



**INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
OŚRODEK AEROLOGII**

TEMAT: Monitoring rozkładu pionowego ozonu, całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą Środkową oraz promieniowania UV-B w Polsce w latach 2010 – 2013.



Praca zrealizowana na podstawie umowy z GIOŚ nr 4/2011/F z dnia 11.03.2011 r. zawartej na podstawie umowy o dofinansowaniu z NFOŚiGW nr 590/2010/Wn-7/MN-BD/D z dnia 29.10.2010 r. wraz z aneksem do niej nr 1/92 z dnia 29.03.2011.



Sprawozdanie z Etapu III, 2012 rok

- 1. Pomiary rozkładu pionowego ozonu sondą ozonową ECC 6A za 11-12.2011 oraz 01-05.2012**
- 2. Pomiary promieniowania UV-B 11-12.2011 oraz 01-05.2012**
- 3. Wyznaczanie całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą Środkową w okresie 11-12.2011 oraz 01-05.2012**
- 5. Kalibracja mierników i współpraca międzynarodowa**
- 6. Analiza danych oraz opracowywanie informacji dla odbiorców krajowych i międzynarodowych; roczny raport za rok 2011**

JEDNOSTKA PROWADZĄCA: **IMGW - Ośrodek Aerologii**

KIEROWNIK TEMATU: **mgr inż. Grzegorz Zabłocki**

WYKONAWCY:

Ośrodek Aerologii:
mgr Julita Biszczuk–Jakubowska
mgr Aleksander Curyło
mgr Bogumił Kois
techn. Krystyna Twardo
mgr inż. Grzegorz Zabłocki

Ośrodek Teledetekcji Satelitarnej w Krakowie:
dr Bożena Łapeta
techn. Barbara Kopec
techn. Mateusz Struzik
techn. Magdalena Wells
mgr Leokadia Zagajewska

Pracownia Prognoz Numerycznych ALADIN w Krakowie:
mgr Marek Jerczyński

Obserwatorium w Łebie: **techn. Teresa Kosińska**

Obserwatorium w Zakopanem: **mgr inż. Michał Furmanek**

Kierownik Ośrodka Aerologii

Dyrektor Instytutu

mgr inż. Grzegorz Zabłocki

dr inż. Mieczysław S. Ostojki, prof. WŚŚ

Legionowo, czerwiec 2012

1. Pomiar rozkładu pionowego ozonu sondą ozonową ECC 6A za 11-12.2011 oraz 01-05.2012

W okresie od listopada 2011 do maja 2012 roku na stacji aerologicznej w Legionowie wykonywano systematycznie co najmniej raz w tygodniu sondáže ozonowe, elektrochemiczną sondą ozonową ECC6A produkcji Science Pump Corporation, USA, w systemie sondażowym DigiCora/RS92SGP i w systemie nawigacyjnym GPS. Wyniki pomiarów są gromadzone na bieżąco na dysku twardym serwera w Ośrodku Aerologii.

Wykaz sondáže ozonowych wykonanych w okresie od 1.11.2011 do 31.05.2012 r. zawarty jest w **Załączniku 1**.

Tabela 1. Średnia wysokość osiągniętych pułapów sondáže ozonowych.

Liczba sondáže			Pułap (km)	Średnia wysokość (km)
Razem	Standard	MATCH		
31	30	1	≥30	32,9
1	1	-	26 ÷ <30	29,0
			<26	
Razem 32	31	1		32,7

Całkowita zawartość ozonu w atmosferze obliczona z sondáže (O_3S) jest porównywana ze zmierzoną spektrofotometrem Dobsona w Belsku (O_3D) i obliczany jest współczynnik korekcji.

Tabela 2. Współczynniki korekcji.

Liczba sondáže	O_3D/O_3S Współczynnik korekcji	Średni współczynnik	
13	$0,90 \pm 1,00$	0,98	$O_3D \leq O_3S$
14	$1,01 \pm 1,15$	1,04	$O_3D > O_3S$
Razem 27	$0,90 \pm 1,15$	1,01	
5			Brak pomiaru O_3 w Belsku

Średni wskaźnik 1,01 wskazuje na bardzo dobrą zgodność obu systemów pomiarowych.

Po każdym sondażu ozonu opracowane wyniki przekazywano pocztą elektroniczną do Departamentu Monitoringu i Informacji o Środowisku GIOŚ oraz przez internet do bazy danych ozonowych w Norweskim Instytucie Ochrony Powietrza w Oslo (NILU). Dane sondáže ozonowych, po ich zweryfikowaniu pomiarem całkowitego ozonu spektrofotometrem Dobsona w Belsku, były przekazywane w partiach miesięcznych przez internet do Światowego Centrum Ozonowego w Toronto w Kanadzie.

Opracowane graficznie profile ozonu są zawarte w **Załączniku 2** – Profile ciśnienia cząstkowego ozonu prezentowane są na tle średnich miesięcznych wartości z odchyleniem standardowym $\pm 1\sigma$, na podstawie sondáže ozonowych sondą ECC z okresu VI.1993-XII.2003.

Program pomiarowy został zrealizowany w 100%.

2. Pomiary promieniowania UV-B za 11-12.2011 oraz 01-05.2012

a) Pomiary przyrządami UV Biometer model 501

Na stacjach IMGW pomiary promieniowania nadfioletowego są wykonywane przyrządem typu Robertson-Berger, model UV Biometer SL501, który mierzy rumieniowo czynne promieniowanie UV-B w zakresie 280-320 nm. Po zakończeniu każdego miesiąca wszystkie dane z każdej stacji były przekazywane do Ośrodka Aerologii, gdzie są opracowywane, archiwizowane na dysku twardym serwera i wykorzystywane do monitoringu i opracowań o charakterze klimatycznym. W okresie od 11.2011 do 05.2012 wystąpiły przerwy w pomiarach na stacji w Legionowie: 26-27.12.2011 i 21.04.2012.

Program pomiarowy został zrealizowany w 99,5%.

W Załączniku 3 przedstawione są przebiegi dobowe (średnie, maksymalne i minimalne) promieniowania UV-B na stacjach w Łebie, Legionowie i w Zakopanem w miesiącach od listopada 2011 do maja 2012 r.

b) Sieć monitoringu operacyjnego UV*

W ramach zorganizowanej w 2005 r. i wdrożonej do eksploatacji pod koniec lipca 2006 r. sieci monitoringu operacyjnego UV* w okresie listopad 2011 – maj 2012 roku pracowało pięć czujników UVEM-6C polskiej firmy OPTIX, zainstalowanych na stacjach w Łebie, Mikołajkach, Legionowie, Katowicach, Zakopanem. Wyniki pomiarów były na bieżąco prezentowane na prowadzonej przez IMGW–PIB stronie internetowej www.pogodynka.pl/indeksu łącznie z prognozą indeksu oraz objaśnieniami i materiałami dydaktycznymi dotyczącymi słonecznego promieniowania UV.

Dane pomiarowe z sieci są gromadzone na komputerach obsługujących system w poszczególnych lokalizacjach, natomiast dane ze wszystkich stacji są gromadzone na centralnym serwerze monitoringu oraz archiwizowane na serwerze w Ośrodku Aerologii.

Wykaz brakujących/odrzuconych danych pomiarowych z czujników OPTIX zostanie przedstawiony w raporcie rocznym po przeprowadzeniu weryfikacji jakości danych

* monitoring operacyjny UV czujnikami OPTIX jest prowadzony w ramach środków własnych IMGW

3. Wyznaczanie całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą Środkową w okresie 11-12.2011 oraz 01-05.2012

W okresie od listopada 2011 do maja 2012, całkowita zawartość ozonu wyznaczana była z danych ATOVS z satelitów nowej generacji NOAA-16, 18 i 19 za pomocą pakietu IAPP. Monitoring ozonu przebiegał bez przeszkód. Całkowita zawartość ozonu z danych satelitarnych była obliczana dla wszystkich dni raportowanego okresu (Tabela 3).

Dane są przechowywane w formie archiwum surowych danych satelitarnych (RAW) na nośnikach DVD w Ośrodku Teledetekcji Satelitarnej oraz na dysku twardym w Ośrodku Aerologii w postaci map bitowych.

Tabela 3. Wykaz opracowanych w Ośrodku Teledetekcji Satelitarnej map ozonu całkowitego na podstawie danych satelitarnych TOVS/NOAA w okresie od 01.11.2011 r. do 31.05.2012 r.

Dzień m-ce	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
XI	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	■	
XII	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
I	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
II	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	■	■	
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
IV	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	■	■
V	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

Literą "x" zaznaczone są dni z mapami ozonu całkowitego

Literą "o" zaznaczone są dni, w których był wykonywany sondaż ozonowy

*Satelitarne mapy ozonu z dni sondażowych są zawarte w **Załączniku 2**.*

Program pomiarowy został zrealizowany w 100%.

Kalibracja czujników i współpraca międzynarodowa

- W maju 2012 r. na stacji w Zakopanem i Łebie wymieniono czujniki SL501 o numerach 0936 i 1869 na czujniki 1119 i 1120, które w 2011 roku zostały skalibrowane w Obserwatorium Fizyczno – Meteorologicznym / Światowym Centrum Promieniowania (PMOD/WRC) w Davos (Szwajcaria). Czujniki, które wróciły ze stacji, zostaną przesłane do kalibracji do PMOD/WRC w lipcu 2012 r.
- Wyniki pomiarów sondażu ozonowego przekazywano regularnie przez internet do Bazy Danych Ozonowych w Instytucie Ochrony Powietrza (NILU) w Oslo, Norwegia oraz do Światowego Centrum Ozonowego w Toronto, Kanada.

6 Analiza danych oraz opracowywanie informacji dla odbiorców krajowych i międzynarodowych. Raport roczny za rok 2011 r.

6.1 Sprawozdanie z realizacji zadań 1-3 za rok 2011 r.

6.1.1 Profile ozonu

6.1.2 Pomiary promieniowania UV-B

6.1.3 Ozon całkowity z danych satelitarnych

6.2 Raport roczny za 2011 r.

6.2.1 Wstęp

6.2.2 Ocena stanu warstwy ozonowej w 2011 roku na podstawie wyników monitoringu.

6.2.2.1 Analiza rozkładu pionowego ozonu w 2011 roku.

6.2.2.2 Ozon całkowity z danych satelitarnych w 2011 r.

6.2.2.3 Promieniowanie UV-B zmierzone na sieci monitoringu w 2011 r.

6.2.3 Podsumowanie i wnioski

6.3 Opracowanie informacji dla odbiorców krajowych i międzynarodowych

6.4 Podsumowanie

6.5 Literatura

6.1 Sprawozdanie z realizacji zadań 1-3 za rok 2011 r.

6.1.1 Profile ozonu

W okresie od stycznia do grudnia 2011 roku na stacji aerologicznej w Legionowie wykonywano systematycznie co najmniej raz w tygodniu sondaże ozonowe, elektrochemiczną sondą ozonową ECC6A produkcji Science Pump Corporation, USA, w systemie sondażowym DigiCora/RS92SGP i w systemie nawigacyjnym GPS. Wyniki pomiarów są gromadzone na bieżąco na dysku twardym serwera w Ośrodku Aerologii.

Program pomiarowy został zrealizowany w 100%.

Tabela 4. Charakterystyka sondaży ozonowych w Legionowie.

Liczba sondaży	Pałap (km)	Średnia wysokość (km)
50+3*	≥30	32,9
3	26 ÷ <30	28,5
1*	<26	-
Razem 57		32.7

*sondaże nieudane, nie zostały uwzględnione przy wyliczaniu średnich wysokości

Tabela 5. Wyniki porównania całkowitej zawartości ozonu obliczonej z sondażu (O_3S) ze zmierzoną spektrofotometrem Dobsona w Belsku (O_3D)

Liczba sondaży	O_3D/O_3S Współczynnik korekcji	Średni współczynnik	
20	0,90÷1,00	0,98	$O_3D \leq O_3S$
28	1,01÷1,15	1,05	$O_3D > O_3S$
Razem 48	0,90÷1,15	1,02	
1	1,16	1,16	
1	1,20	1,20	
3			Brak pomiaru O_3 w Belsku
1			Niski pałap sondażu
3			Błędne wskazania ozonu

Wyniki porównania wskazują na wysoką porównywalność obu systemów pomiarowych. W 48 przypadkach współczynnik korekcji mieści się w granicach 0,90 ÷ 1,15, średnio 1,02, co znaczy, że całkowita zawartość ozonu zmierzona spektrofotometrem Dobsona jest średnio o 2% większa od obliczonej z sondażu ozonowego.

Po każdym sondażu ozonu opracowane wyniki przekazywano pocztą elektroniczną do Departamentu Monitoringu i Informacji o Środowisku GIOŚ oraz przez internet do bazy danych ozonowych w Norweskim Instytucie Ochrony Powietrza w Oslo (NILU). Dane sondaży ozonowych, po ich zweryfikowaniu pomiarem całkowitego ozonu spektrofotometrem Dobsona w Belsku, były przekazywane w partiach miesięcznych przez internet do Światowego Centrum Ozonowego w Toronto w Kanadzie. Wykaz sondaży ozonowych przedstawia Tabela 6.

Tabela 6. Wykaz sondaży ozonowych wykonanych w Ośrodku Aerologii w okresie od 01.01.2011 r. do 31.12.2011 r.

L.p.	Data	Godz. [UT]	H [km]	1 O ₃ [D]	2 O ₃ [D]	1+2 O ₃ [D]	Dobs O ₃ [D]	Współ. Korek.	Zachmurzenie [x/8]	Uwagi
1	05.01	12	33,7	310	23	333	310	0,93	0	
2	12.01	12	32,4	288	30	318	331	1,04	8 Sc, As	
3	19.01	12	34,2	313	17	330	366	1,11	8 Cu, Sc	
4	26.01	12	33,2	355	18	373	382	1,02	6 Sc	
5	02.02	12	33,5	300	25	325	-	-	8 Sc	
6	09.02	12	32,9	319	28	347	347	1,00	8 Cu, Sc	
7	16.02	12	32,9	376	33	409	381	0,93	3 Ci	
8	23.02	12	34,2	411	25	436	422	0,97	5 Ci	
9	02.03	12	32,3	319	34	353	362	1,03	0	
10	09.03	12	28,1	261	64	325	348	1,07	0	
11	16.03	12	32,6	314	35	349	357	1,02	4 Cu	
12	23.03	12	31,0	322	59	381	381	1,00	5 Ci	
13	30.03	12	31,7	243	27	270	291	1,08	1 Cu	
14	06.04	12	33,5	274	7	281	327	1,16	7 Cu, Ac	
15	13.04	12	31,9	288	40	328	319	0,97	8 Cu, Sc	
16	16.04	12	32,1	229	37	266	268	1,01	7 Cu, Ci	Dodatkowy ze względu na niskie O ₃
17	20.04	12	32,2	293	44	337	328	0,97	0	
18	27.04	12	31,3	276	52	328	323	0,99	3 Cu	
19	04.05	12	32,6	332	44	376	385	1,02	4 Cu	
20	11.05	12	31,3	285	54	339	348	1,03	2 Ci	
21	18.05	12	33,0	286	40	326	340	1,04	6 Cu, Ac, Ci	
22	25.05	12	31,7	294	49	343	349	1,02	4 Cu	
23	01.06	12	32,1	274	52	326	332	1,02	6 Cu, Ac, Ci	
24	08.06	12	28,5	231	79	310	316	1,02	4 Cu	
25	15.06	12	34,3	305	35	340	334	0,98	6 Cu, Ac, Ci	
26	22.06	12	33,1	282	41	323	324	1,00	5 Cu, Ci	
27	29.06	12	13,7	-	-	-	327	-	6 Cu, Ac	Nieudany, spadek balonu
28	30.06	12	33,4	295	43	338	339	1,00	6 Cu	
29	06.07	12	33,1	259	45	304	-	-	8 Sc, As	Brak O ₃ z Belska
30	13.07	12	32,4	253	53	306	305	1,00	6 Cu, Ci	
31	20.07	12	29,0	229	78	307	306	1,00	7 Cu, Ac	
32	27.07	12	34,5	259	30	289	346	1,20	8 Cu, Ac	
33	03.08	12	31,3	243	59	302	313	1,04	4 Cu	
34	10.08	12	33,3	265	39	304	335	1,10	7 Cu, Ac	
35	17.08	12	33,6	258	33	291	308	1,06	6 Cu, Ac, Ci	
36	24.08	12	33,9	232	35	267	263	0,99	7 Ac, Ci	
37	31.08	12	31,5	250	51	301	294	0,98	4 Cu	
38	07.09	12	34,5	-	-	-	277	-	8 Sc	Nieudany, błędne wskazania ozonu
39	08.09	12	34,1	276	30	306	306	1,00	8 Cu, Cb, As	
40	14.09	12	34,2	-	-	-	271	-	5 Cu	Nieudany, błędne wskazania ozonu
41	15.09	12	33,9	241	28	269	283	1,05	6 Cu	
42	21.09	12	33,0	-	-	-	273	-	0	Nieudany, błędne wskazania ozonu
43	22.09	12	33,7	233	29	262	276	1,05	7 Sc, Ac	
44	28.09	12	34,3	220	24	244	265	1,09	4 Cu	
45	05.10	12	33,4	188	23	211	227	1,08	6 Cu, Ci	
46	12.10	12	34,2	252	25	277	297	1,07	5 Cu, Cb	
47	21.10	12	33,2	285	30	315	320	1,02	5 Cu, Ac	
48	26.10	12	33,9	238	32	270	265	0,98	7 Ac	
49	02.11	12	33,9	209	19	228	-	-	8 St	
50	09.11	12	33,5	216	16	232	255	1,10	8 St	
51	16.11	12	31,4	206	26	232	225	0,97	0	
52	23.11	12	32,8	225	18	243	260	1,07	0	
53	30.11	12	33,2	230	25	255	272	1,07	8 Sc	
54	07.12	12	30,5	274	35	309	311	1,01	8 Sc	
55	14.12	12	32,2	226	21	247	258	1,05	8 Ac	
56	21.12	12	32,9	274	14	288	263	0,91	8 St	
57	28.12	12	33,2	221	17	238	223	0,94	1 Ac	

1 O₃S

- Zawartość ozonu w jednostkach Dobsona [D], scałkowana do maksymalnej wysokości 35 km.

