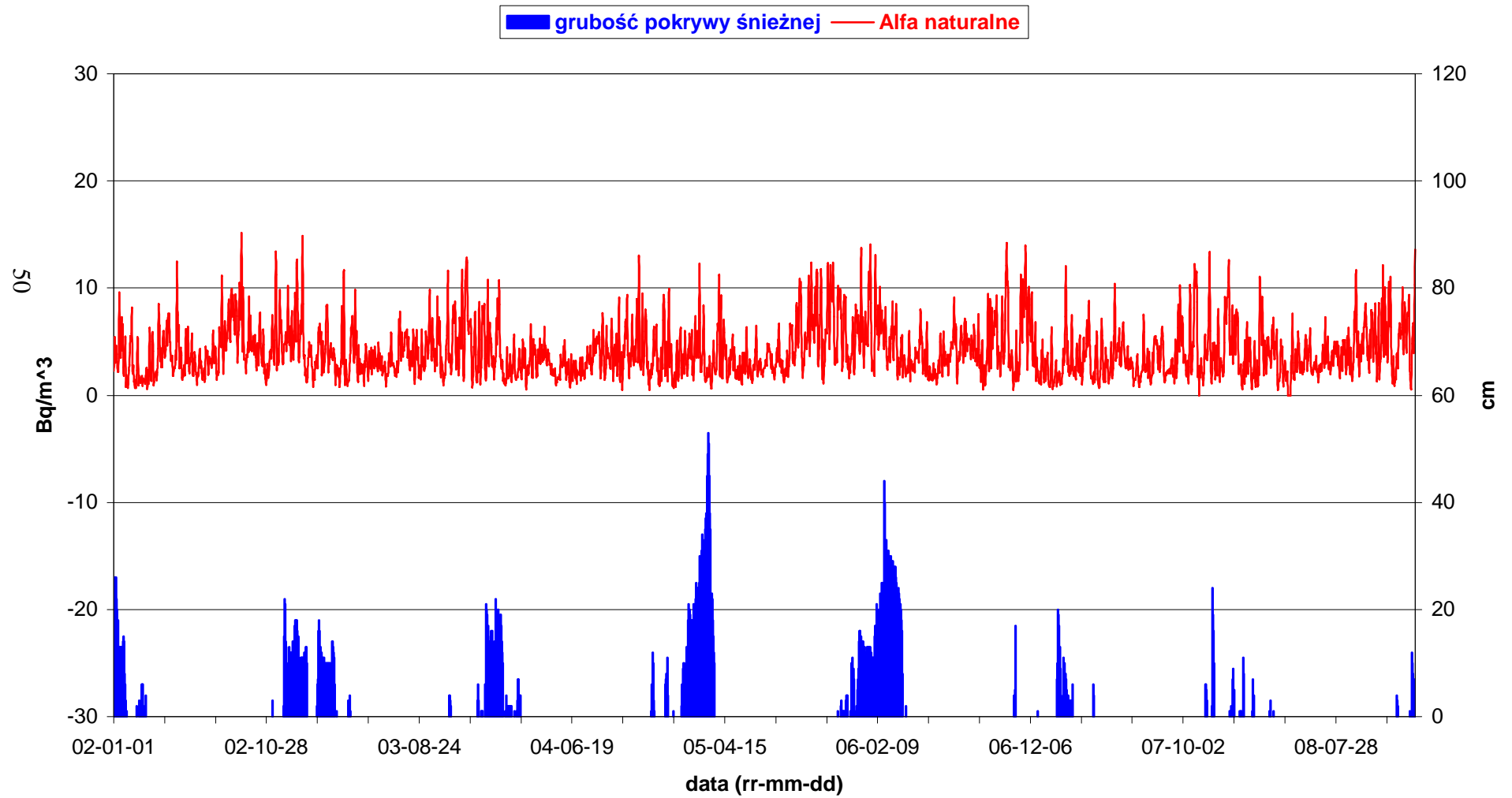
Rys. 28

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Włodawa



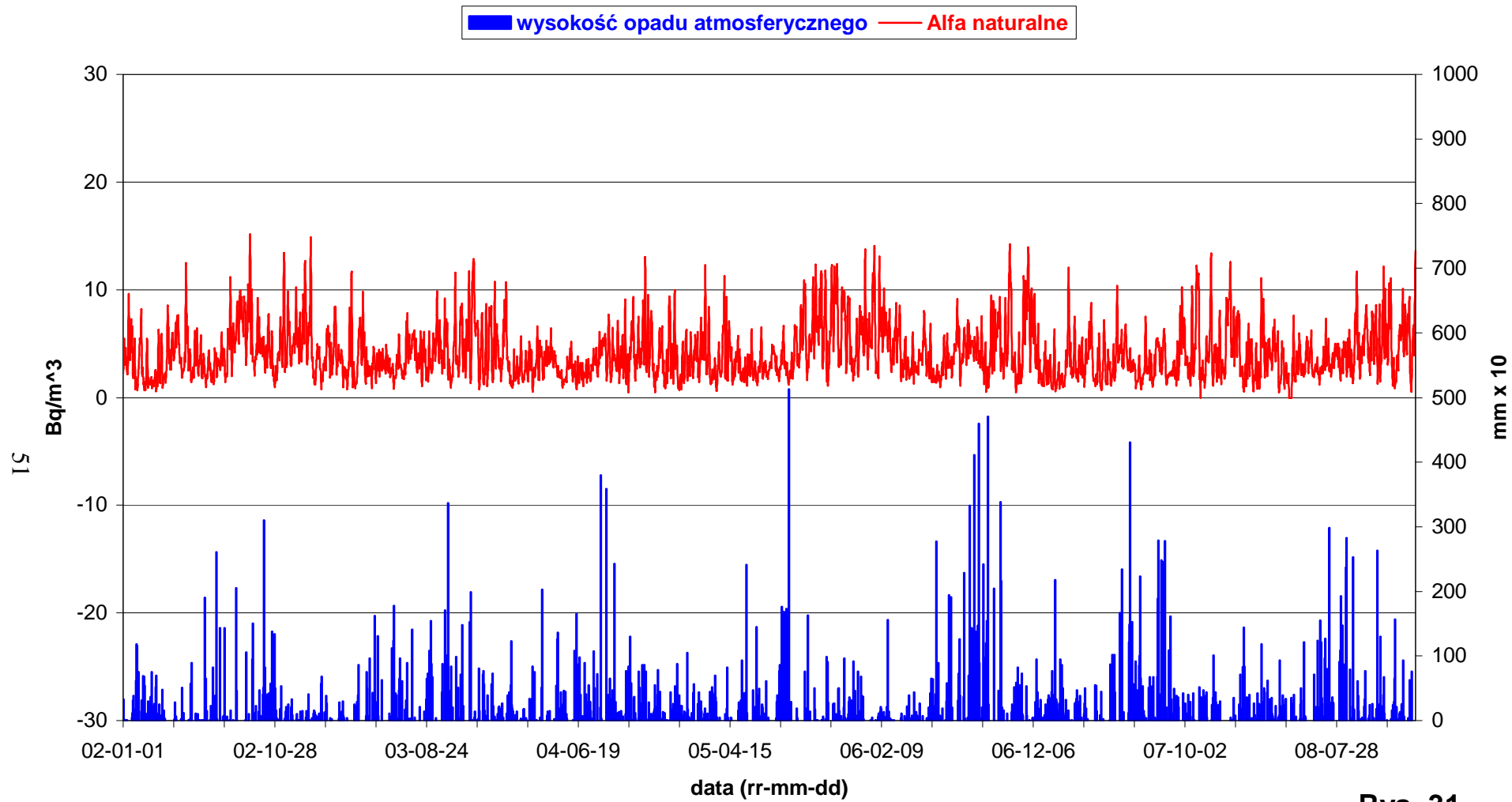
Rys. 29

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Mikołajki



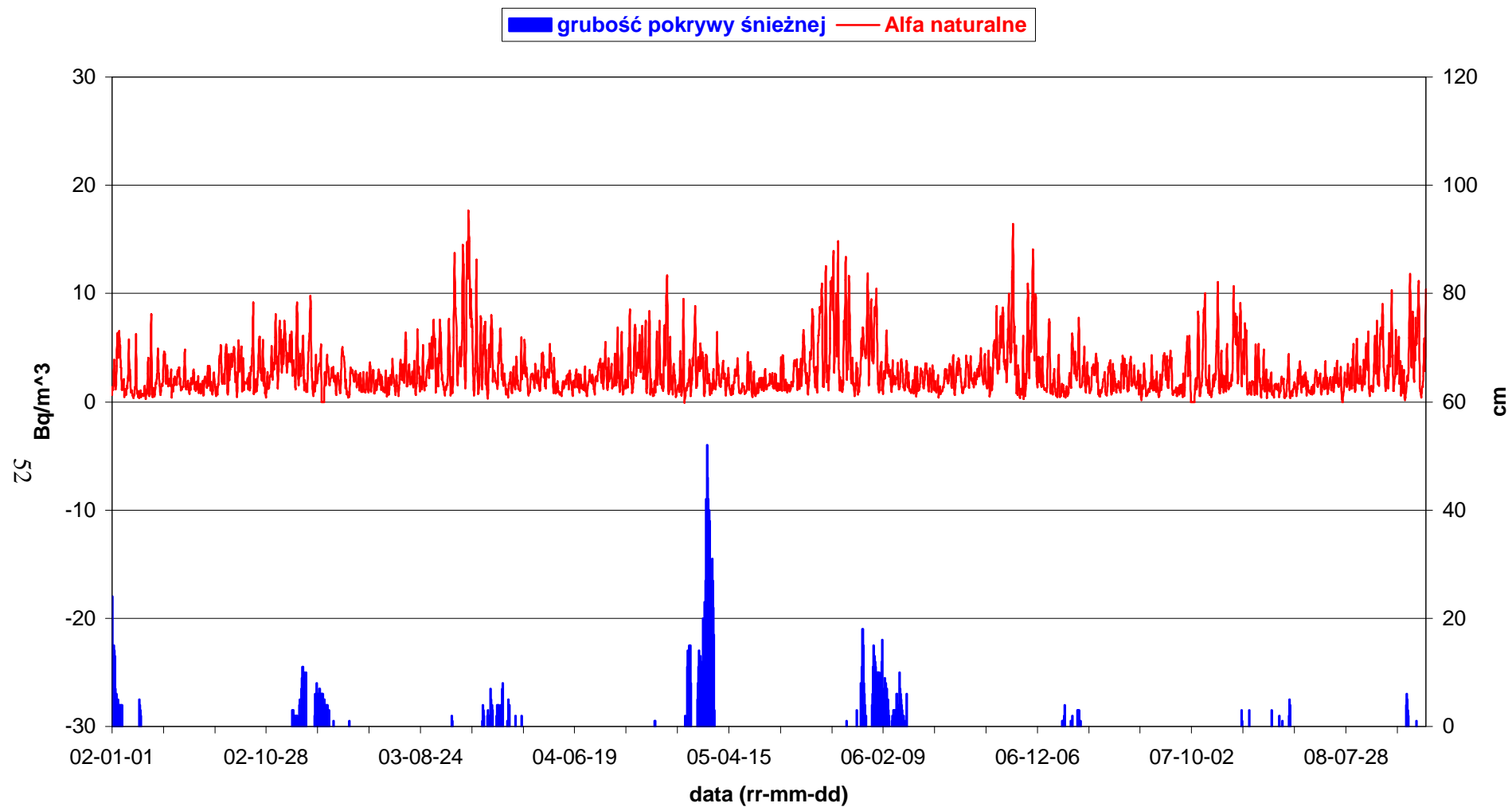
Rys. 30

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Mikołajki



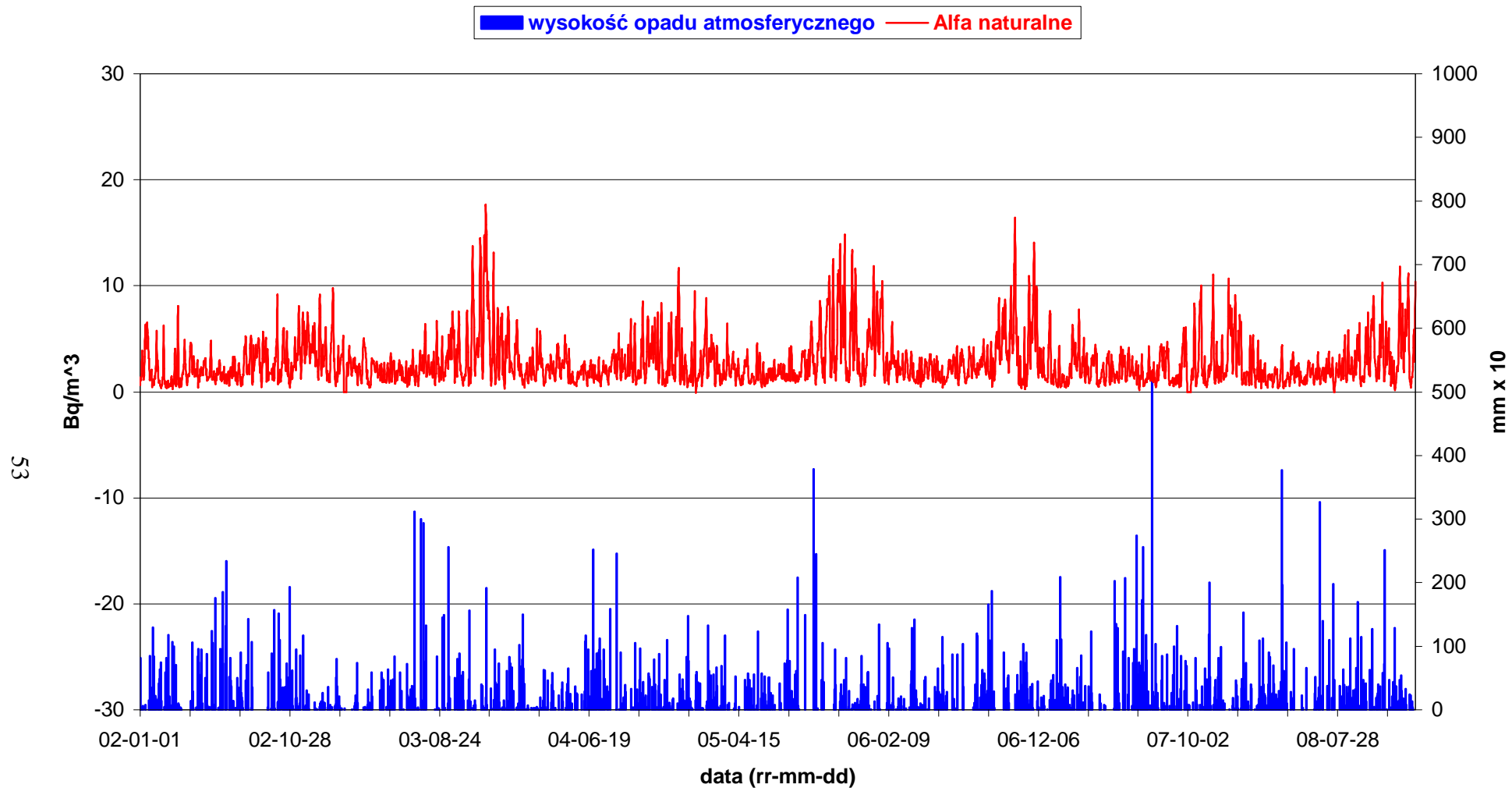
Rys. 31

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Świnoujście



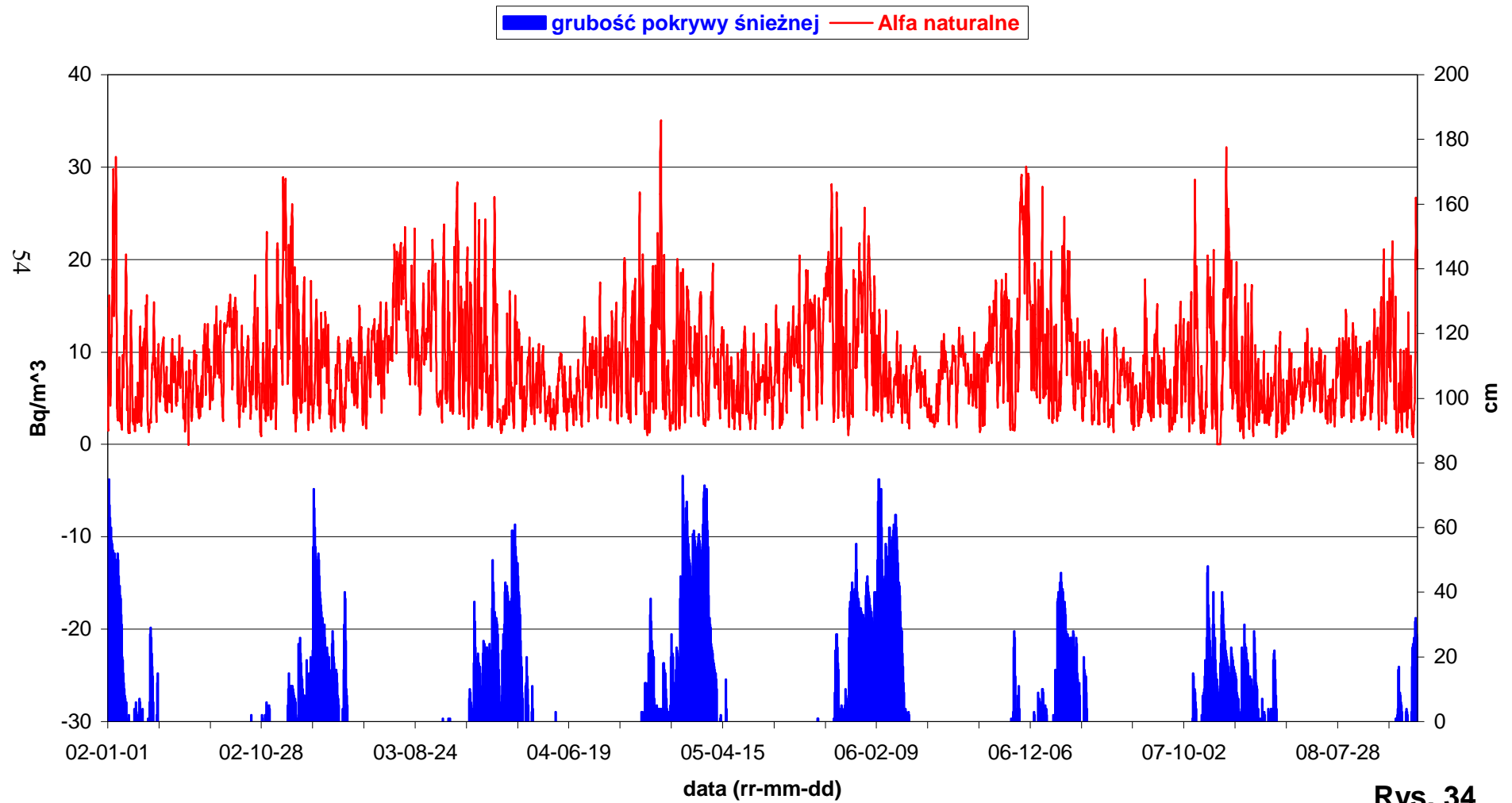
Rys. 32

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Świnoujście



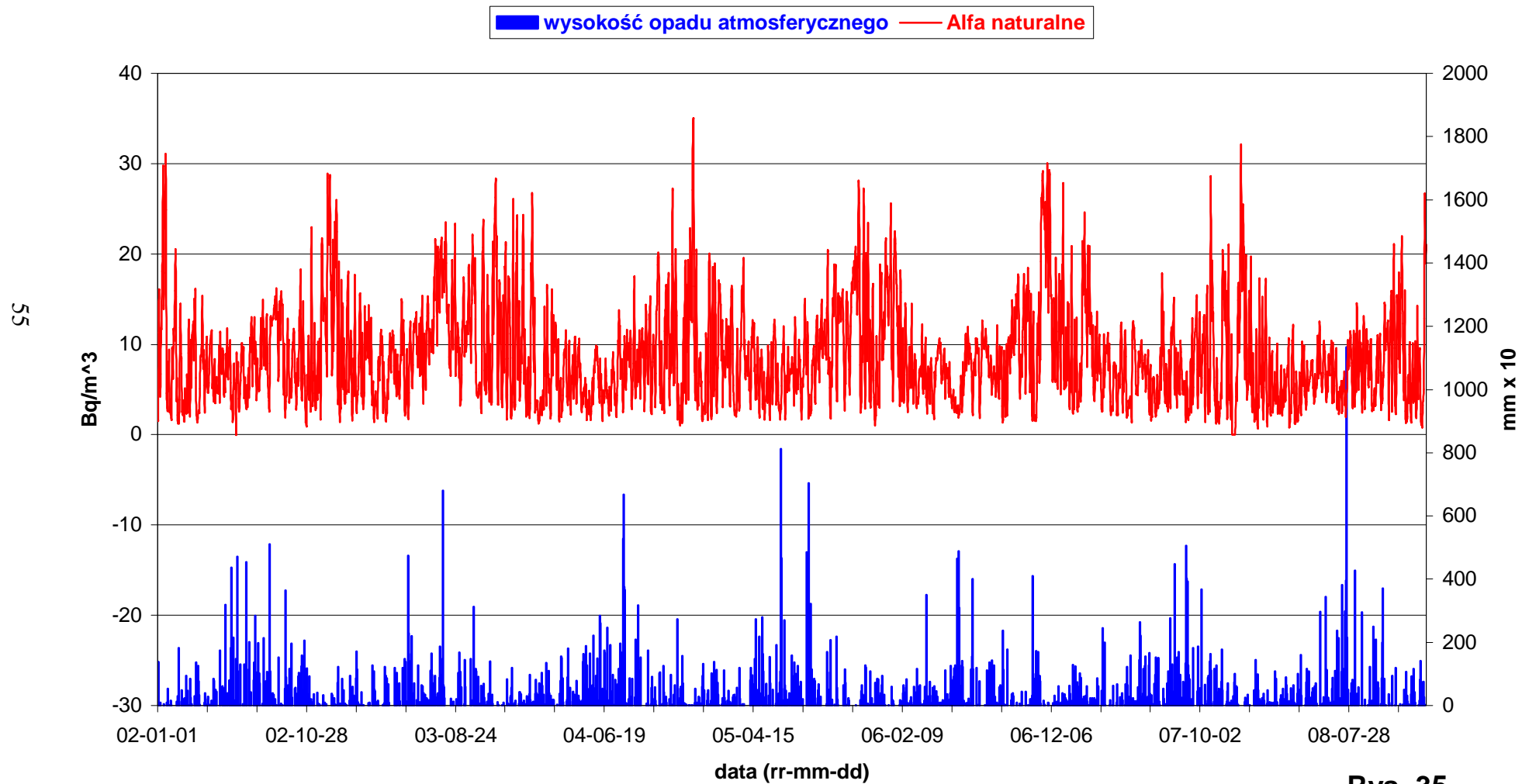
Rys. 33

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Zakopane



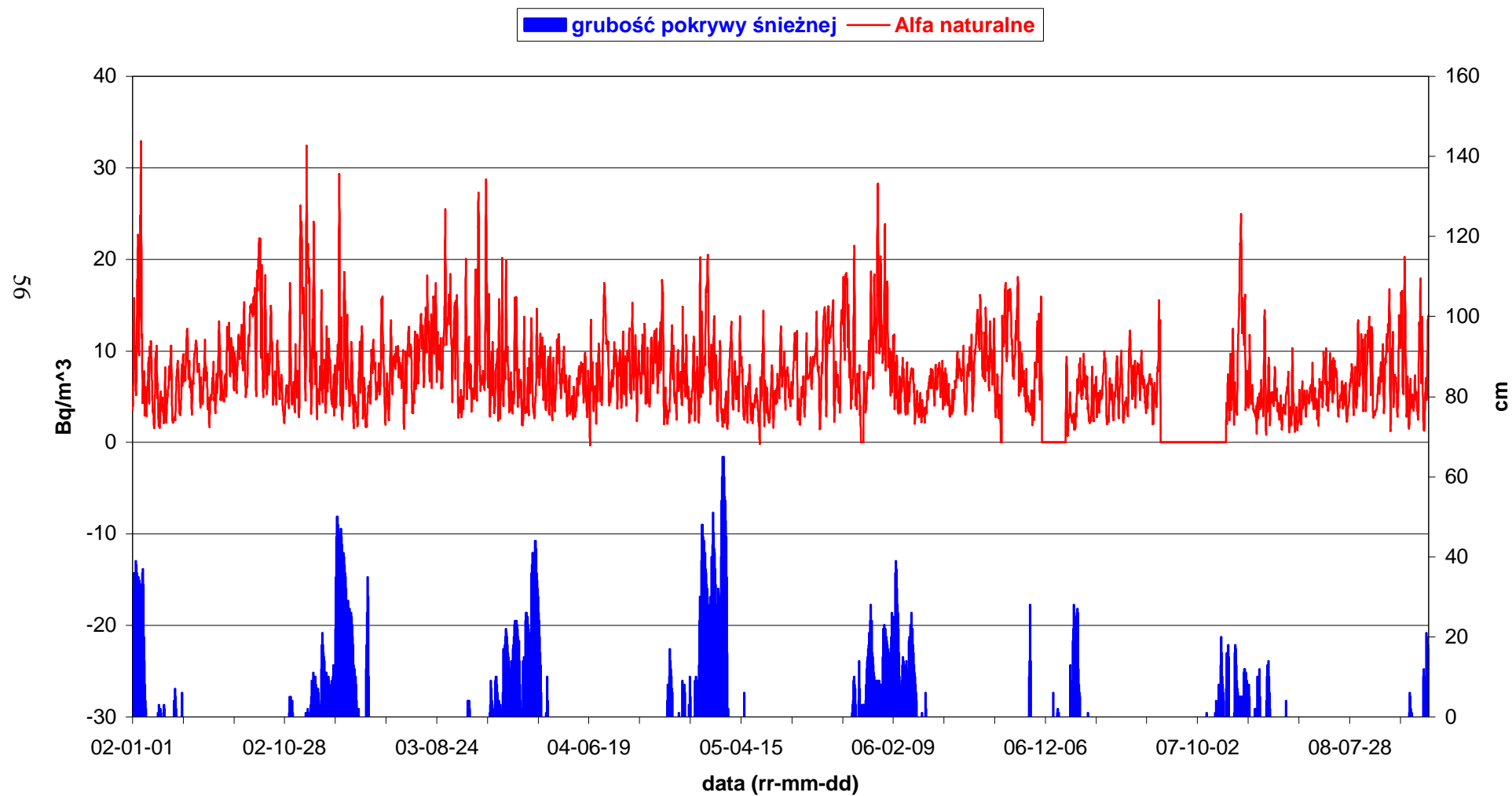
Rys. 34

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Zakopane