2 O₃S- Zawartość ozonu obliczona z krzywej stałego stosunku zmieszania powyżej pułapu obliczeń O₃.1+2 - O₃S

- Całkowita zawartość ozonu w sondażu.

3 - O₃D

- Całkowita zawartość ozonu zmierzona spektrofotometrem Dobsona w Belsku.

Opracowane graficznie profile ozonu są zawarte w **Załączniku 4**.

6.1.2 Pomiary promieniowania UV-B

a) Pomiary przyrządami UV Biometer model 501

Na stacjach IMGW w Łebie, Legionowie i Zakopanem, pomiary promieniowania nadfioletowego są wykonywane przyrządem typu Robertson-Berger, model UV Biometer SL501, który mierzy rumieniowo czynne promieniowanie UV-B w zakresie 280-320 nm. Po zakończeniu każdego miesiąca wszystkie dane z każdej stacji były przekazywane do Ośrodka Aerologii, gdzie są opracowywane, archiwizowane na dysku twardym serwera i wykorzystywane do monitoringu i opracowań o charakterze klimatycznym. Pomiary na stacjach były wykonywane sprawnie, przerwa w pomiarach z przyczyn niezależnych wystąpiła w Łebie w dniach 1-7.02; 1-25.03; 14-30.06.2011 r. w Legionowie w dniach 26-27.12.2011 r. oraz w Zakopanem 24-25.05.2011 r.

Program pomiarowy został zrealizowany w 95,2%.

*Wyniki promieniowania UV-B uzyskane z czujników SL501 z Łeby, Legionowa i Zakopanego znajdują się w **Załączniku 5**.*

b) Sieć monitoringu operacyjnego UV*

Zorganizowana w 2005 r. i wdrożona do eksploatacji pod koniec lipca 2006 r. sieć monitoringu operacyjnego UV, złożona z czujników UVEM-6C polskiej firmy OPTIX, zainstalowanych obecnie na pięciu stacjach w Łebie, Mikołajkach, Legionowie, Katowicach, Zakopanem, przez cały rok 2011 na bieżąco przekazywała na stronę internetową IMGW dane o zmierzonym promieniowaniu UV. Dane pomiarowe są gromadzone na komputerach obsługujących system w poszczególnych lokalizacjach, natomiast dane ze wszystkich stacji są gromadzone na centralnym serwerze monitoringu oraz archiwizowane na serwerze w Ośrodku Aerologii. Tabela 7 zawiera wykaz dni z brakującymi danymi z poszczególnych stacji. Braki te w większości spowodowane są odrzuceniem danych w wyniku przeprowadzonej kontroli jakości. Problemy z jakością i spójnością danych wynikają z szybkiego starzenia się przyrządów OPTIX. W sumie z powyższych przyczyn danych pomiarowych na różnych stacjach brakuje dla 2,6% całego okresu.

Tabela 7. Wykaz dni z brakującymi danymi z poszczególnych stacji sieci monitoringu operacyjnego UV.

	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec
Łeba						
Mikołajki		12			6	28
Legionowo						
Katowice	5-9	23		30	1	
Zakopane						

	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
Łeba						
Mikołajki	31	1-3;8-18;22-25;28-31	1-9			
Legionowo						
Katowice	6		29		25	
Zakopane		24				

Wyniki promieniowania UV-B z dwóch stacji (Mikołajki, Katowice), na których pracują wyłącznie czujniki UVEM-6C firmy OPTIX, znajdują się w **Załączniku 5**.

* monitoring operacyjny UV czujnikami OPTIX jest prowadzony w ramach środków własnych IMGW

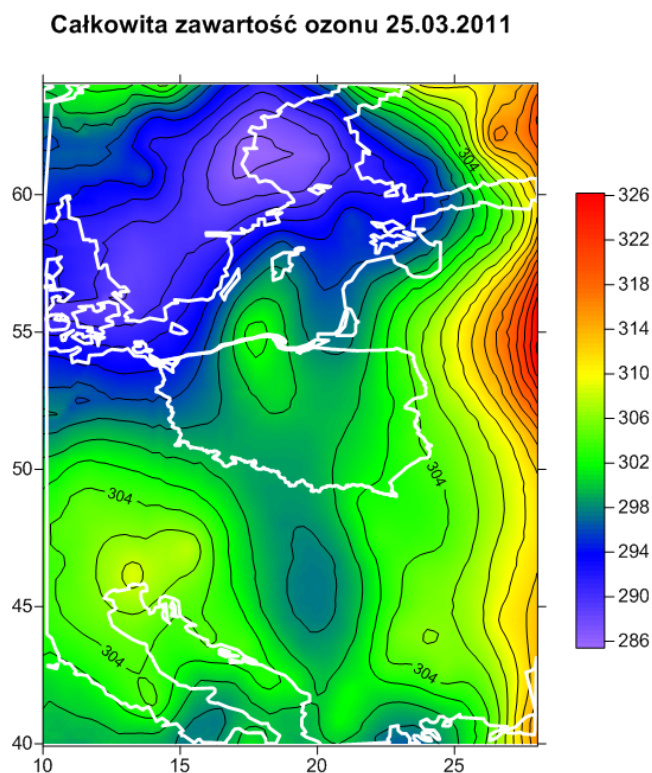
6.1.3 Ozon całkowity z danych satelitarnych

Podobnie jak w latach ubiegłych, całkowita zawartość ozonu w 2011 roku była operacyjnie obliczana z danych NOAA/ATOVS, z kanału 9.8 μ m. Czujnik ATOVS jest urządzeniem skanującym, mierzącym promieniowanie podczerwone i mikrofalowe emitowane przez Ziemię i atmosferę, i jest unowocześnioną i rozszerzoną wersją czujnika TOVS. W jego skład wchodzi następujące radiometry:

- HIRS/3 (High Infra Red Sounder) mierzący promieniowanie w 19 kanałach spektralnych w części podczerwonej widma oraz w pasmach absorpcyjnych pary wodnej i ozonu. Zdolność rozdzielcza tego instrumentu wynosi 17.4 km w punkcie pod-satelitarnym oraz 58.5 km na brzegu skanu;
- AMSU-A (Advanced Microwave Sounding Unit), który zastąpił czujnik mikrofalowy (MSU) oraz radiometr do badania stratosfery (SSU). AMSU-A mierzy promieniowanie w 15 kanałach mikrofalowych zlokalizowanych wokół częstotliwości 23, 30, 50 i 90 GHz i odpowiadających kanałom absorpcyjnym tlenu. Zdolność rozdzielcza zmienia się od 79.4 km w punkcie pod-satelitarnym do 149.1 km na brzegu skanu.
- AMSU-B (jedynie na satelicie NOAA-16) mierzy promieniowanie w 5 kanałach zlokalizowanych wokół częstotliwości 90, 150 i 190 GHz będących pasmami absorpcyjnymi pary wodnej. Zdolność rozdzielcza zmienia się od 26.9 km w punkcie pod-satelitarnym do 51.6 km na brzegu skanu.
- MHS (Microwave Humidity Sounder) – czujnik mierzący promieniowanie mikrofalowe w 5 kanałach w paśmie absorpcyjnym pary wodnej od 89 GHz do 190 GHz. Czujnik MHS zastąpił AMSU-B na satelitach NOAA-18 i NOAA-19.

Całkowita zawartość ozonu wyznaczana jest za pomocą oprogramowania IAPP z przelotów satelitów NOAA-16, NOAA-18 i NOAA-19. Jest ona obliczana w punktach odpowiadających 3x3 pikselom HIRS. Za względu na fakt, że współrzędne geograficzne tych punktów są różne dla poszczególnych transmisji, tak otrzymane pola całkowitej zawartości ozonu są przekształcane do regularnej siatki współrzędnych. Wybrano siatkę współrzędnych geograficznych w zakresie 40°-64° szerokości północnej i 10°-28° długości wschodniej z krokiem 0.25°. Interpolację przestrzenną wykonano metodą krigingu zwykłego.

Na rysunku 1 przedstawiono przykładowy rozkład całkowitej zawartości ozonu z dnia 25 marca 2011.



Rysunek 1. Całkowita zawartość ozonu (D) w dniu 25 marca 2011, godz. 01:18 UTC, wyznaczona z danych NOAA-18.

Mapy całkowitej zawartości ozonu wyznaczane były dla każdej odebranej transmisji NOAA-16, NOAA-18 i NOAA-19. W przypadku wystąpienia problemów z odbiorem danych satelitarnych NOAA w Ośrodku Teledetekcji Satelitarnej IMGW-PIB dane te były pobierane przez system EUMETCast. Tabela 8 zawiera wykaz opracowanych map ozonu całkowitego w roku 2011.

Tabela 8. Wykaz opracowanych w Ośrodku Teledetekcji Satelitarnej map ozonu całkowitego na podstawie danych satelitarnych (A)TOVS/NOAA w okresie od 01.01.2011 r. do 31.12.2011 r.

Dzień	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
01	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x
02	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x
03	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
04	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
05	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
06	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x
07	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x o
08	x	x	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x
09	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	
10	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
11	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
12	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
13	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x
14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x o
15	x	x	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x
16	x	x o	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x o	x
17	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
18	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
19	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x
21	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x o
22	x	x	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x
23	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x
24	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
25	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
26	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
27	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x
28	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x o
29	x	■	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
30	x	■	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x o	x
31	x	■	x	■	x	■	x	x o	■	x	■	x

Literą "x" zaznaczone są dni z mapami ozonu całkowitego

Literą "o" zaznaczone są dni, w których był wykonywany sondaż ozonowy

W sumie w 2011 roku, całkowita zawartość ozonu z przyczyn technicznych nie była obliczona dla 1 dnia, co stanowi 0,3% badanego okresu.

Program pomiarowy zrealizowano w 99,7%

Satelitarne mapy ozonowe z dni sondażowych są zawarte w **Załączniku 4**.

6.2 RAPORT ROCZNY ZA 2011 R.

6.2.1 Wstęp

Warstwa ozonowa w atmosferze Ziemi jest naturalnym filtrem chroniącym przed nadmiarem promieniowania ultrafioletowego ze Słońca. Powiększająca się nad Antarktydą „dziura ozonowa”, pojawia się regularnie każdej wiosny od lat 80. Obawa o dalszy los warstwy ozonowej spowodowała, że w wielu krajach podjęto aktywne programy badawcze mające na celu właściwą ocenę zjawisk zachodzących w naturalnej i zaburzonej stratosferze. Wyniki kampanii pomiarowych w wirach polarnych obu półkul i symulacji modelowych nie pozostawiają wątpliwości, że redukcja warstwy ozonowej stała się problemem globalnym, wywołanym antropogeniczną emisją związków zawierających chlorowce (brom, chlor, fluor), przedostających się do stratosfery z kilkuletnim opóźnieniem. Konwencja Narodów Zjednoczonych o ochronie warstwy ozonowej z 1985 r. (Dz. U. z 1992 r. Nr 98, poz. 488) i Protokół Montrealski dotyczący ograniczenia emisji substancji niszczących warstwę ozonową z 1987 r. wraz z uzupełnieniami (Dz. U. z 1992 r. Nr 98, poz. 490), których Polska jest sygnatariuszem, nakładają obowiązek monitorowania stanu warstwy ozonowej i natężenia promieniowania ultrafioletowego przy powierzchni ziemi. Wypełnianie tego obowiązku jest realizowane m.in. poprzez wykonywanie regularnych, radiosondażowych pomiarów pionowego profilu ozonu, analizę całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą Środkową z danych satelitarnych oraz monitoring biologicznie czynnego promieniowania UV-B za pomocą sieci przyrządów pomiarowych. W kolejnych rozdziałach raportu zostaną omówione wyniki pomiarów wykonanych w 2011 roku.

6.2.2 Ocena stanu warstwy ozonowej w 2011 roku na podstawie wyników monitoringu.

6.2.2.1 Analiza rozkładu pionowego ozonu w 2011 roku.

Stan warstwy ozonowej nad Legionowem w 2011 roku charakteryzują dane w Tabeli 1. Średnie wartości ciśnienia cząstkowego ozonu w miesiącach obliczono dla powierzchni ziemi i wybranych powierzchni izobarycznych w troposferze (300-700hPa) i stratosferze (10-200hPa). Odchylenia ozonu przedstawiono na tle średnich wartości miesięcznych wieloletnich (06.1993-12.2010). Zgodnie z zaleceniami WMO do analizy wybrano sondáže ze współczynnikami korekcji Dobsona w zakresie 0.9-1.15. Główne źródło ozonu znajduje się w średniej stratosferze ($p \leq 20$ hPa). Nasylenie powietrza ozonem wyrażone stosunkiem ciśnienia cząstkowego ozonu do ciśnienia atmosferycznego jest tu wielokrotnie wyższe niż w troposferze. Dodatkowe źródło ozonu znajduje się w dolnej troposferze.

W obu warstwach widoczne są letnie maksima fotochemicznej produkcji ozonu. Najniższe ciśnienie cząstkowe (koncentracja) ozonu występuje przy powierzchni ziemi w chłodnej porze roku (październik-luty). W ciepłej porze roku najniższe koncentracje ozonu występują w górnej troposferze (300hPa). W górnej troposferze, na powierzchni 300hPa, widoczne jest wiosenne maksimum związane z przenikaniem ozonu stratosferycznego przez tropopauzę. W dolnej stratosferze koncentracja ozonu szybko wzrasta z wysokością do maksimum na wysokości typowej dla umiarkowanych szerokości geograficznych: ~21km (50hPa) zimą i wiosną, ~23km (30hPa) latem i jesienią. W średnim przebiegu rocznym zawartość ozonu w dolnej stratosferze (30-200hPa) spada od wiosny do jesieni. Późną jesienią i zimą następuje ponowny wzrost zawartości ozonu w stratosferze (20-200hPa). Profile ciśnienia cząstkowego ozonu w poszczególnych dniach (Rysunki 1-4) obrazują krótkookresową zmienność ozonu na tle średnich miesięcznych wieloletnich profili z odchyleniami standardowymi. Dla każdego profilu ozonu przedstawiono odpowiadający mu profil temperatury. Rozpiętość całkowitej koncentracji ozonu jest związana z wielkoskalowymi procesami transportu. W sondażach z 2011 roku wyznacza ją maksimum (436D) pod koniec zimy (23 lutego) i minimum (211D) na początku jesieni (5 października). Przedstawienie odchylenia ozonu standaryzowanego w jednostkach odchylenia standardowego (σ) pozwala na wykrycie anomalii. W kwietniu wystąpiły ujemne anomalie w warstwie maksymalnej koncentracji (30-50hPa) wywołane adwekcją polarnych mas powietrza, w których podczas zimy dokonał się proces fotochemicznego niszczenia ozonu. W maju, ze względu na ujemne odchylenia ozonu na poziomie 50hPa, maksimum koncentracji znalazło się na niższym poziomie, 70hPa. W lipcu ujemne anomalie znaleziono w warstwie maksymalnej koncentracji ozonu (30hPa). Na niższych wysokościach w dolnej stratosferze transport małych koncentracji ozonu z niskich szerokości geograficznych powodował ujemne anomalie ozonu: w kwietniu (100-150hPa), czerwcu (100hPa), lipcu (200hPa) i w listopadzie (150-200hPa). W roku 2011 od wiosny do jesieni przeważały ujemne odchylenia ozonu w całej stratosferze.

Tabela 1. Ciśnienie cząstkowe ozonu w atmosferze nad Legionowem w 2011 roku.

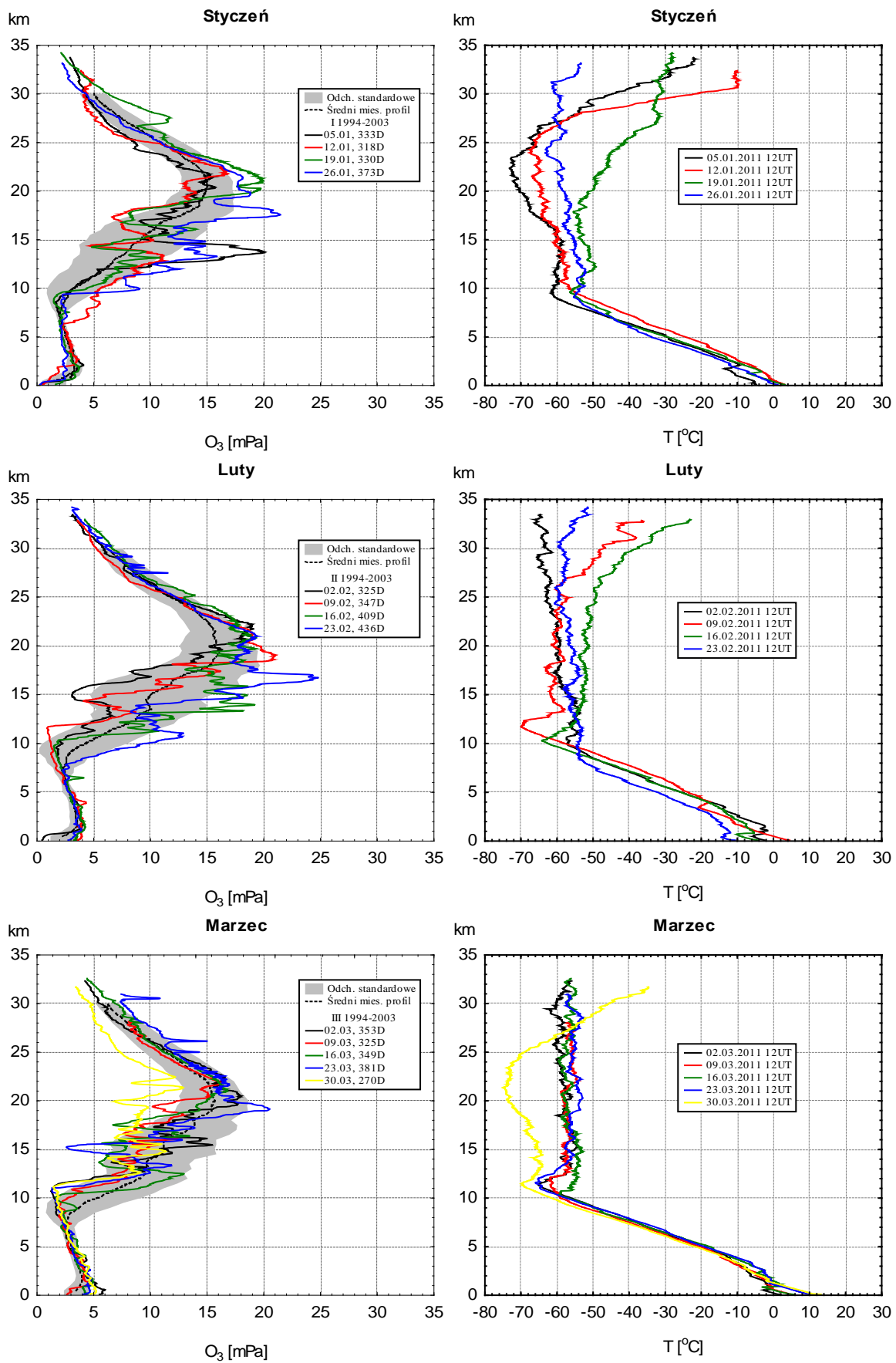
M-ce	POWIERZCHNIE IZOBARYCZNE (hPa) I ŚREDNIA WYSOKOŚĆ (km)											
	Pow. Ziemi 0.1	<u>700</u> 3.0	<u>500</u> 5.5	<u>300</u> 9.0	<u>200</u> 12.0	<u>150</u> 13.5	<u>100</u> 16.0	<u>70</u> 18.5	<u>50</u> 20.5	<u>30</u> 23.5	<u>20</u> 26.5	<u>10</u> 31.0
a	7	32	25	27	74	128	117	130	163	144	90	45
01 b	11	31	24	23	57	73	103	140	151	136	101	51
c	-0.9	0.3	0.6	0.6	1.0	3.2	0.5	-0.4	0.8	1.1	-1.6	-1.0
a	30	36	26	26	68	101	160	156	178	146	101	56
02 b	19	34	26	24	71	89	116	156	161	143	106	58
c	1.6	0.8	0.0	0.3	-0.2	0.5	1.5	0.0	0.9	0.2	-0.6	-0.3
a	44	42	32	22	61	84	116	126	150	136	98	56
03 b	32	37	29	30	87	98	121	142	159	136	103	61
c	1.7	2.2	2.0	-0.9	-1.5	-1.1	-0.2	-1.2	-0.9	0.0	-0.9	-1.4
a	52	48	33	35	77	48	63	119	128	112	99	65
04 b	41	42	34	32	85	96	107	136	150	131	105	67
c	1.5	2.1	-0.3	0.3	-0.5	-3.0	-2.6	-1.0	-2.0	-3.0	-0.9	-0.5
a	42	44	40	26	59	93	85	133	131	128	109	72
05 b	43	44	34	31	84	87	92	119	142	127	109	71
c	-0.1	0.0	2.0	-0.7	-1.4	0.4	-0.5	0.9	-1.5	0.1	0.2	0.1
a	52	46	39	30	58	62	50	98	126	127	113	71
06 b	43	43	37	31	68	77	78	105	128	126	114	72
c	1.1	0.8	0.6	-0.2	-0.5	-0.9	-2.1	-0.6	-0.7	0.0	-0.2	-0.2
a	44	42	36	21	22	52	66	87	117	103	115	75
07 b	44	42	37	29	67	61	70	95	123	126	114	71
c	0.0	0.0	-0.3	-1.1	-2.2	-0.7	-0.7	-0.9	-1.3	-3.3	0.3	1.0
a	31	38	34	27	57	50	68	95	116	101	108	66
08 b	40	41	36	25	47	51	72	96	118	117	112	69
c	-1.3	-0.8	-0.4	0.8	0.6	-0.1	-0.7	-0.1	-0.3	-1.9	-0.5	-1.1
a	24	37	29	27	44	36	78	99	118	112	89	56
09 b	31	38	32	22	34	45	73	101	117	117	101	64
c	-0.8	-0.4	-1.0	1.5	0.9	-1.0	0.6	-0.1	0.3	-0.5	-1.1	-1.7
a	25	31	27	18	35	31	68	104	113	114	105	52
10 b	19	35	28	21	34	42	66	98	116	115	95	56
c	1.0	-1.7	-0.7	-0.6	0.1	-1.4	0.2	0.4	-0.3	-0.2	1.5	-0.8
a	9	31	23	19	16	25	64	89	105	128	97	46
11 b	12	32	25	19	39	49	80	108	121	123	97	49
c	-0.7	-0.1	-1.0	0.0	-2.0	-2.3	-1.3	-1.7	-1.7	0.6	-0.0	-0.7
a	10	29	23	17	45	66	74	92	104	120	92	42
12 b	8	32	25	19	41	54	83	113	133	129	100	47
c	0.3	-1.2	-1.3	-0.6	0.3	1.1	-0.6	-1.6	-2.0	-0.9	-0.7	-1.1

Wartości ciśnienia cząstkowego ozonu w 10^{-4} Pa

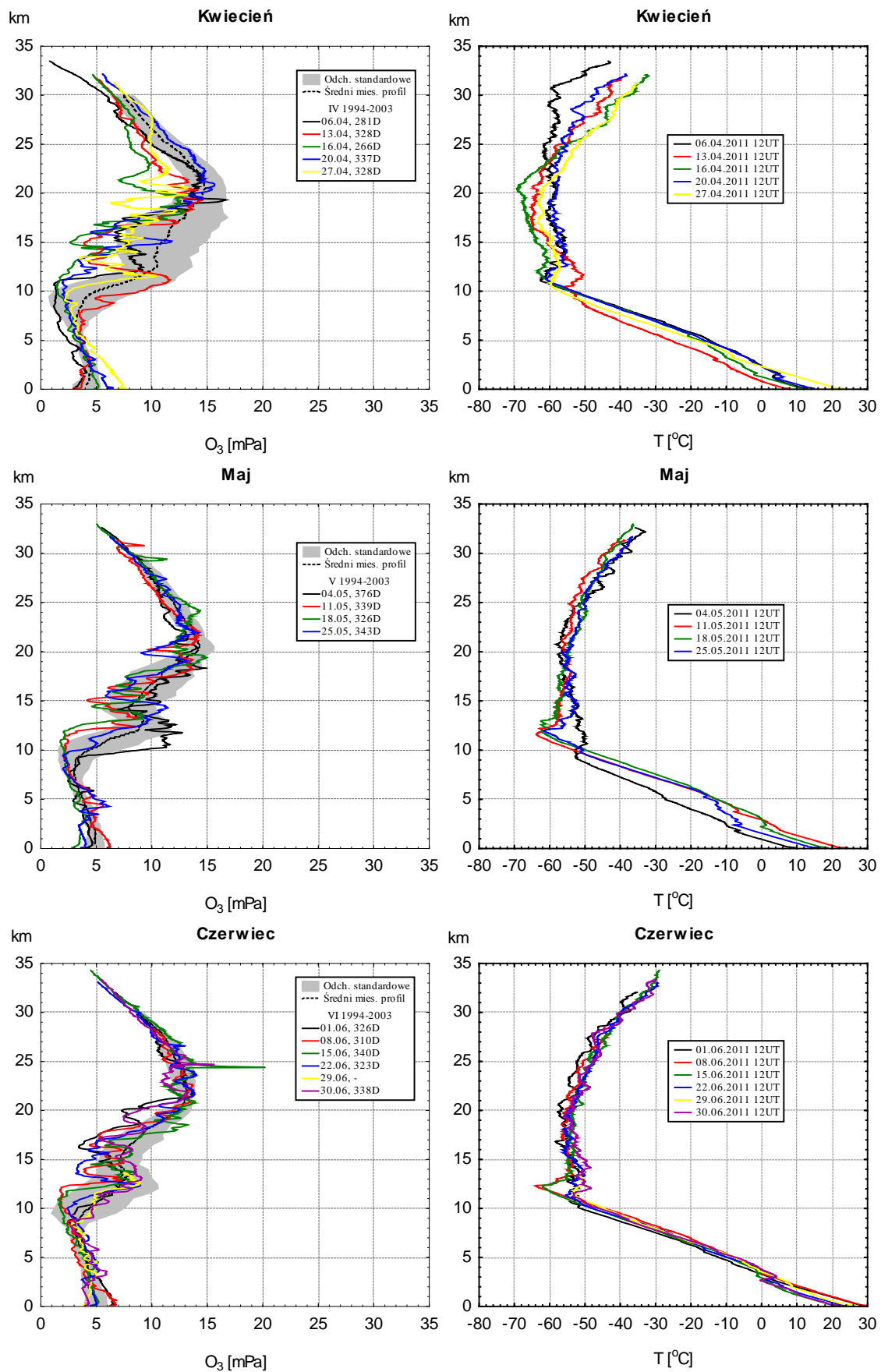
a – średnie miesięczne ciśnienie cząstkowe w 2011 r.

b – średnie miesięczne wieloletnie ciśnienie cząstkowe z okresu 06.1993-12.2010

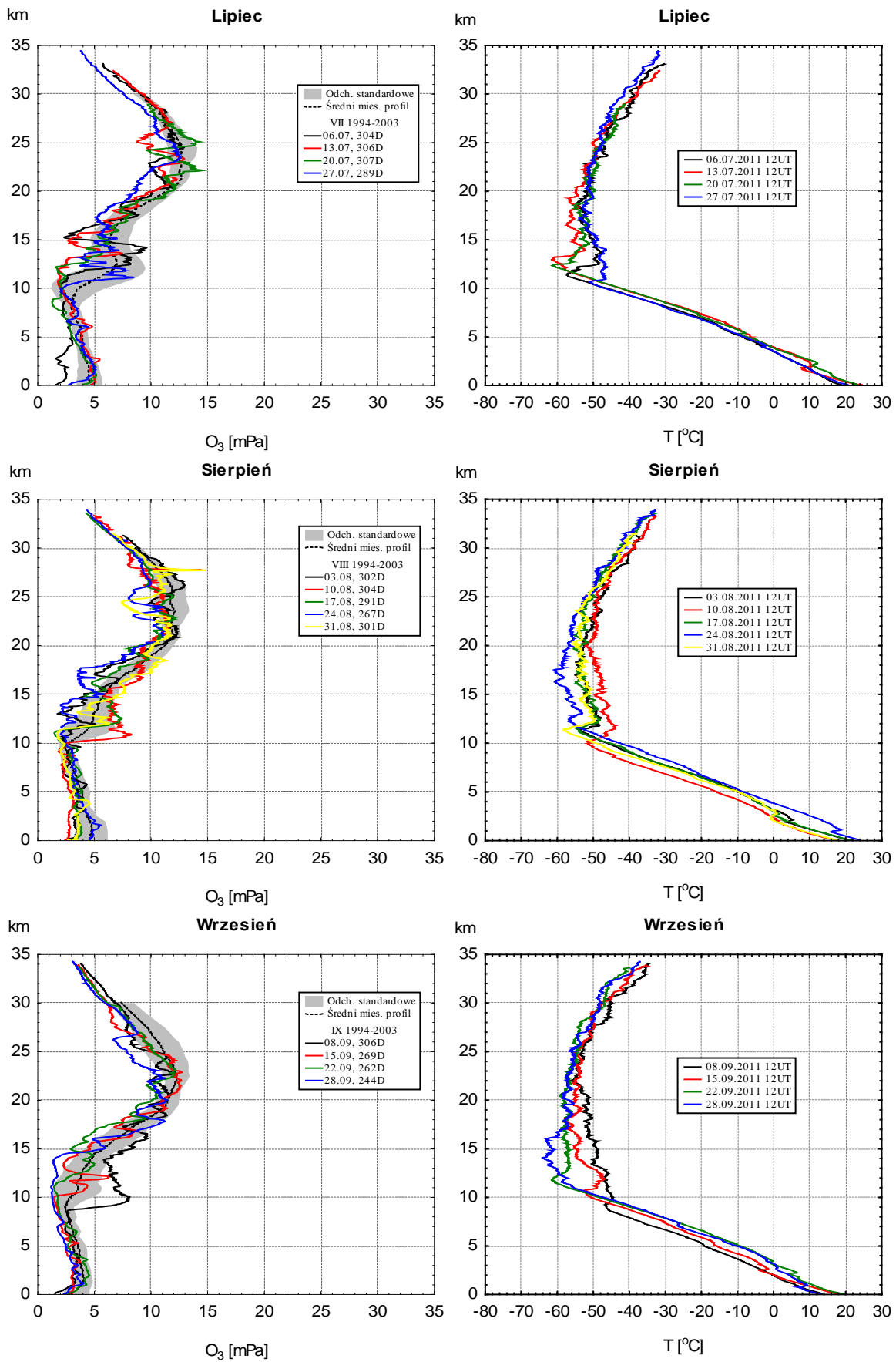
c – standaryzowane odchylenie: $(a - b)/\sigma$, gdzie σ jest odchyleniem standardowym średnich miesięcznych z okresu 06.1993-12.2010



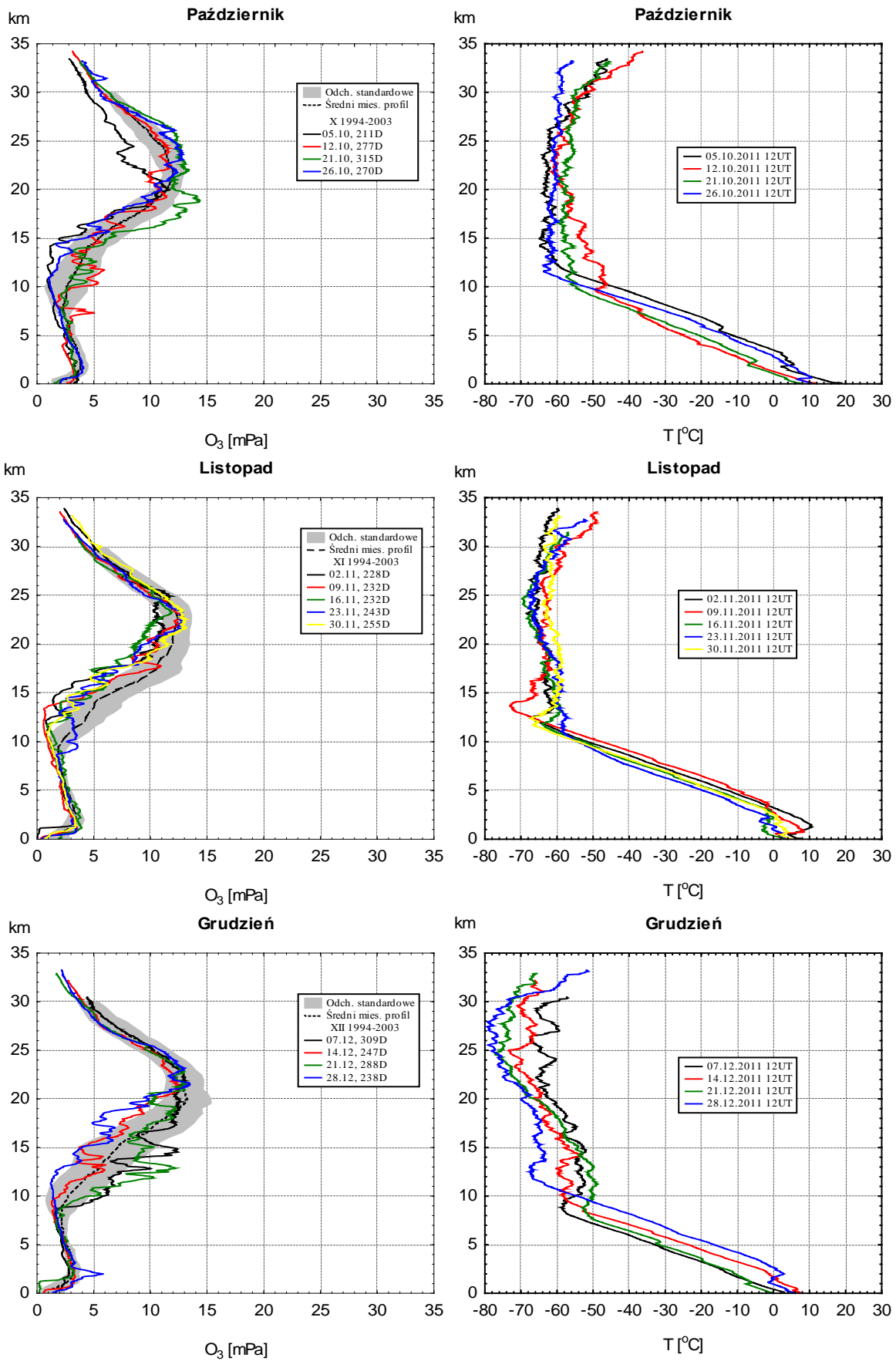
Rysunek 1. Profile ozonu i temperatury nad Legionowem w I kwartale 2011 r.