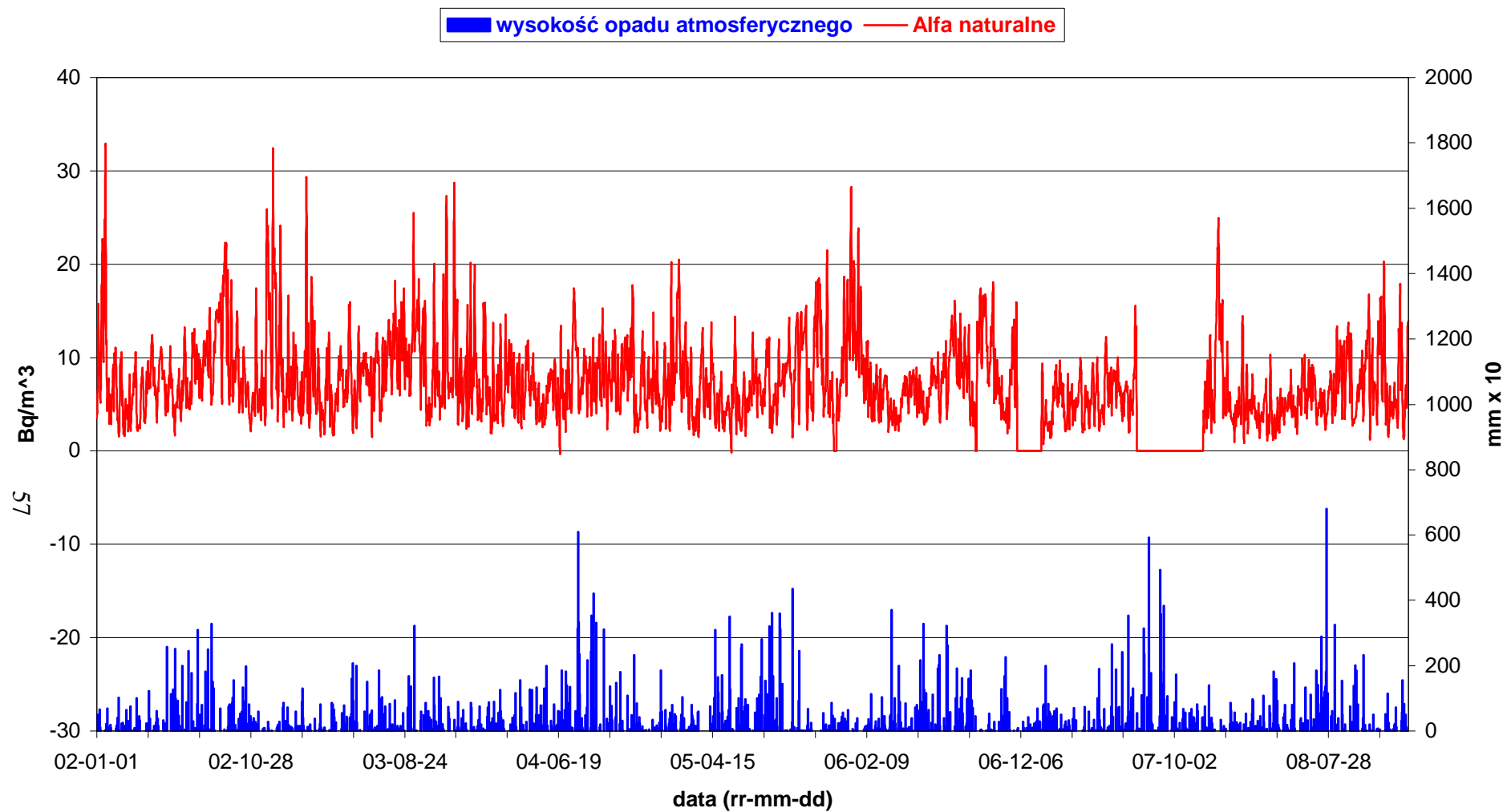
Rys. 35

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008
Stacja Lesko



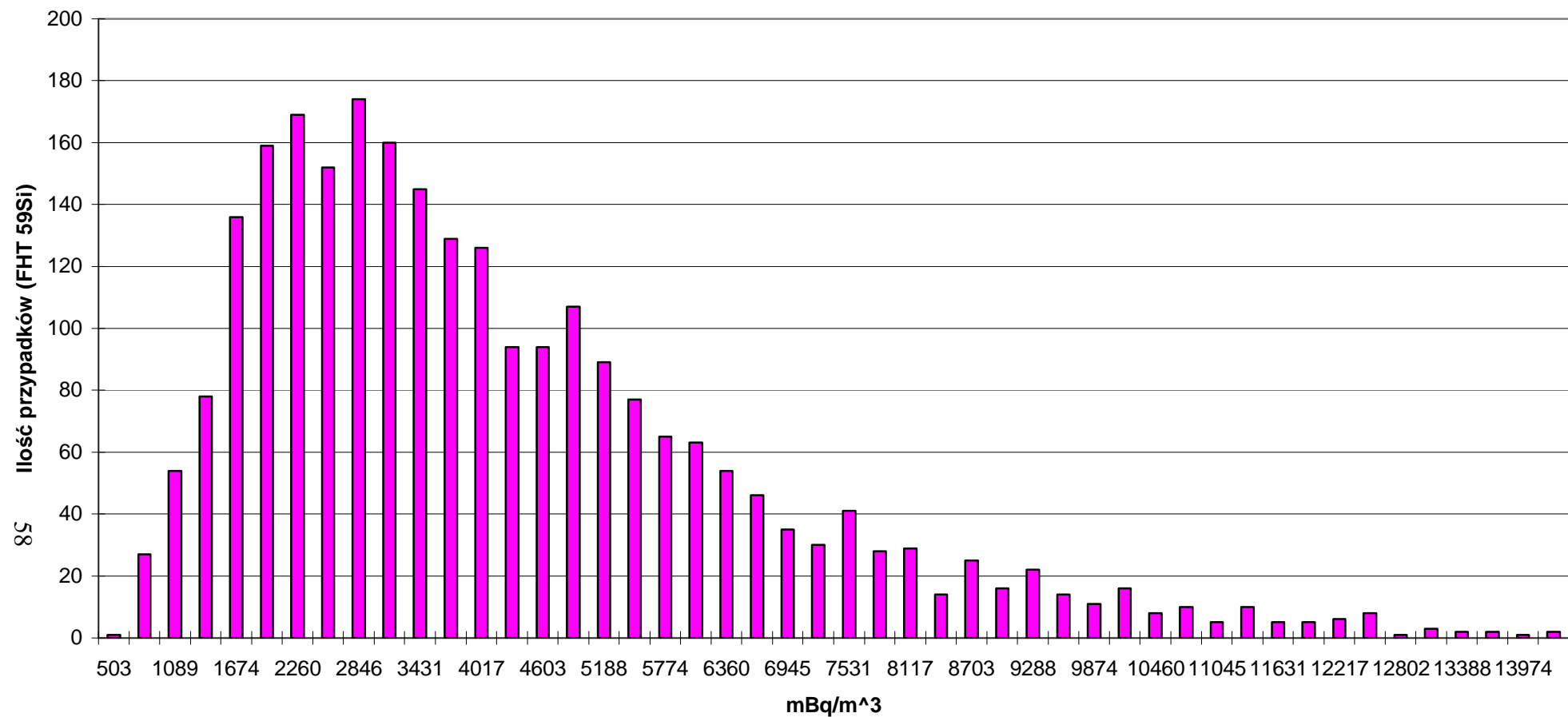
Rys. 36

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2008
Stacja Lesko



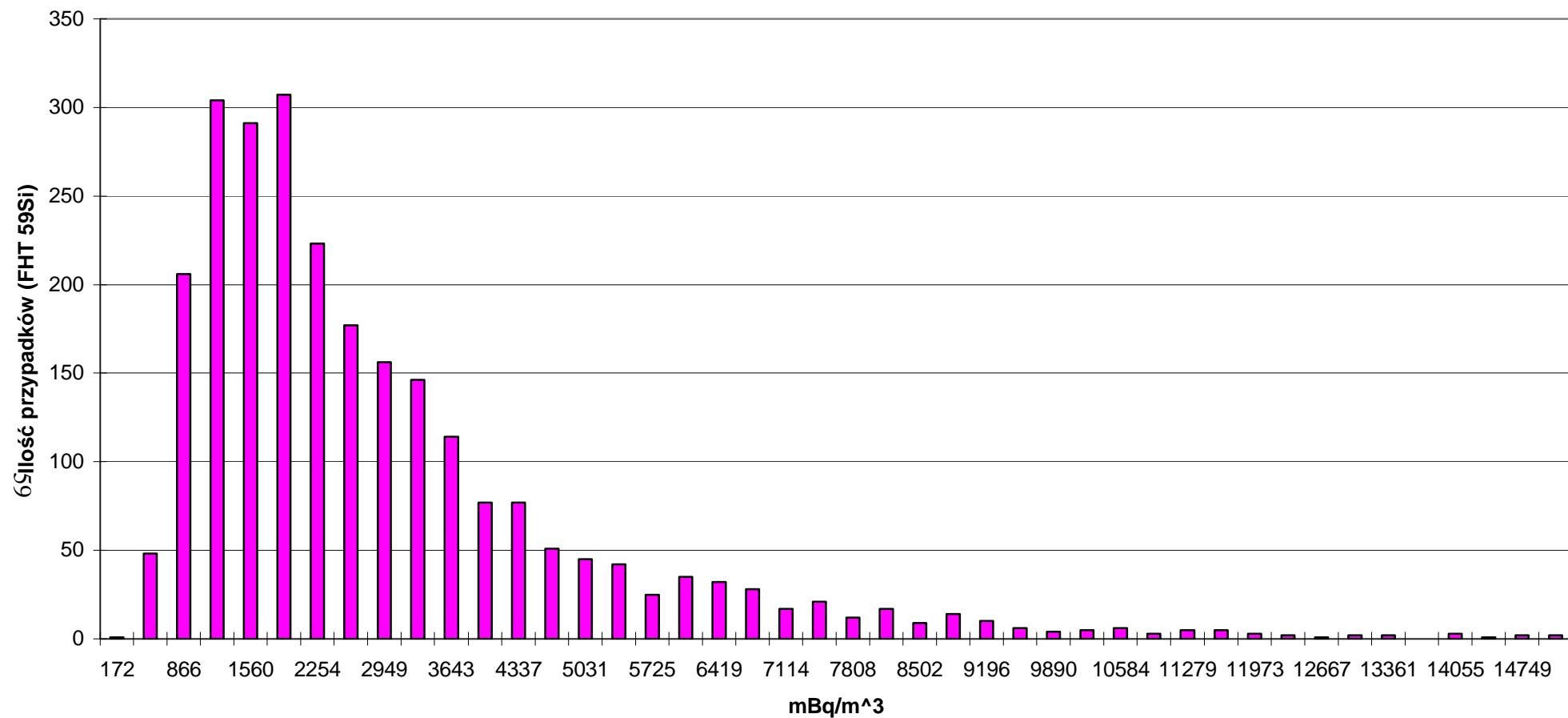
Rys. 37

Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2008
Stacja Mikołajki



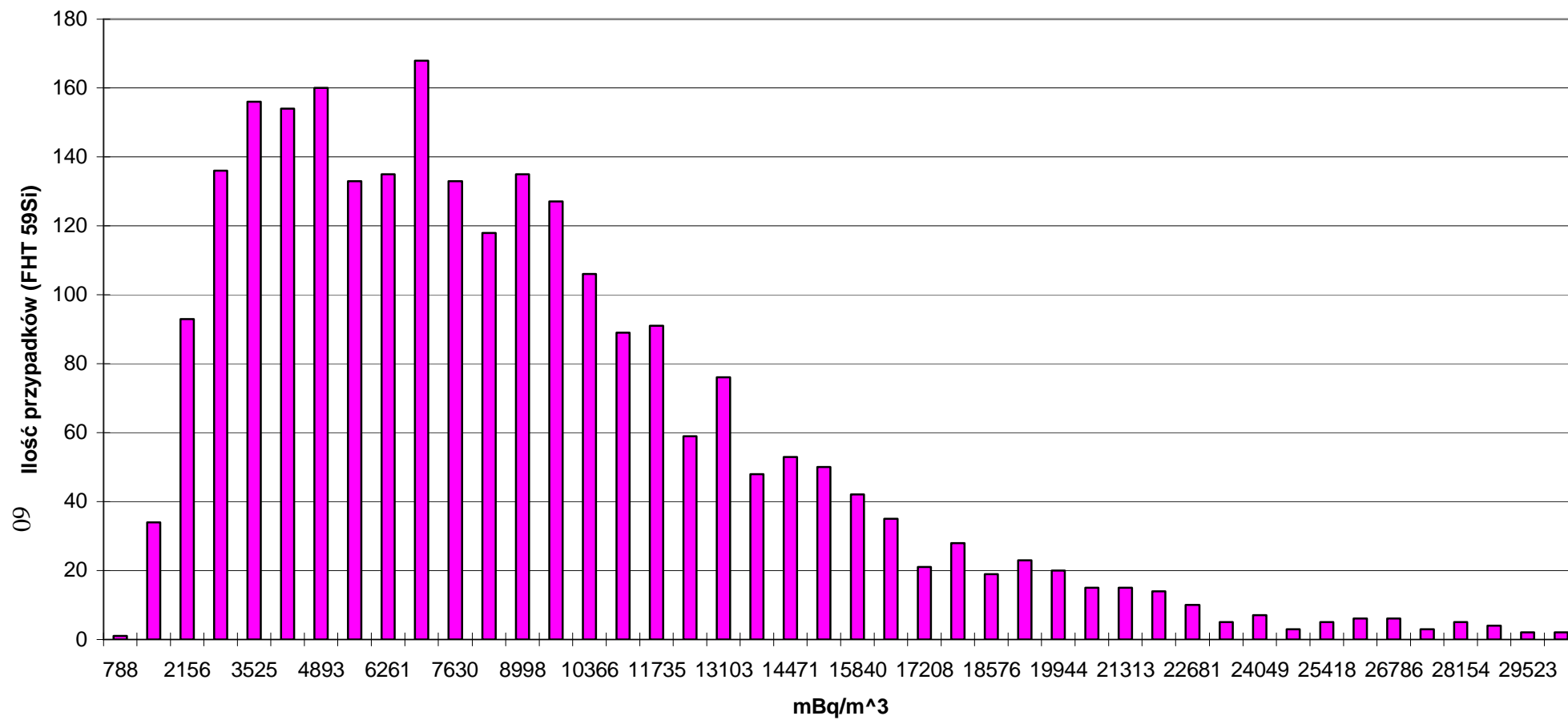