Rysunek 2. Profile ozonu i temperatury nad Legionowem w II kwartale 2011 r.



Rysunek 3. Profile ozonu i temperatury nad Legionowem w III kwartale 2011 r.



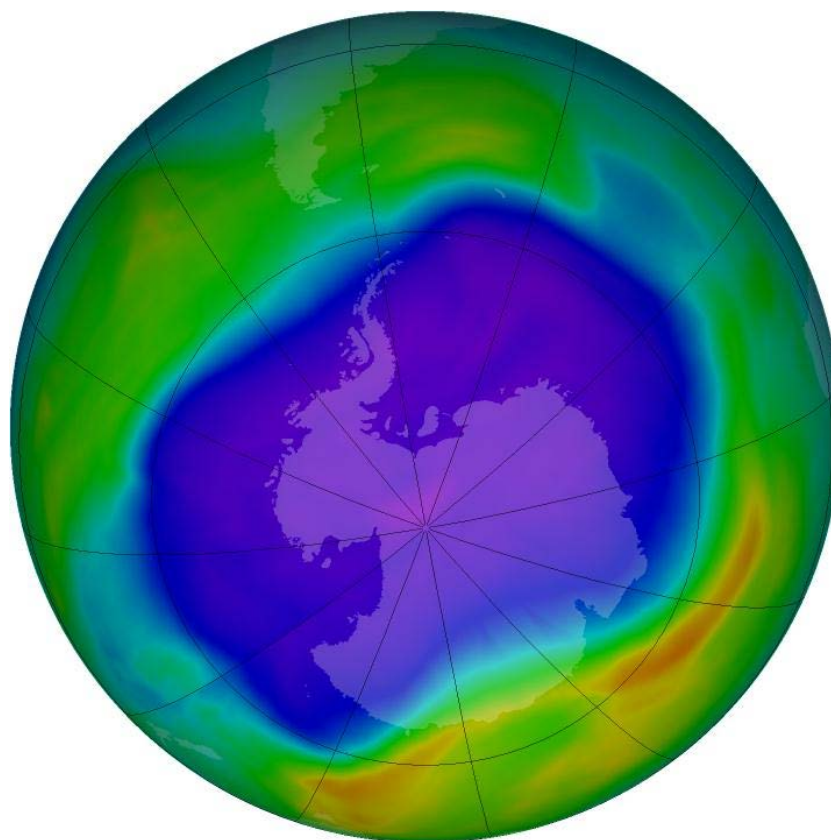
Rysunek 4. Profile ozonu i temperatury nad Legionowem w IV kwartale 2011 r.

Warunki fotochemicznego niszczenia ozonu w stratosferze

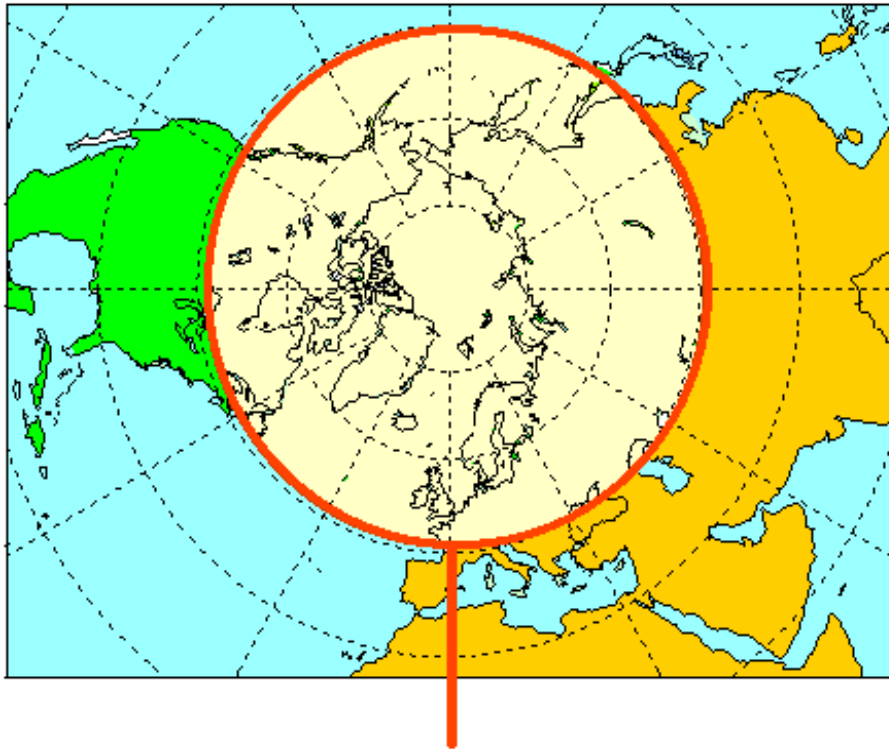
Na początku lat 1970. odkryto, że zagrożeniem dla warstwy ozonowej jest antropogeniczna emisja CFC (Molina & Rowland, 1974). CFC, czyli lekkie węglowodory zawierające chlor, wprowadzane były do atmosfery od lat 1930. Substancje te są nieaktywne chemicznie przy powierzchni Ziemi, ale po kilku latach przedostają się na większe wysokości (>35km), gdzie powoli rozpadają się pod wpływem krótkofalowego promieniowania UV ze Słońca. Chlor uwalniany z CFC w reakcji z tlenem atomowym tworzy rodniki, które powodują katalityczny rozpad ozonu w fazie gazowej (jeden atom chloru może efektywnie zniszczyć do 10^5 molekuł ozonu). Na niższych wysokościach w stratosferze, w warunkach typowych dla umiarkowanych szerokości geograficznych, chlor występuje w postaci związków rezerwuarowych (ClONO_2 i HCl), co zwykle zapobiega rozpadowi ozonu. Jednak w specyficznych warunkach nocy polarnej po silnym radiacyjnym wychłodzeniu stratosfery temperatury spadają poniżej -80°C i chlor jest uwalniany ze związków rezerwuarowych na powierzchniach tzw. Polarnych Chmur Stratosferycznych (PSC). Proces niszczenia ozonu zachodzi w obszarze izolowanego wiru polarnego, tuż po pojawieniu się Słońca nad horyzontem. W roku 1979 wprowadzono globalny satelitarny monitoring całkowitej koncentracji ozonu, ale nie brano wtedy pod uwagę możliwości wystąpienia aż tak znacznego spadku ozonu, określanego dziś jako „dziura ozonowa” (sezonowy spadek całkowitej koncentracji ozonu na wiosnę na rozległym obszarze poniżej umownej granicy 220D). Wiadomo, że wiosenna „dziura ozonowa” pojawia się nad Antarktydą regularnie od 1985 roku. Rekordową dziurę ozonową, o powierzchni około 30 mln km^2 , zaobserwowano w październiku 2006 roku (Rysunek 5). W fazie maksymalnego spadku ozonu obserwowana jest niemal pełna destrukcja ozonu na wysokościach 15-25km. Dziura ozonowa na półkuli północnej, jeśli osiągnęła by podobny rozmiar jak na półkuli południowej (Rysunek 6), mogłaby stanowić zagrożenie nadmiernego wzrostu promieniowania UV dla ponad 700 milionów ludzi. W roku 1985 roku przyjęto Konwencję Wiedeńską o ochronie warstwy ozonowej, a w 1987 podpisano międzynarodowe porozumienie, tzw. Protokół Montrealski, którego działania w następnych latach doprowadziły praktycznie do zaniechania produkcji i wycofania z użycia szkodliwych substancji niszczących warstwę ozonową (CFC i halony). Skuteczność działania Protokołu Montrealskiego jest potwierdzana spadkiem EESC – efektywnego ładunku chloru w stratosferze, wyrażającego potencjał niszczenia ozonu. Nasycenie stratosfery związkami niszczącymi warstwę ozonową spadło o kilkanaście procent w stosunku do maksimum zaobserwowanego w połowie lat 1990. Konwencja Wiedeńska nakłada na państwa obowiązek prowadzenia stałego monitoringu ozonu. Początek regularnych sondaży ozonowych w Polsce pokrywa się z przyspieszeniem globalnego procesu niszczenia ozonu. Od 1979 roku na stacji w Legionowie w każdą środę wykonywany jest sondaż ozonowy sondą elektrochemiczną do maksymalnej wysokości około 35km. Zimą i wczesną wiosną stacja znajduje się często na granicy wiru polarnego z fotochemicznymi ubytkami ozonu, dlatego jest włączona do projektu MATCH/O3loss. Analiza serii sondaży (1979-05.1993) wykonanych sondą typu BM wykazała duże ubytki ozonu w dolnej stratosferze, największe na wysokości około 18km w sezonach zimy i wiosny (Lityńska i in., 1997). Ubytki ozonu na półkuli północnej były znacznie mniejsze, ale z obawy o dalszy stan warstwy ozonowej w końcu lat 1980. rozszerzono sieć pomiarów

ozonu w wyższych szerokościach geograficznych półkuli północnej oraz zorganizowano kampanie pomiarowe ozonu i innych ważnych gazów śladowych z punktu widzenia chemii ozonu. W rejonie Arktyki proces niszczenia ozonu obserwowano po raz pierwszy zimą 1991-1992 w ramach kampanii EASOE (Pyle i in., 1994). Reakcje niszczenia ozonu na obu półkulach są te same, ale inne rozmieszczenie kontynentów na półkuli północnej powoduje, że arktyczny wir polarny jest mniej stabilny. Temperatury wewnątrz niego są wyższe, a jego wcześniejszy rozpad zwykle zapobiegał większym ubytkom ozonu na wiosnę.

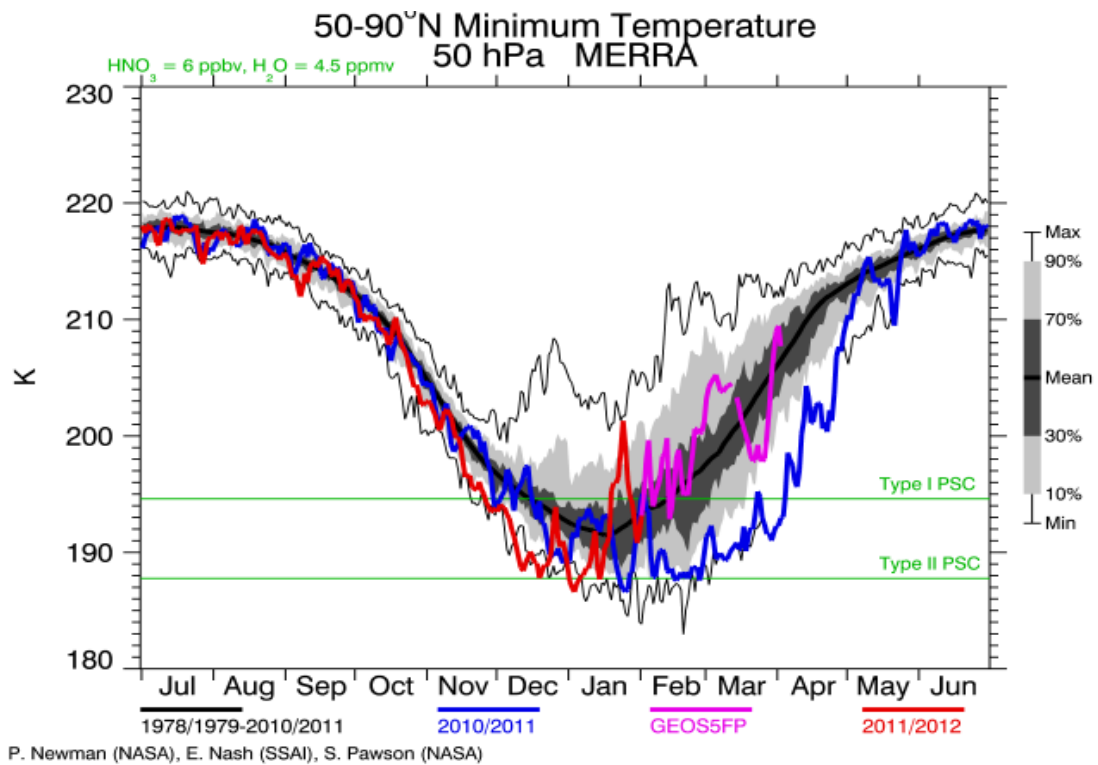
W okresie spodziewanych ubytków ozonu stacja w Legionowie od 1995 roku wykonuje dodatkowe sondáže ozonowe w projekcie MATCH/O3loss, którego celem jest statystyczne oszacowanie fotochemicznych ubytków ozonu na trajektoriach cząstek powietrza w arktycznym wirze polarnym pomiędzy stacjami biorącym udział w eksperymencie. Z prowadzonych badań wynika, że na półkuli północnej rozwija się obecnie niekorzystna tendencja: od połowy lat 1990., nieregularnie, co kilka lat, w arktycznej stratosferze pojawiają się warunki do coraz większego niszczenia ozonu. Podczas zimy 1999-2000 na półkuli północnej w okresie od stycznia do marca zawartość ozonu w 2km warstwie na wysokości około 18km została zredukowana o około 70% (Rex i in., 2002). Przed rokiem 2011 rekordowe zniszczenie ozonu stratosferycznego nad Arktyką miało miejsce podczas zimy 2004-2005. (Kuttippurath i in., 2011). W chłodnym wirze polarnym zubożone w ozon masy powietrza przemieszczały się epizodycznie także nad Polską (Kois i Litynska, 2000).



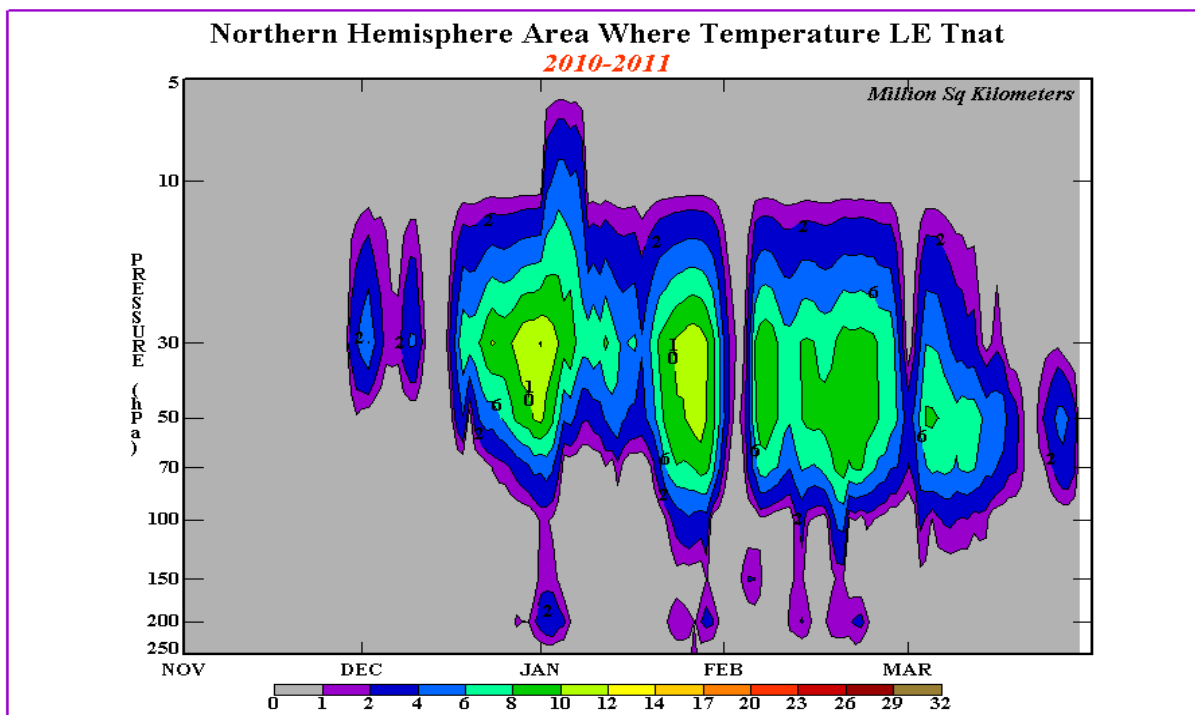
Rysunek 5. Rekordowa dziura ozonowa nad Antarktydą w październiku 2006 roku (kolor fioletowy dla całkowitej koncentracji ozonu poniżej 220D).



Rysunek 6. Zasięg hipotetycznej „dziury ozonowej” na półkuli północnej (powierzchnia „dziury” jak nad Antarktydą). <http://www.theozonhole.com/arcticozone.htm>



Rysunek 7. Najniższe temperatury w stratosferze na północ od 50°N na powierzchni 50hPa http://acd-ext.gsfc.nasa.gov/Data_services/met/ann_data.html



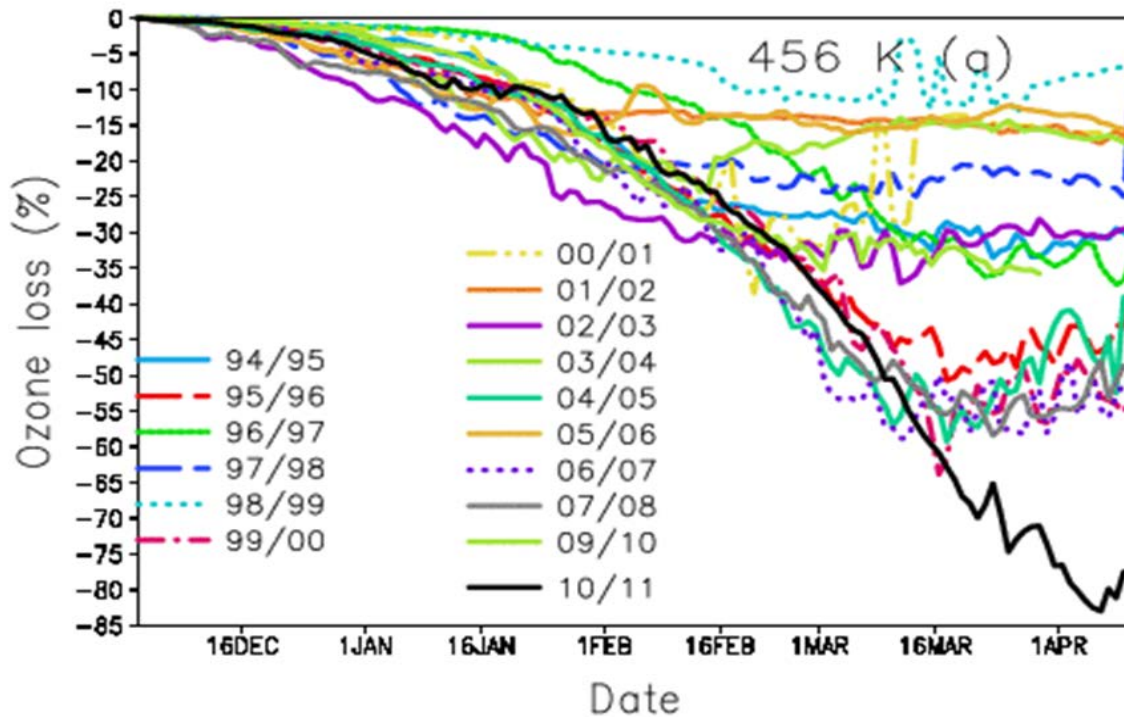
Rysunek 8. Obszar (w mln km²) z temperaturami poniżej progu formowania PSC w funkcji ciśnienia nad półkulą północną dla zimy 2010-2011.

www.cpc.ncep.noaa.gov/products/stratosphere/polar/gif_files/time_pres_tnat_NH_2010.png

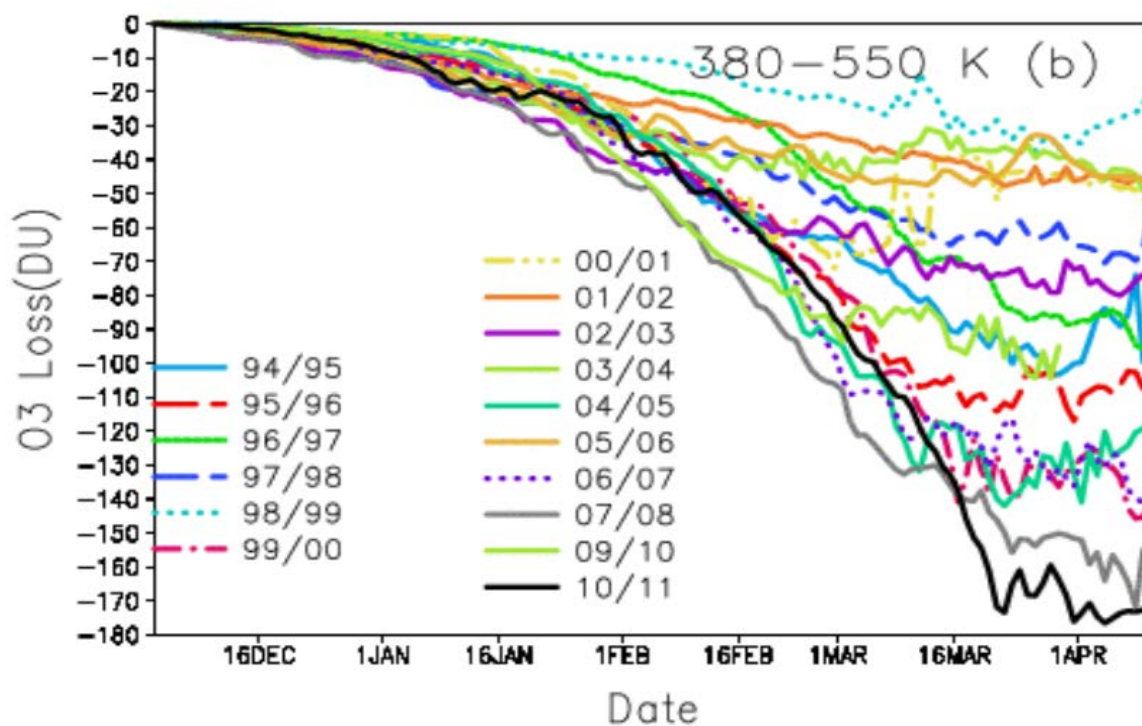
Podczas zimy 2010-2011 w stratosferze na półkuli północnej pojawiły się nietypowe warunki, podobne do tych, które co roku występują nad Antarktydą. Na Rysunku 7 przedstawiono najniższe temperatury na północ od równoleżnika 50°N, na powierzchni izobarycznej 50hPa (~21km) dla kolejnych dni w roku, na tle zmian wieloletnich (1978-2010). Przy spadku temperatury w stratosferze poniżej progu (195K/-78°C) kondensacja pary wodnej na aerozolu zawierających H₂SO₄/HNO₃ tworzy krople polarnych chmur stratosferycznych (PSC I), a przy jeszcze niższych temperaturach (188K/-85°C) kryształki lodowych chmur (PSC II). Na powierzchniach PSC zachodzą reakcje przekształcania rezerwuarnych postaci chloru (ClONO₂ i HCl) do form reaktywnych (ClO, Cl₂O₂) niszczących ozon w katalitycznym cyklu reakcji, w oświetlonych przez Słońce obszarach. Temperatury spadły poniżej progu PSC I w grudniu i trwały do pierwszych dni kwietnia, z małymi przerwami na ogrzania stratosferyczne. Temperatury poniżej progu PSC II występowały w dwóch okresach: krótko w styczniu i w większości dni w lutym. Większe ilości reaktywnych form chloru były uwalniane na powierzchniach PSC II (denitryfikacja). Utrzymywanie się wyjątkowo niskich temperatur od lutego do kwietnia wydłużyło okres rozpadu ozonu na wiosnę. Ilość zniszczonego ozonu zależy od ilości chloru uwolnionego na powierzchniach PSC. Wielkość powierzchni PSC nad półkulą północną na różnych poziomach w stratosferze oszacowano na podstawie rozkładu temperatur (Rysunek 8). Wysokość maksymalnej powierzchni PSC obniżała od grudnia (30hPa) do marca (60hPa). Na powierzchni 50hPa powierzchnie PSC były najbardziej rozległe w styczniu i lutym. Ich powierzchnia wynosiła ponad 10 milionów km², a objętość PSC obliczona z rozkładu temperatur była w zakresie

ekstremalnych wartości, jak dla najchłodniejszych w okresie pomiarów zim na półkuli północnej (1999-2000 i 2004-2005).

Zrozumienie procesów fotochemicznego niszczenia ozonu w Arktyce polega na porównaniu symulacji z obserwacjami. Symulacje są przeprowadzane z wykorzystaniem modeli uwzględniających zarówno chemię i dynamikę atmosfery. Na Rysunku 9 przedstawiono symulacje z użyciem modelu SLIMCAT Uniwersytetu Leeds, w którym wykorzystano dane meteorologiczne ECMWF. Ubytki ozonu przedstawiono w procentach początkowej ilości ozonu na początku zimy dla powierzchni izentropowej 456K oraz w jednostkach Dobsona dla cząstkowej kolumny dolnej stratosfery pomiędzy powierzchniami izentropowymi 380K i 550K. Ubytki ozonu w kolejnych dniach uśredniono po obszarze arktycznego wiru polarnego dla 17 okresów zimowo-wiosennych od 1994 do 2011 roku. Wstępne obliczenia dla okresu zimowo-wiosennego 2010-2011 pokazują, że w warstwie maksymalnej koncentracji ozonu stopień redukcji ozonu osiągnął niespotykaną dotąd na półkuli północnej wartość, mogło zostać zniszczone ponad 80% ozonu (Rysunek 9a). Wartość ta jest zgodna z wynikami kampanii MATCH. Obliczenia ubytków w cząstkowej kolumnie dolnej stratosfery pokazują, że model znacznie przeszacowuje ubytki ozonu w stosunku do obserwacji (Rysunek 9b).



a)



b)

Rysunek 9. Symulacje w modelu SLIMCAT: serie czasowe dla arktycznych zim 1994/95 do 2010/11 przedstawiające uśrednione po obszarze wiru ubytki ozonu na powierzchni izentropowej [460K](#) i w cząstkowej kolumnie atmosfery w dolnej stratosferze ([column o3 loss](#)).

Epizody spadków ozonu w stratosferze

Dla wybranych dni na Rysunkach 10-13 przedstawiono rozkłady przestrzenne nad półkulą północną całkowitej koncentracji ozonu z satelitarnych pomiarów OMI i wirowości potencjalnej na powierzchniach izentropowych w modelu MIMOSA, profile ozonu nad Legionowem oraz ruch wsteczny cząstek na trajektoriach w modelu HYSPLIT dla wysokości największych ubytków w profilach ozonu.

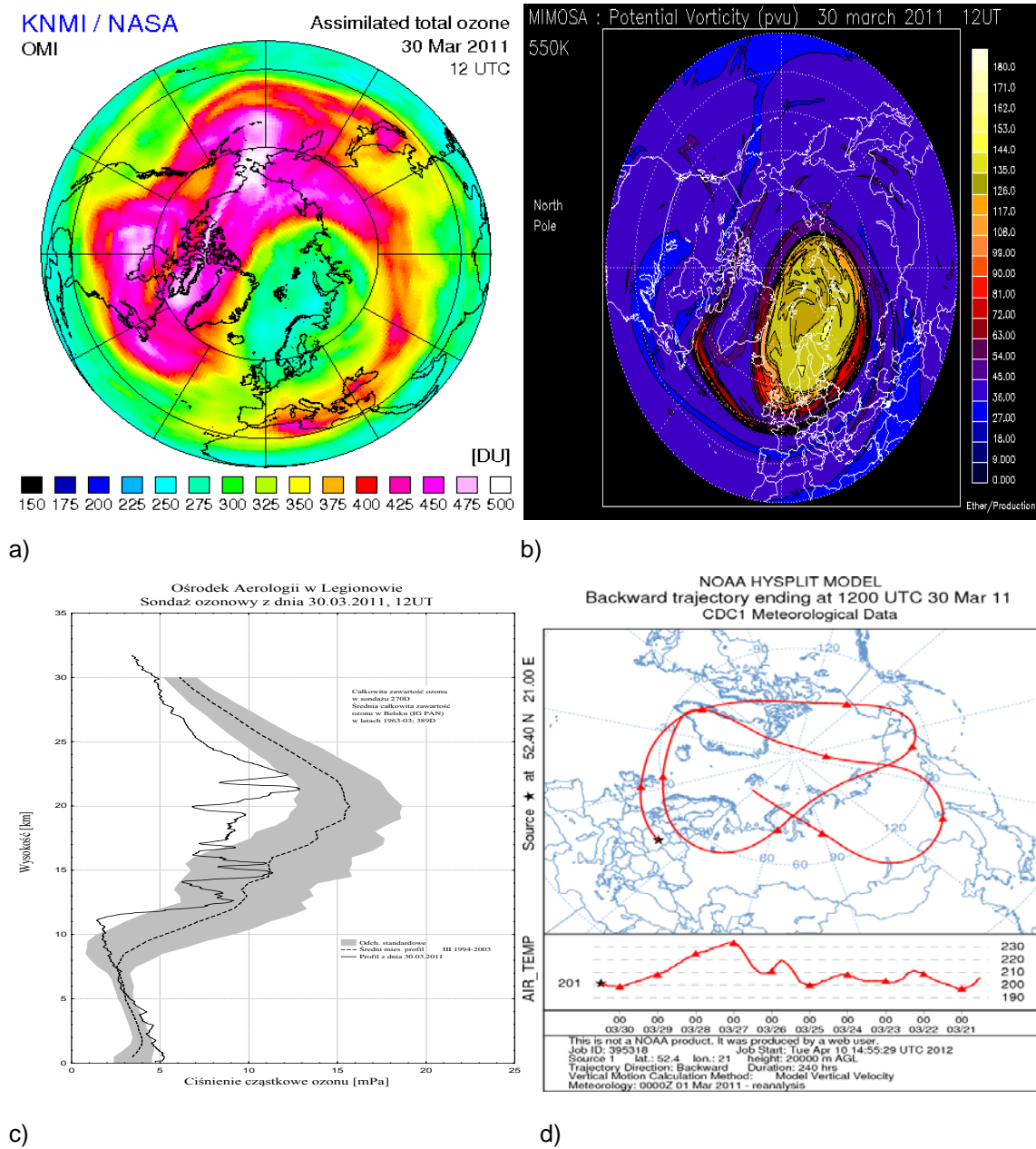
W końcu marca 2011, gdy wir polarny przemieszczał się nad Skandynawią, obserwacje satelitarne OMI pokazały rekordowy spadek ozonu w jego wnętrzu. Polska znajdowała się na skraju wiru. Sonda wypuszczona 30 marca w Legionowie wykazała wartości ozonu poniżej średniej praktycznie w całej stratosferze. Największy niedobór ozonu wystąpił na wysokości ~20km. Cząstka, która dotarła nad Legionowo poruszała się na trajektorii w chłodnej masie powietrza. Skumulowany efekt niszczenia warstwy ozonu w Arktyce w sezonie zimowo-wiosennym 2010-2011 był widoczny także w kwietniu, gdy wir polarny wydłużył się i podzielił na kilka części. Porównanie map całkowitej koncentracji ozonu i wirowości potencjalnej 550K nad półkulą północną dla 16 kwietnia pokazuje korelację największych spadków ozonu nad Syberią (<225D), Rosją i Europą Wschodnią z wirowością potencjalną na powierzchni izentropowej 550K. 16 kwietnia Polska znalazła się we wnętrzu wiru, a całkowita koncentracja ozonu w Legionowie obniżyła się do rekordowo niskiej jak dla tej pory roku wartości 266D. Wpływ procesu fotochemicznego niszczenia ozonu w wirze na profil ozonu nad Legionowem obserwowano na wysokości powyżej 20km. Podczas tego epizodu, istotną przyczyną spadku ozonu była również niezwykle niska koncentracja ozonu w warstwie UTLS. Cząstka na trajektorii kończącej się na wysokości 12km nad Legionowem uniosła się z wilgotnej dolnej troposfery w zwrotnikowej części Oceanu Spokojnego.

Po rozpadzie arktycznego wiru polarnego zubożone w ozon masy powietrza mieszały się z powietrzem w umiarkowanych szerokościach geograficznych półkuli północnej.

Latem 2011 roku zaobserwowano kilka przypadków obniżenia całkowitej koncentracji ozonu w sondażu poniżej 300D. Całkowita koncentracja ozonu w sondażu z 27 lipca wyniosła 289D, a 24 sierpnia obniżyła się jeszcze bardziej do 267D. Niedobory ozonu znaleziono w warstwach maksymalnej koncentracji ozonu i UTLS. Trajektorja wsteczna kończąca się na wysokości 25km wskazała źródło masy dla ubytku ozonu w wyższych szerokościach geograficznych półkuli północnej. Podczas tego epizodu pomiary satelitarne całkowitej koncentracji ozonu OMI pokazały niedobór ozonu na rozległym obszarze na północ od 60°N oraz nad częścią Europy obejmującą Skandynawię i Polskę. Obszar spadku całkowitej koncentracji ozonu pokrywał się z wyższymi wartościami wirowości potencjalnej, ograniczonymi konturem 125pvu na powierzchni izentropowej 675K. Trajektorja wsteczna kończąca się na wysokości 17km wskazuje źródło masy dla ubytku ozonu w warstwie UTLS blisko zwrotnika.