Rys. 38

Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2008
Stacja Świnoujście



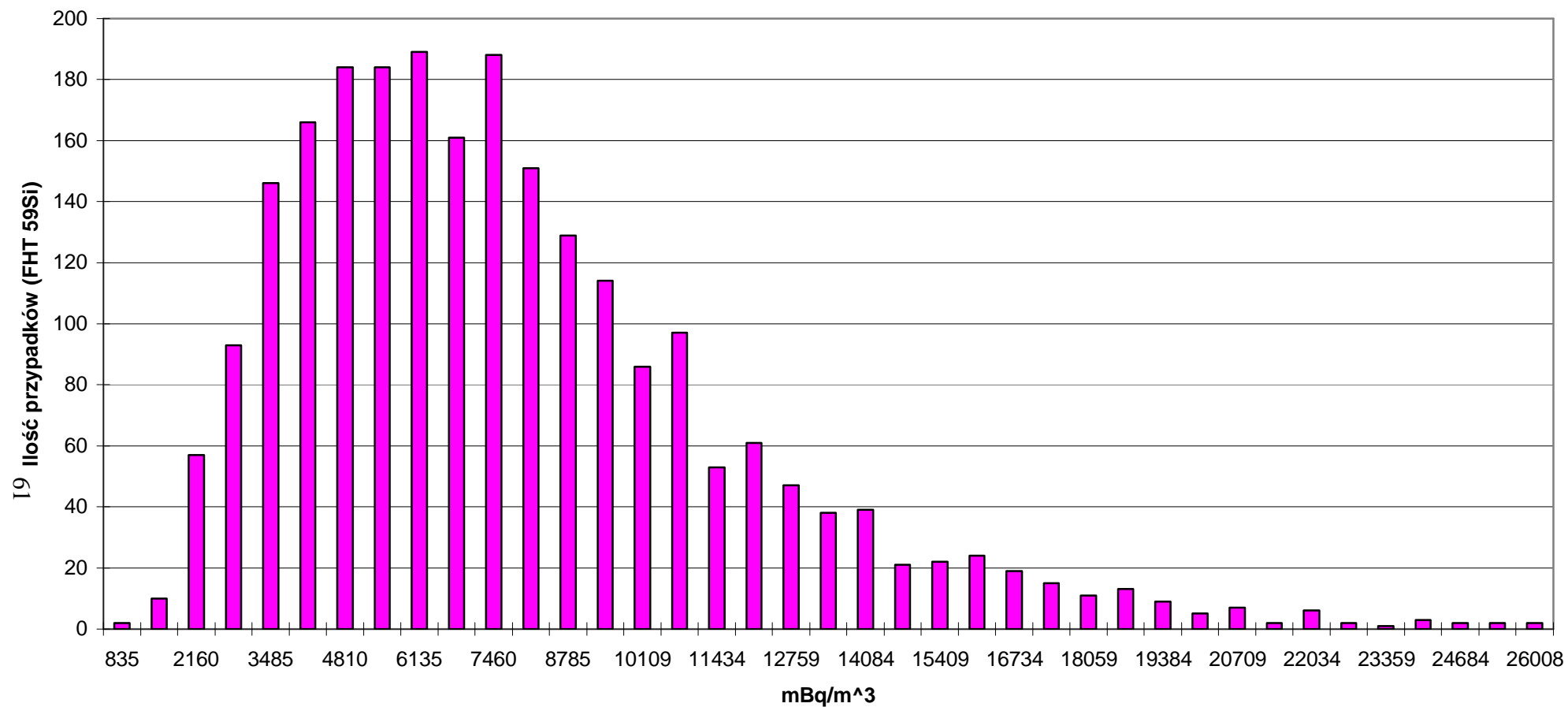
Rys. 39

Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2008
Stacja Zakopane



Rys. 40

Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2008
Stacja Lesko



Rys. 41

5. Podsumowanie.

Efektom prac wykonanych 2008 roku w sieci wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej było:

1. Otrzymanie wyników pomiarów wielkości niezbędnych do określenia aktualnego poziomu skażeń promieniotwórczych przyziemnej warstwy atmosfery.
2. Prowadzenie, na obszarze kraju, całodobowych pomiarów alarmowych, polegających na wykrywaniu nagłego wzrostu aktywności aerozoli powietrza i opadu całkowitego oraz mocy dawki promieniowania gamma środowiska jak również oznaczenie aktywności radioizotopów sztucznych (Cs-137 i Sr-90) i naturalnych (Ra-226, Ac-228, Be-7 i K-40).
3. Codzienne przesyłanie do Centrum Zdarzeń Radiacyjnych PAA wyników pomiarów aktywności aerozoli powietrza i mocy dawki, służącymi do bieżącej oceny sytuacji radiacyjnej kraju.

W opracowaniu omówione są wyniki pomiarów otrzymane przez sieć stacji wczesnego wykrywania skażeń radioaktywnych IMGW w 2008 r.

Stacje te w sposób ciągły mierzyły moc dawki promieniowania gamma rejestrując zmiany zachodzące w warstwie przyziemnej atmosfery. Przez moc dawki rozumiemy dawkę promieniowania elektromagnetycznego pochłoniętego przez jednostkę objętości w jednostce czasu, jednostką mocy dawki jest 1 grej na godzinę (1 Gy/h).

Wyznaczona średnia roczna wartość mocy dawki promieniowania gamma sieci stacji w 2008 roku wynosi: 98 nGy/h.