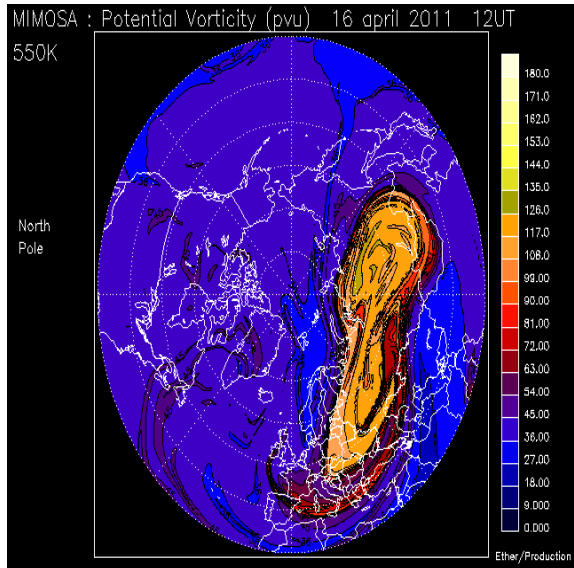
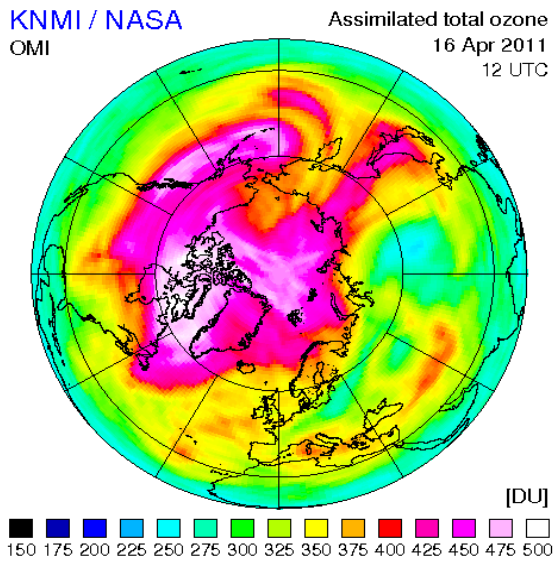
W roku 2011, wcześniej niż zwykle na jesieni, 5 października zaobserwowano minimum roczne całkowitej koncentracji ozonu w sondażu (211D). Niska całkowita koncentracja ozonu wystąpiła na niewielkim obszarze w rejonie północnego Atlantyku, nad Europą Środkową oraz w rejonie Arktyki. Ubytki ozonu były skorelowane z wyższymi wartościami wirowości potencjalnej na powierzchni

izentropowej 675K. Analiza trajektorii wstecznych kończących się na wysokościach 23.5km i 13km pokazała dwa źródła masy dla ubytków ozonu, odpowiednio w wysokich i niskich szerokościach geograficznych – to jest uwarstwienie takie jak w przypadku mini-dziur ozonowych. W tym samym czasie nad Antarktydą widoczna była znacznie większa dziura ozonowa.

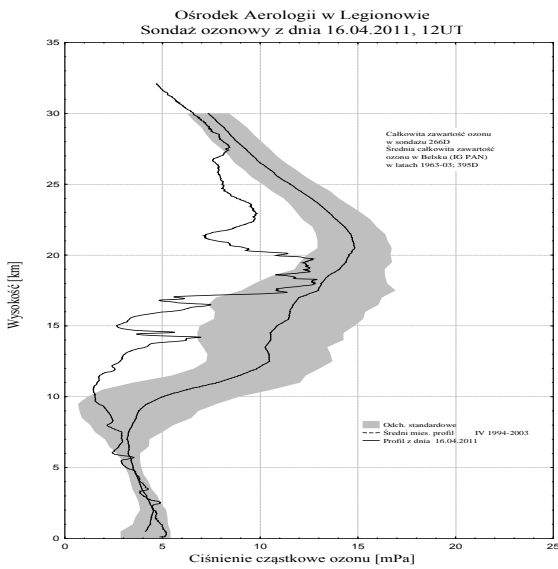


Rysunek 10. Rozkład przestrzenny dla 30 marca 2011:

- a) całkowitej koncentracji ozonu z satelitarnych pomiarów OMI,
- b) wirowości potencjalnej MIMOSA na powierzchni izentropowej 550K,
- c) profil ozonu nad Legionowem,
- d) trajektorie wsteczne NOAA HYSPLIT kończące się na wysokościach ubytków ozonu.

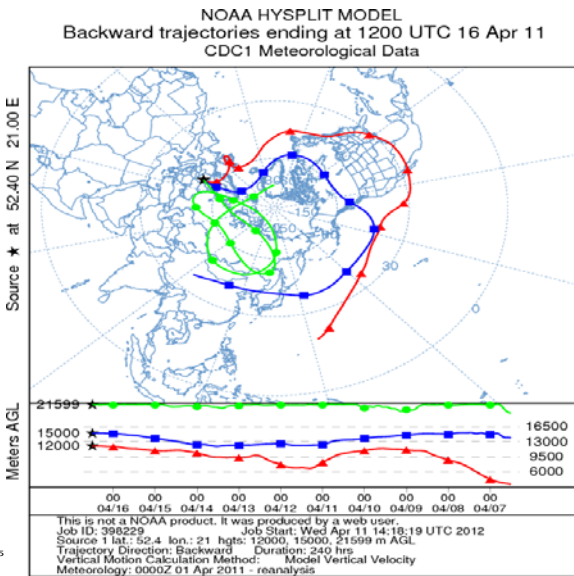


a)



c)

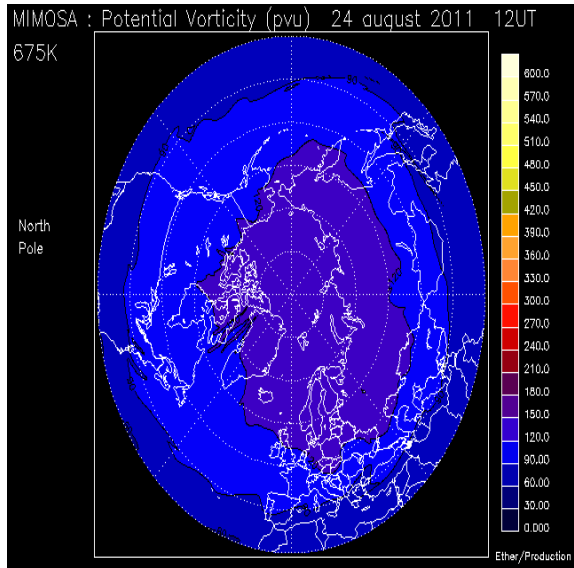
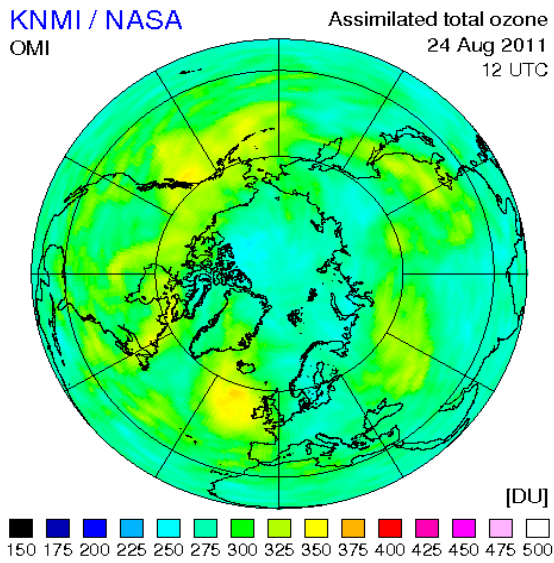
b)



d)

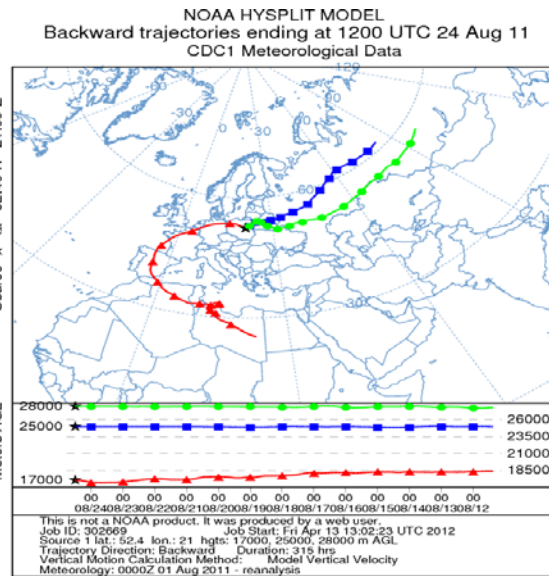
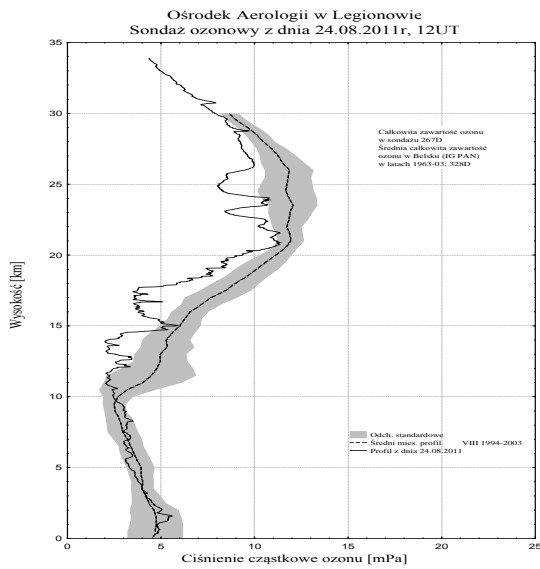
Rysunek 11. Rozkład przestrzenny dla 16 kwietnia 2011:

- a) całkowitej koncentracji ozonu z satelitarnych pomiarów OMI,
- b) wirowości potencjalnej MIMOSA na powierzchni izentropowej 550K,
- c) profil ozonu nad Legionowem,
- d) trajektorie wsteczne NOAA HYSPLIT kończące się na wysokościach ubytków ozonu.



a)

b)



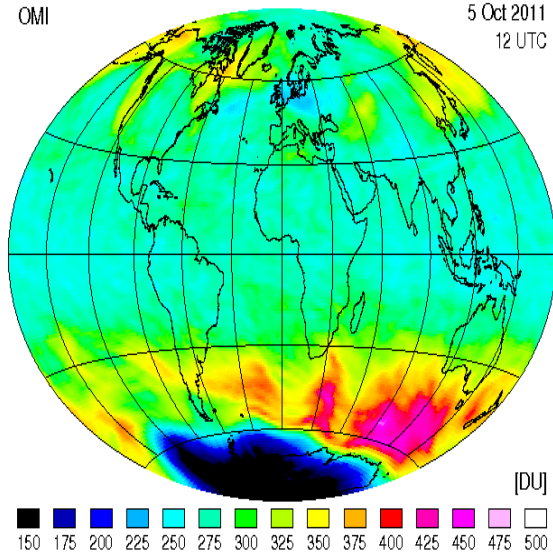
c)

d)

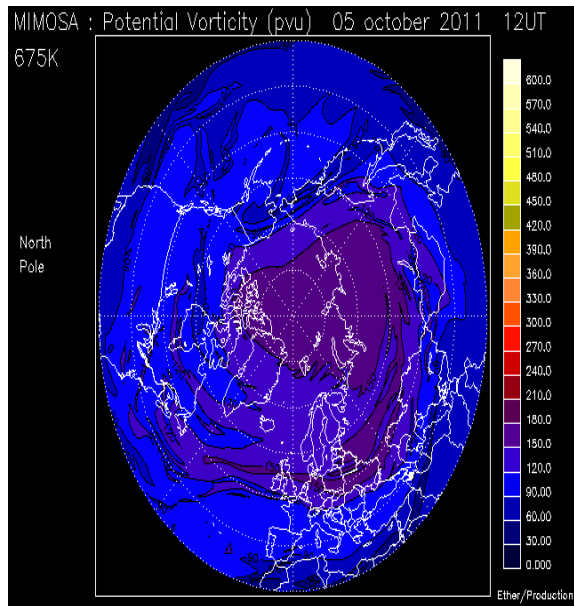
Rysunek 12. Rozkład przestrzenny dla 24 sierpnia 2011:

- a) całkowitej koncentracji ozonu z satelitarnych pomiarów OMI,
- b) wirowości potencjalnej MIMOSA na powierzchni izentropowej 675K,
- c) profil ozonu nad Legionowem,
- d) trajektorie wsteczne NOAA HYSPLIT kończące się na wysokościach ubytków ozonu.

KNMI / NASA
OMI

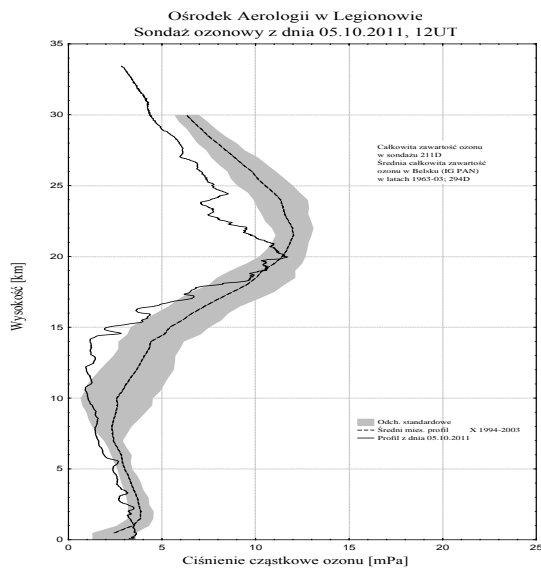


Assimilated total ozone
5 Oct 2011
12 UTC



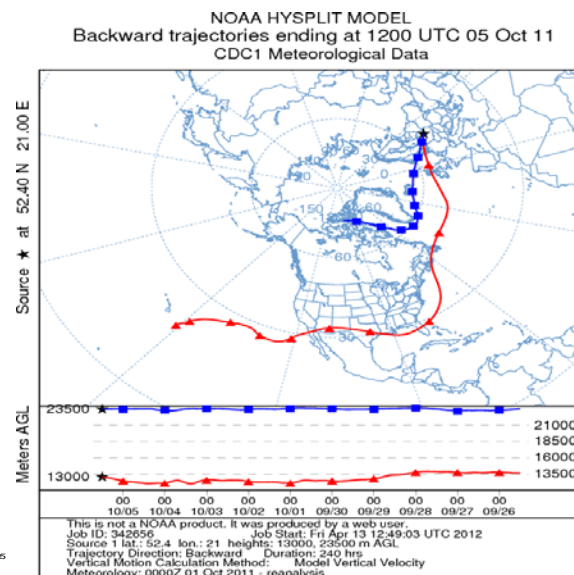
MIMOSA : Potential Vorticity (pvu) 05 october 2011 12UT
675K

a)



c)

b)



d)

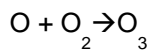
Rysunek 13. Rozkład przestrzenny dla 5 października 2011:

- całkowitej koncentracji ozonu z satelitarnych pomiarów OMI,
- wirowości potencjalnej MIMOSA na powierzchni izentropowej 675K,
- profil ozonu nad Legionowem,
- trajektorie wsteczne NOAA HYSPLIT kończące się na wysokościach ubytków ozonu.

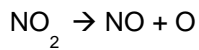
Epizody wzrostu ozonu w troposferze

Ozon w troposferze jest ważnym gazem cieplarnianym (trzecim w kolejności, po dwutlenku węgla i metanie). Zawartość ozonu w troposferze w ciągu 100 lat mogła się więcej niż podwoić, tak wynika z analizy rzadkich pomiarów ozonu przyziemnego, rozpoczętych jeszcze w XIX wieku. Przed nadejściem ery przemysłowej głównym źródłem ozonu w troposferze mogło być przenikanie ozonu ze stratosfery oraz fotochemiczna produkcja ozonu z udziałem tlenków azotu po wyładowaniach atmosferycznych. Nasycenie powietrza ozonem jest wyższe w warstwie granicznej niż w swobodnej troposferze, głównie z powodu antropogenicznej emisji NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$) i lotnych węglowodorów w pobliżu powierzchni ziemi (Baird i Cann, 2005).

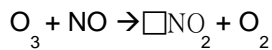
W całej atmosferze ozon może powstawać tylko w wyniku reakcji:



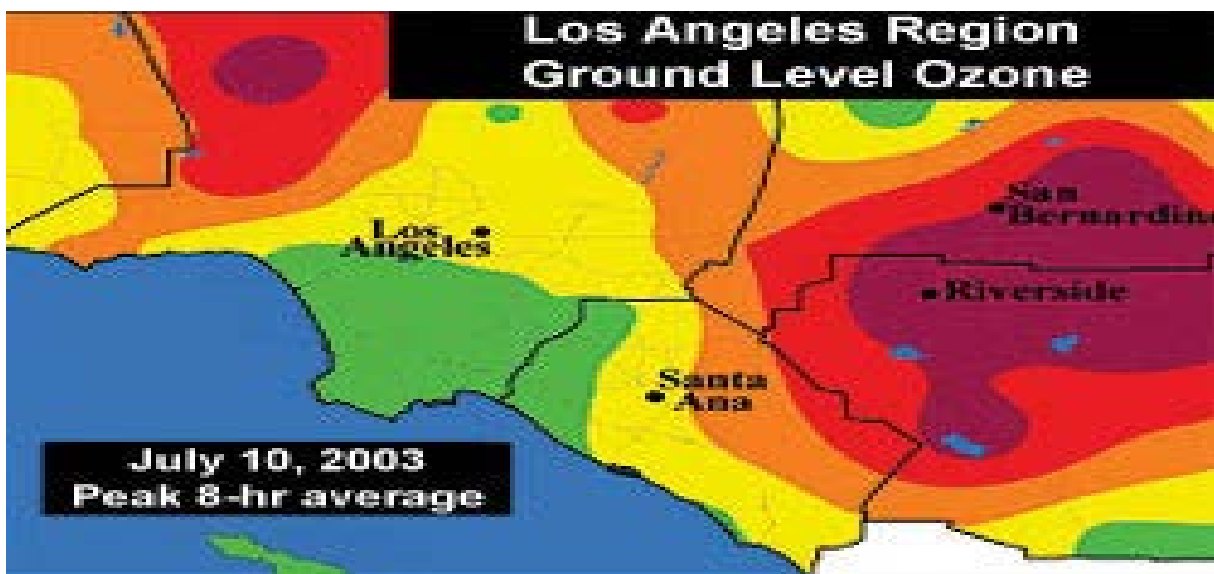
Źródłem tlenu atomowego w troposferze jest rozpad dwutlenku azotu pod wpływem promieniowania słonecznego o długości fali $\lambda < 424\text{nm}$:



Tlenek azotu powoduje rozpad ozonu:



Do tego aby znacząco wzrosła koncentracja ozonu potrzebne są lotne węglowodory, które w warstwie granicznej reagują z rodnikami wodoru tworząc katalityczne rodniki, które zastępują ozon w reakcji powyżej. Wysokie stężenia ozonu mogą powstawać w masach powietrza transportowanych z wysoko uprzemysłowionych i gęsto zaludnionych obszarów, o dużym natężeniu ruchu drogowego.