Stacje mierzyły m.in. aktywności promieniowania alfa i beta sztucznych izotopów w powietrzu oraz aktywności próbek dobowego i miesięcznego opadu całkowitego (fallout). Aktywność definiuje się liczbą rozpadów promieniotwórczych na sekundę, jednostką aktywności jest bekerel (1 Bq = 1 rozpad/s). Ponadto dla pełnego scharakteryzowania specyfiki pomiarów stosuje się jednostki aktywności na jednostkę powierzchni i objętości (Bq/m^2 , Bq/m^3 i Bq/l). Wyznaczona średnia roczna wartość promieniowania beta w powietrzu dla sieci stacji w 2008 roku waha się od 0,0-0,3 Bq/m^3 . Wyznaczona średnia roczna wartość promieniowania alfa w powietrzu dla sieci stacji w 2008 roku waha się od 0,0 – 0,3 Bq/m^3 . Wyznaczona średnia roczna wartość opadu całkowitego w powietrzu dla sieci stacji w 2008 roku wynosi 0,30 kB/m^2 .

Zmierzona metodami spektrometrii gamma i radiochemii została również aktywność Cs-137 i Sr-90 w zbiorczych próbkach miesięcznego opadu całkowitego, aktywność rocznego opadu Cs-137 wynosi 0,45 Bq/m^2 , a aktywność Sr-90 wynosi 0,13 Bq/m^2 .

Wartości powyższe nie odbiegają od uzyskanych w poprzednich latach, co świadczy, że nie nastąpiło żadne skażenie radioaktywne powietrza w 2008 roku na terenie polski.

Ponadto w pracy przedstawione są wyliczenia korelacji (dla okresu 7 lat tj. 2002 – 2008 r.) pomiędzy wartościami promieniowania alfa i mocy dawki promieniowania gamma a wysokością opadu deszczu oraz grubością warstwy śniegu. Pokazane są również rysunki w celach poglądowych i wstępnej graficznej oceny.

Obliczone współczynniki korelacji są niezerowe, co dowodzi wpływu zjawisk meteorologicznych na wartości poszczególnych rodzajów promieniowania. Jeśli chodzi o opad deszczu to zmniejsza on mierzone wartości promieniowania alfa w powietrzu natomiast zwiększa wartości mocy dawki promieniowania gamma, jeśli zaś chodzi o pokrywą śnieżną to zmniejsza ona mierzone wartości mocy dawki oraz zmniejsza wartości promieniowania alfa w powietrzu.

6. Wnioski.

Wyniki pomiarów Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Radioaktywnych IMGW otrzymane w roku 2008 mieszczą się w zakresie wartości uzyskanych w poprzednich latach. Nie stwierdzono przekroczeń alarmowych i skażeń promieniotwórczych atmosfery. Przeprowadzane analizy okresu od 2002 do 2008 roku wykazują istnienie niezerowych korelacji pomiędzy wartościami promieniowania a parametrami meteorologicznymi. I tak opad deszczu zwiększa zmierzone wartości mocy dawki promieniowania gamma na powierzchni ziemi a z mniejsza radioaktywność aerozoli w powietrzu. Natomiast pokrywa śnieżna zmniejsza wartości mocy dawki promieniowania oraz zmniejsza radioaktywność aerozoli w powietrzu.

7. Spis rysunków.

- Rys. 1.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Warszawa
- Rys. 2.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Warszawa.
- Rys. 3.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Gdynia
- Rys. 4.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Gdynia.
- Rys. 5.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Mikołajki
- Rys. 6.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Mikołajki.
- Rys. 7.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Gorzów
- Rys. 8.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Gorzów
- Rys. 9.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Świnoujście
- Rys. 10.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Świnoujście
- Rys. 11.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Legnica
- Rys. 12.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Legnica
- Rys. 13.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Włodawa
- Rys. 14.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Włodawa
- Rys. 15.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Zakopane
- Rys. 16.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Zakopane
- Rys. 17.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Lesko
- Rys. 18.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Lesko
- Rys. 19.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008. Stacja Warszawa.
- Rys. 20.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008. Stacja Gdynia.
- Rys. 21.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008. Stacja Mikołajki.
- Rys. 22.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008. Stacja Gorzów Wlkp.
- Rys. 23.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008. Stacja Świnoujście.
- Rys. 24.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008. Stacja Legnica
- Rys. 25.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008. Stacja Włodawa.
- Rys. 26.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008. Stacja Zakopane

- Rys. 27.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2008. Stacja Lesko
- Rys. 28.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Włodawa.
- Rys. 29.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Włodawa.
- Rys. 30.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Mikołajki.
- Rys. 31.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Mikołajki.
- Rys. 32.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Świnoujście
- Rys. 33.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Świnoujście.
- Rys. 34.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Zakopane.
- Rys. 35.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Zakopane.
- Rys. 36.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2008. Stacja Lesko.
- Rys. 37.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2008. Stacja Lesko.
- Rys. 38.** Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2008. Stacja Mikołajki.
- Rys. 39.** Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2008. Stacja Świnoujście.
- Rys. 40.** Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2008. Stacja Zakopane.
- Rys. 41.** Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2008. Stacja Lesko.

8. Spis tabel.

- Tabela. 1.** Moc dawki promieniowania gamma w stacjach wykrywania skażeń w 2008 r., nGy/h.
- Tabela. 2a.** Korelacje pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma mierzonymi sondą FHZ-621 a dobową sumą opadu atmosferycznego w okresie od 2000 do 2008 r.
- Tabela. 2b.** Korelacje pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma mierzonymi sondą FHZ-621 a grubością warstwy śniegu w okresie od 2000 do 2008 r.
- Tabela. 3a.** Korelacje między wartościami naturalnego promieniowania alfa aerozoli a sumą dobową opadu w okresie od 2000 do 2008 r.
- Tabela. 3b.** Korelacje między wartościami naturalnego promieniowania alfa aerozoli a grubością pokrywy śnieżnej w okresie od 2000 do 2008 r.
- Tabela. 4** Aktywność beta rocznego opadu całkowitego i zakres aktywności opadu dobowego, 2008 r.
- Tabela. 5.** Aktywność beta średniego rocznego opadu całkowitego dla sieci 9 stacji w latach 1998- 2008, kBq/m²rok.
- Tabela. 6.** Średnia miesięczna aktywność i roczna suma opadu atmosferycznego, 2008 r.
- Tabela. 7.** Średnia roczna aktywność beta opadów atmosferycznych w latach 1998 - 2008, mBq/l.
- Tabela. 8.** Aktywność Cs-137 i Sr-90 w średnim miesięcznym opadzie całkowitym, 2008 r., Bq/m²mies.
- Tabela. 9.** Aktywność naturalnych izotopów w średnim miesięcznym opadzie całkowitym, 2008 r., Bq/m²mies.