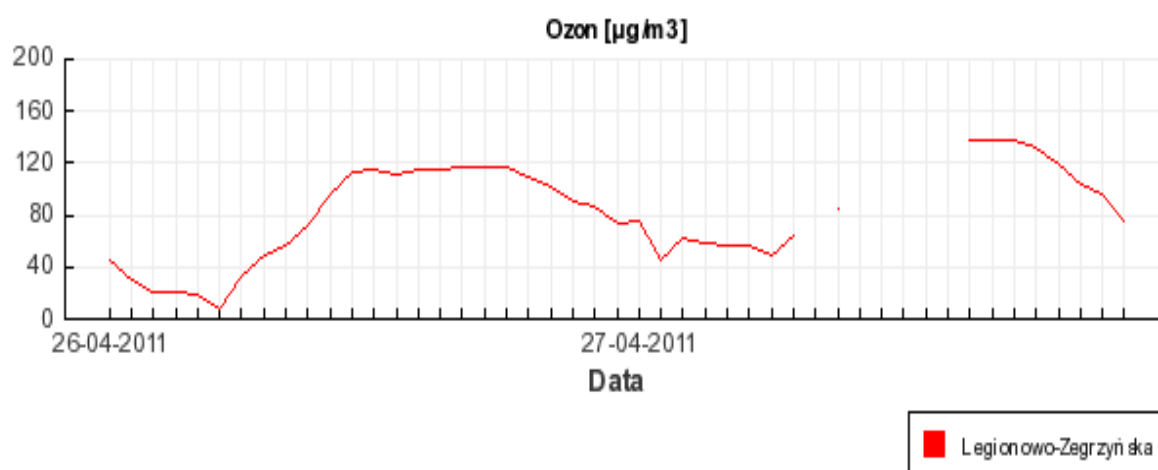
Rysunek 14. Wysokie stężenie ozonu przyziemnego w rejonie Los Angeles latem 2003 roku.

<http://www.nasa.gov/missions/earth/f-ozone.html>

Wysokie stężenia ozonu przyziemnego obrazuje przykład z 10 lipca 2003 roku, kiedy to w rejonie Los Angeles średnie stężenie ozonu w ciągu 8 godzin w pewnych miejscach przekraczało 100ppbv (Rysunek 14, kolor czerwony). W takich warunkach powstają trudności w oddychaniu, szczególnie narażone są małe dzieci i chorzy na astmę.

Sondaże ozonowe w Legionowie wykazują najwyższe stężenia ozonu w troposferze latem i/lub na wiosnę, minimalne zaś późną jesienią lub na początku zimy. Niemniej jednak epizody dużych koncentracji występują we wszystkich sezonach. W porze letniej źródłem dużej koncentracji ozonu w dolnych warstwach atmosfery jest głównie fotochemiczna produkcja ozonu z udziałem NO_x w sytuacjach antycyklonalnych, w których występuje osiadanie powietrza sprzyjające koncentracji zanieczyszczeń i ozonu w granicznej warstwie atmosfery (Lityńska i Kois, 1995). W 2011 roku, w porównaniu do lat poprzednich, odnotowano znacznie mniej przypadków znacznego wzrostu ozonu troposferze.

W sondażach z 2011 roku maksymalne ciśnienie cząstkowe ozonu przyziemnego (~8mPa) zaobserwowano na wiosnę (27 kwietnia), a nie jak zwykle latem. W tym samym dniu w Legionowie zaobserwowano zmniejszenie całkowitej koncentracji ozonu oraz wysoki poziom promieniowania UV!



Rysunek 15. Stężenie ozonu przyziemnego na stacji Legionowo-Zegrzyńska 27 kwietnia 2011 roku.

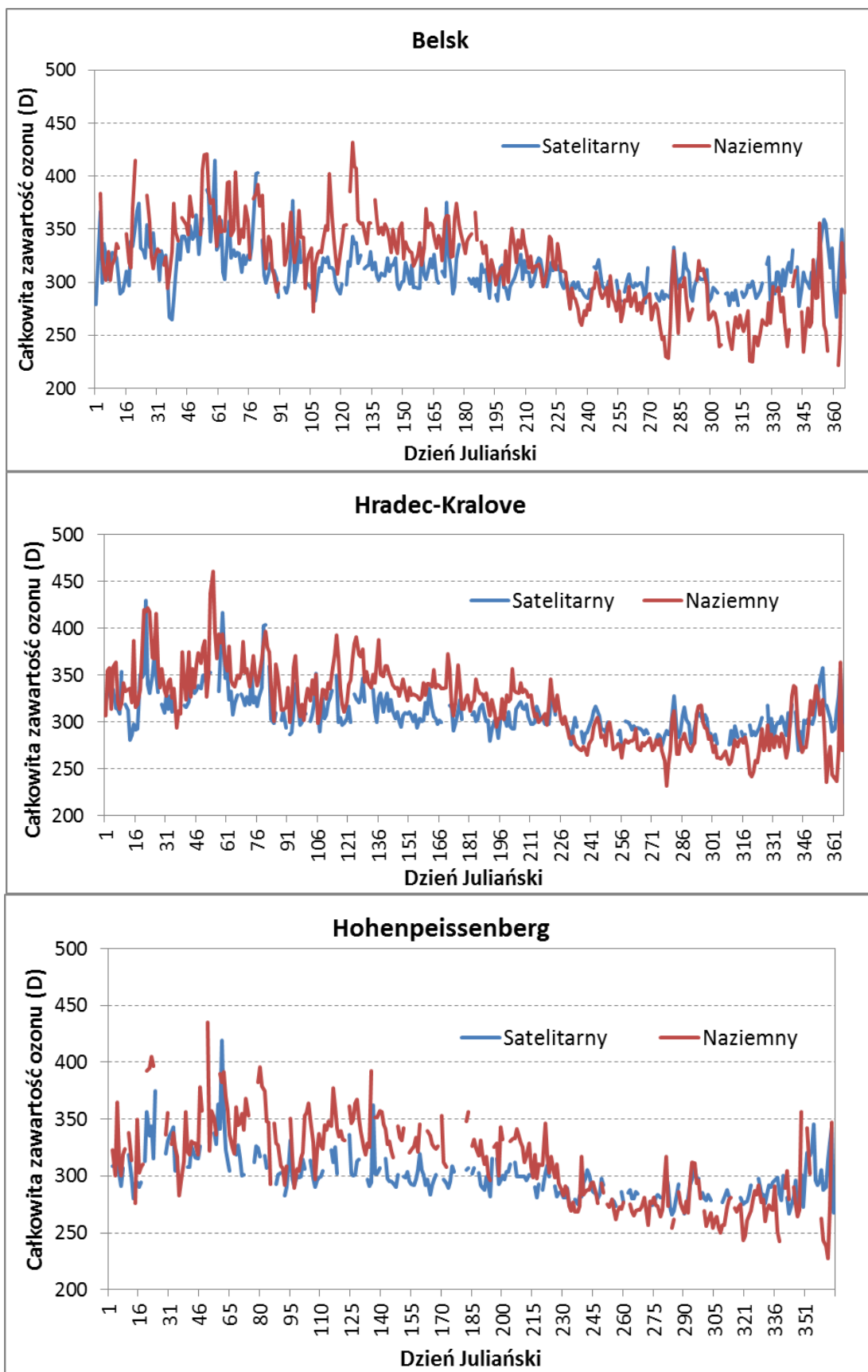
<http://sojp.wios.warszawa.pl>

Wzrost stężenia ozonu przyziemnego ponad normę $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ (poziom celu długoterminowego ze względu na ochronę zdrowia ludzi – średnia krocząca z 8 godzin obserwacji w danym dniu) zaobserwowano w Systemie Monitoringu Jakości Powietrza w Województwie Mazowieckim na stacji WIOŚ tła miejskiego w Legionowie (Rysunek 15).

Nieco mniejsze stężenie ozonu wystąpiło blisko powierzchni ziemi w dwóch sondażach na początku czerwca. W tych przypadkach wysoka temperatura przy powierzchni ziemi sprzyjała uwalnianiu węglowodorów, które są prekursorami wysokiego stężenia ozonu.

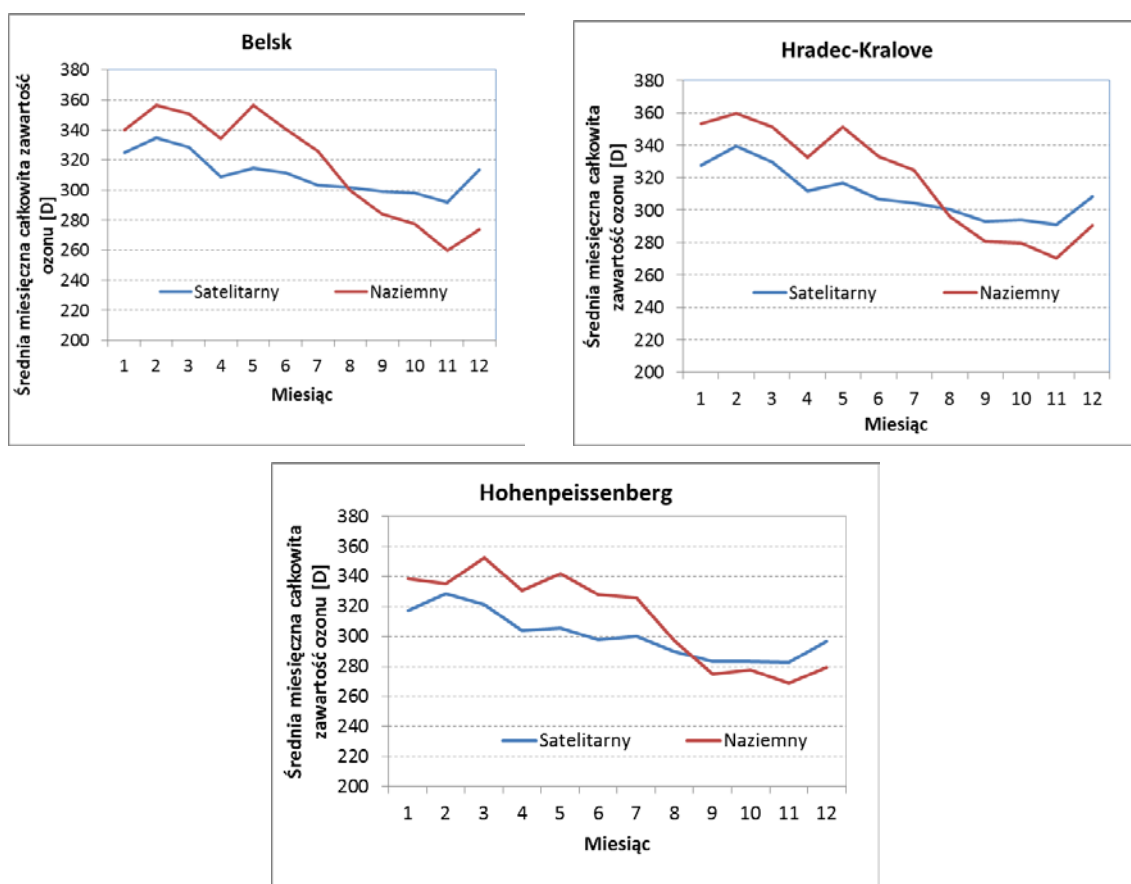
6.2.2.2 Ozon całkowity z danych satelitarnych w 2011 r.

Weryfikacja dokładności całkowitej zawartości ozonu wyznaczonej z danych satelitarnych odbywa się poprzez porównanie z pomiarami naziemnymi. Porównanie takie przeprowadzone zostało dla trzech stacji z obszaru Europy Środkowej, które znajdują się w obrębie każdej transmisji NOAA odbieranej w Ośrodku Teledetekcji Satelitarnej IMGW-PIB. Stacje te to: Belsk (21°E, 52°N), Hradec-Kralove (15.8°E, 50.2°N) oraz Hohenpeissenberg (11.0°E, 47.8°N). Dane dla stacji w Belsku pochodzą z Instytutu Geofizyki PAN, a dane dla pozostałych dwóch stacji pobrane zostały ze Światowego Centrum Danych Ozonowych i UV znajdującego się w Toronto (Kanada) (www.woudc.org). Na Rysunku 16 przedstawiono przebiegi krzywych całkowitej zawartości ozonu wyznaczonej z satelitarnych danych i zmierzonej spektrofotometrem dla wymienionych wyżej stacji w roku 2011. Kolorem czerwonym oznaczono krzywą uzyskaną na podstawie pomiarów spektrofotometrem, a niebieskim – satelitarnych.



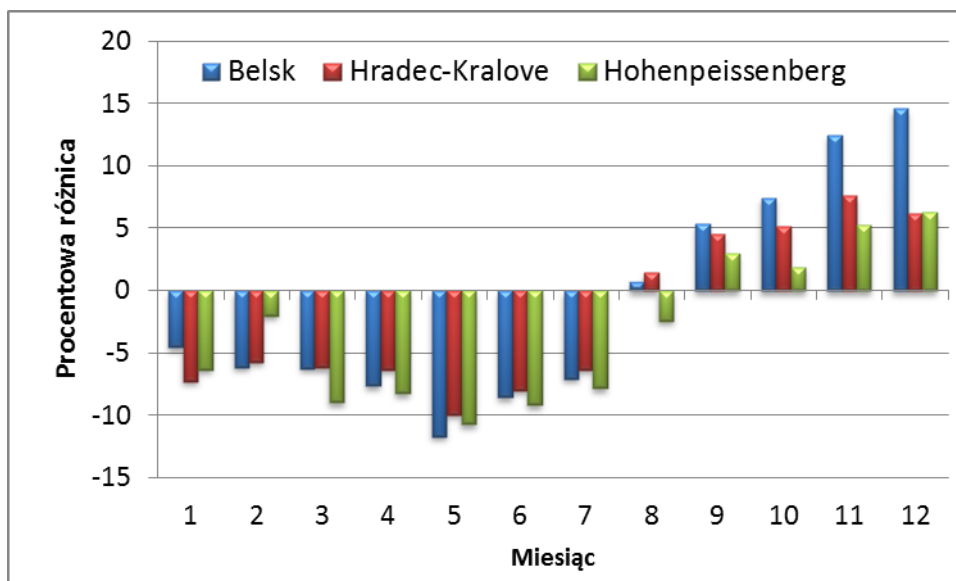
Rysunek 16. Całkowita zawartość ozonu wyznaczona dla Belska, Hradec-Kralove oraz Hohenpeissenberga z danych satelitarnych NOAA/ATOVS (linia niebieska); zmierzona spektrofotometrem Dobsona (linia czerwona) w roku 2011.

Łatwo zauważyć dużą zmienność dobową całkowitej zawartości ozonu wyznaczonej zarówno z danych satelitarnych jak i zmierzonej spektrofotometrem. Krzywe charakteryzuje podobna zmienność roczna z widocznym spadkiem zawartości ozonu jesienią i jej wzrostem wiosną, przy czym wzrost ten jest mniej wyraźny w przypadku danych satelitarnych. Dla wszystkich trzech stacji w pierwszej połowie roku widoczne jest zaniżanie całkowitej zawartości ozonu przez dane satelitarne oraz zawyżanie w drugiej. Właściwość ta mocniej uwidacznia się na Rysunku 17, przedstawiającym zmienność roczną średnich miesięcznych całkowitej zawartości ozonu wyznaczonych z danych satelitarnych NOAA/ATOVS oraz zmierzonych za pomocą spektrofotometru.



Rysunek 17. Średnie miesięczne całkowitej zawartości ozonu wyznaczone dla Belska, Hradec-Kralove oraz Hohenpeissenberga z danych satelitarnych NOAA/ATOVS (linia niebieska); zmierzone spektrofotometrem Dobsona (linia czerwona) w roku 2011.

Analiza procentowych różnic pomiędzy średnimi miesięcznymi całkowitej zawartości ozonu wyznaczonymi z danych satelitarnych oraz zmierzonymi na stacji (Rysunek 18) pokazuje, że różnice są zbliżone dla wszystkich stacji i wahają się od -11.6 % (maj, Belsk) do 14.6 % (grudzień, Belsk). Jedynie dla listopada i grudnia 2011 różnice uzyskane dla Belska są wyraźnie większe od tych otrzymanych dla pozostałych dwóch stacji.



Rysunek 18. Rozkład procentowych różnic pomiędzy średnimi miesięcznymi całkowitej zawartości ozonu wyznaczonymi dla Belska, Hradec-Kralove i Hohenpeissenberga z danych satelitarnych NOAA/ATOVS (linia niebieska); zmierzonymi spektrofotometrem Dobsona (linia czerwona) w roku 2011.

W celu określenia dokładności metody wyznaczania zawartości ozonu z danych satelitarnych TOVS, obliczono średnią różnicę pomiędzy całkowitą zawartością ozonu wyznaczoną z danych satelitarnych i naziemnych, średnią różnicę bezwzględną, korelację oraz błąd procentowy metody. Obliczenia wykonano na podstawie wartości dobowych dla 2011 roku. Wyniki przedstawione zostały w Tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki porównania pomiędzy ozonem wyznaczonym z danych ATOVS i zmierzonych spektrofotometrem dla trzech stacji w roku 2011.

	Korelacja	Średnia różnica [D]	Średnia różnica bezwzględna [D]	RMSE %
Belsk	0.58	-5.1	28.2	11.1
Hradec-Kralove	0.71	-8.1	22.9	9.2
Hohenpeissenberg	0.72	-12.6	23.3	9.8

Dokładność satelitarnego monitoringu ozonu z wykorzystaniem danych z nowej generacji czujnika ATOVS obliczona na podstawie porównania z pomiarami naziemnymi waha się od 9.2 % do 11.1 % w zależności od stacji, przy czym dla Belska jest ona najniższa, co widać również na przykładzie korelacji oraz średniej różnicy bezwzględnej (Tabela 2). Natomiast wartość modułu średniej różnicy jest najmniejsza dla Belska, co wynika z dużych dodatnich różnic pomiędzy całkowitą zawartością

ozonu wyznaczoną z danych satelitarnych, a zmierzona spektrofotometrem w ostatnich trzech miesiącach roku (Rysunek 18).

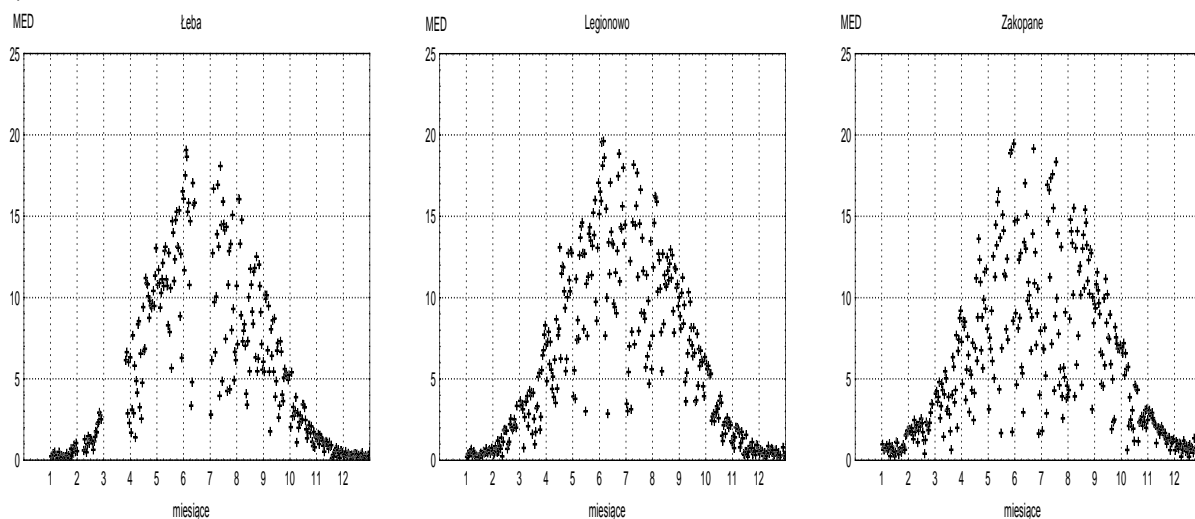
Podsumowując można stwierdzić, że jakość satelitarnego monitoringu całkowitej zawartości ozonu w Europie Środkowej w 2011 jest w niewielkim stopniu zależna od położenia, a błąd procentowy uzyskany na podstawie danych ze wszystkich trzech stacji jest równy 10.1 %.

6.2.2.3 Promieniowanie UV-B zmierzone na sieci monitoringu w 2011 r.

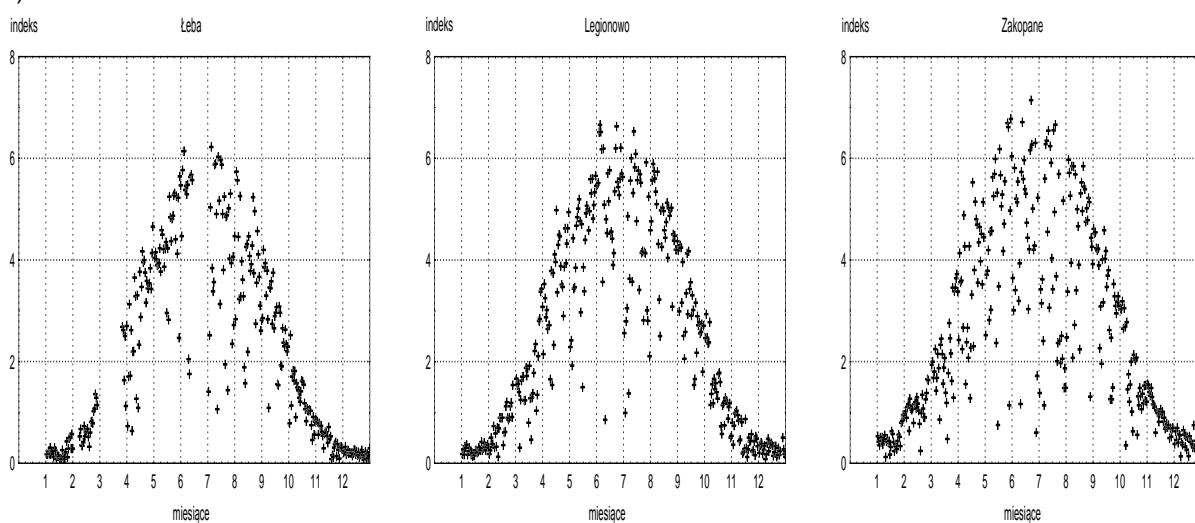
Pomiary rumieniowo czynnego promieniowania UV-B wykonywane są w sieci monitoringu dwoma typami przyrządów: UV Biometer Model 501 (SL501) firmy Solar Light, zainstalowanym na stacjach IMGW w Łebie, Legionowie, Zakopanem; oraz UVEM-6C firmy OPTIX, pracującym na stacjach IMGW w Łebie, Mikołajkach, Legionowie, Katowicach, Zakopanem. Wyniki pomiarów uzyskane z przyrządów SL501 o międzynarodowej renomie i długim czasie pracy (od 1994 r.) służą do badań o charakterze klimatycznym. Wyniki pomiarów przyrządami OPTIX, pracującymi w ramach sieci monitoringu operacyjnego od 2006 r., służą do monitoringu i są na bieżąco publikowane na stronie internetowej IMGW obok prognozy indeksu UV i ogólnych informacji o promieniowaniu UV. Analiza promieniowania UV-B oparta jest przede wszystkim na wynikach pomiarów czujników Solar Light SL501 ze względu na długą serię pomiarową.

Poniżej przedstawiono wartości dawek dziennych UV-B [MED] i indeksu UV zmierzone na stacjach IMGW w 2011 roku (Rysunki 19-22).

a)

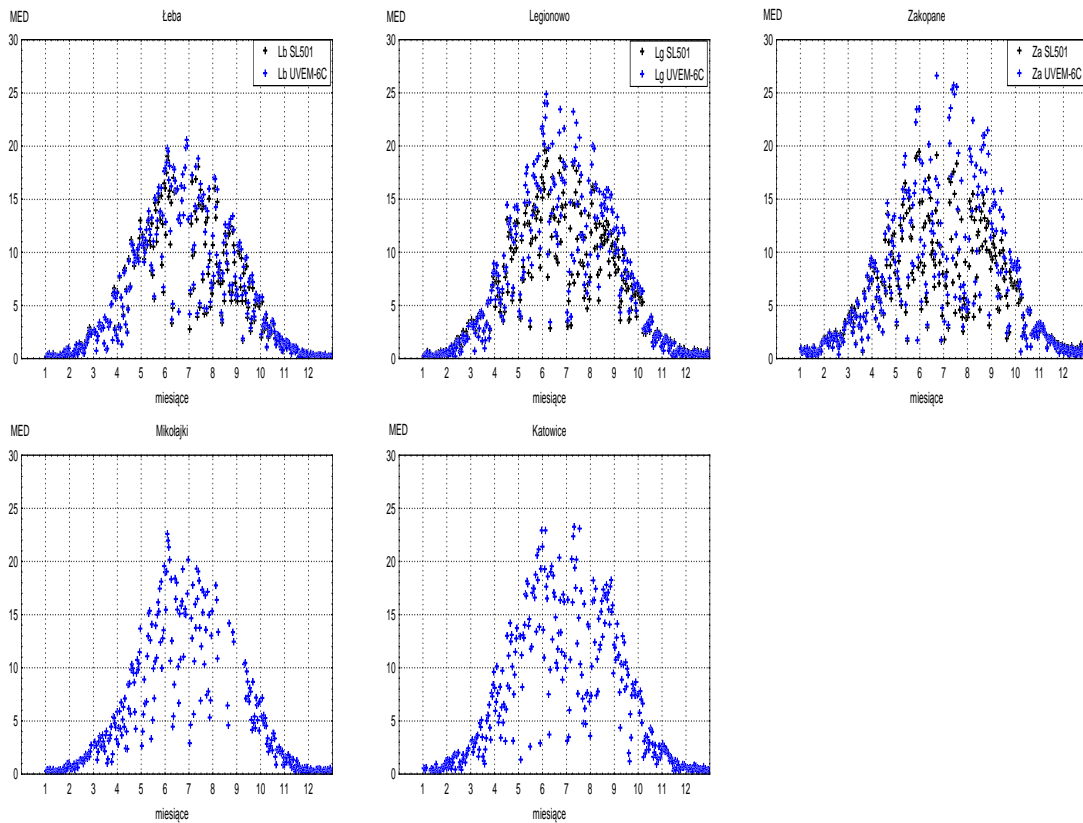


b)

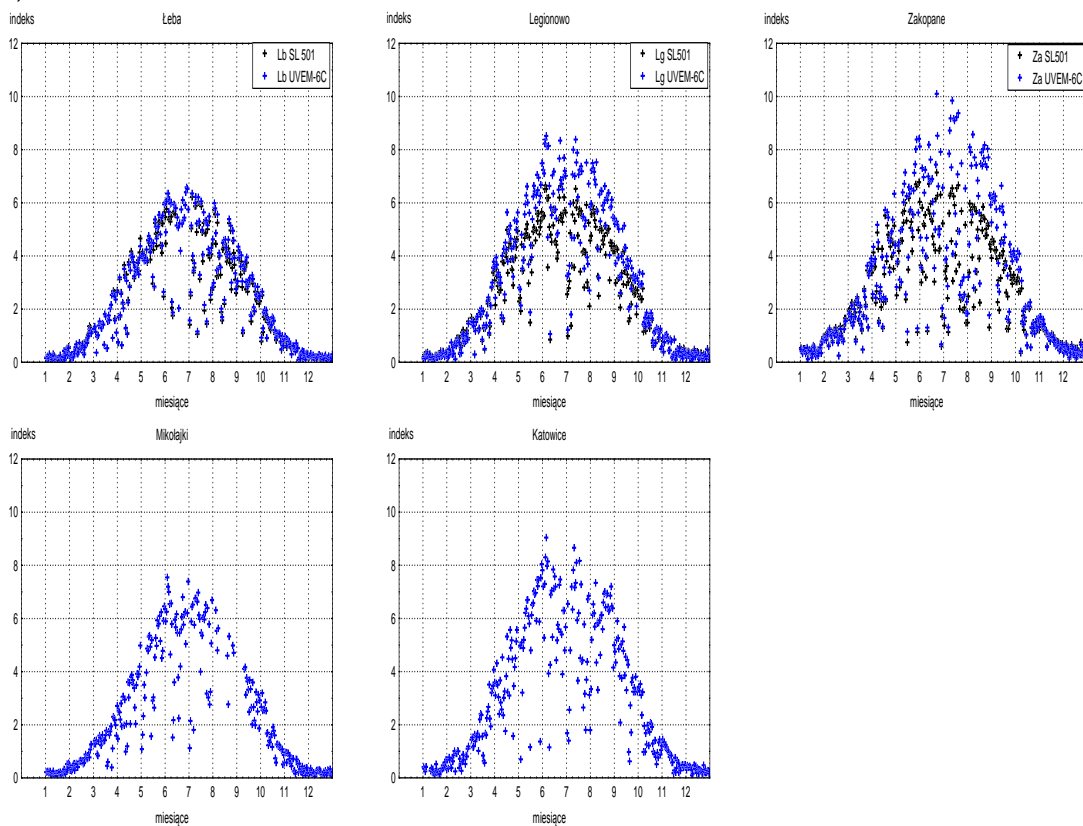


Rysunek 19. Wartości dawek dziennych UV-B [MED] (a) i indeksu UV (b) z czujników SL501 w 2011r.

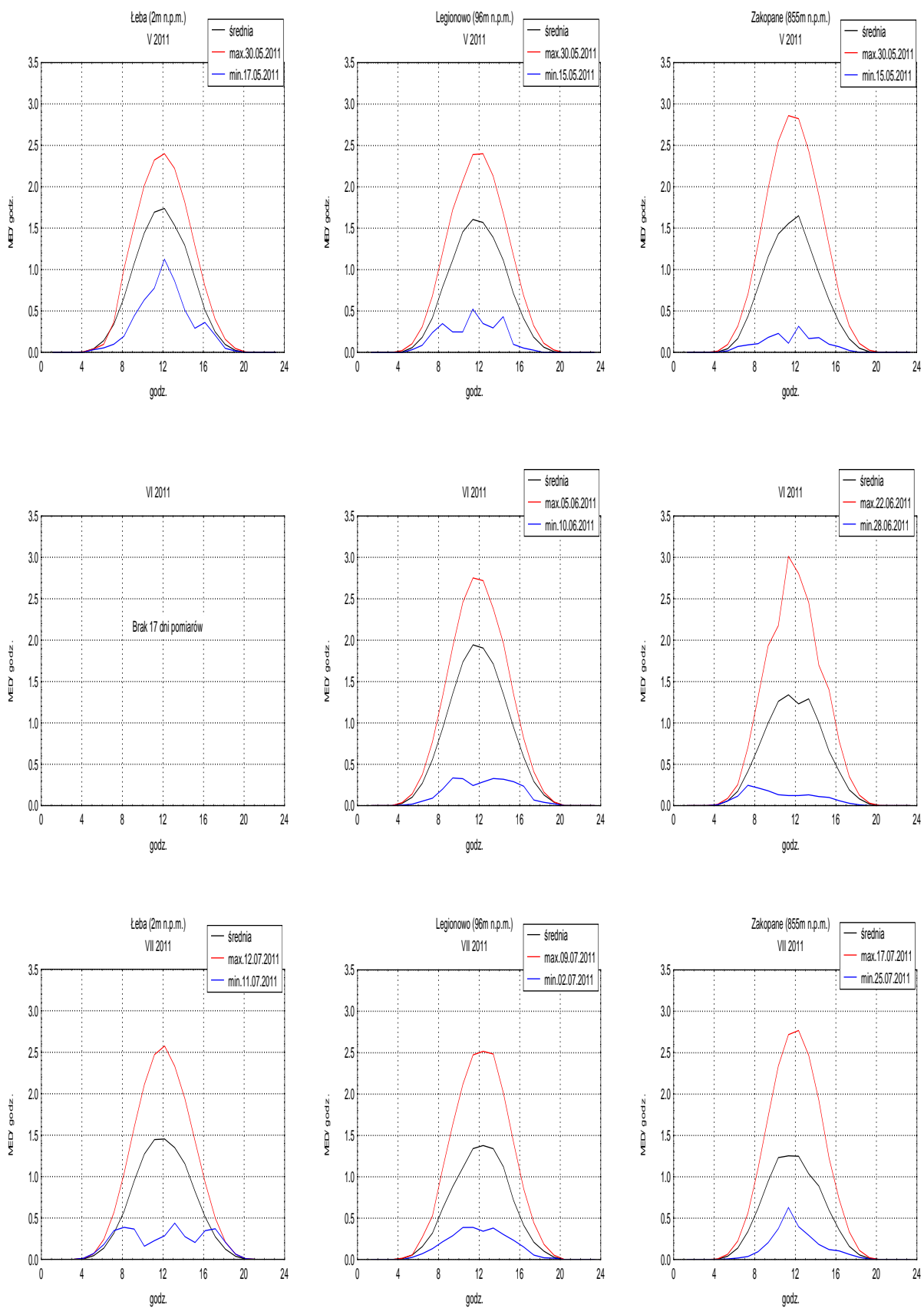
a)



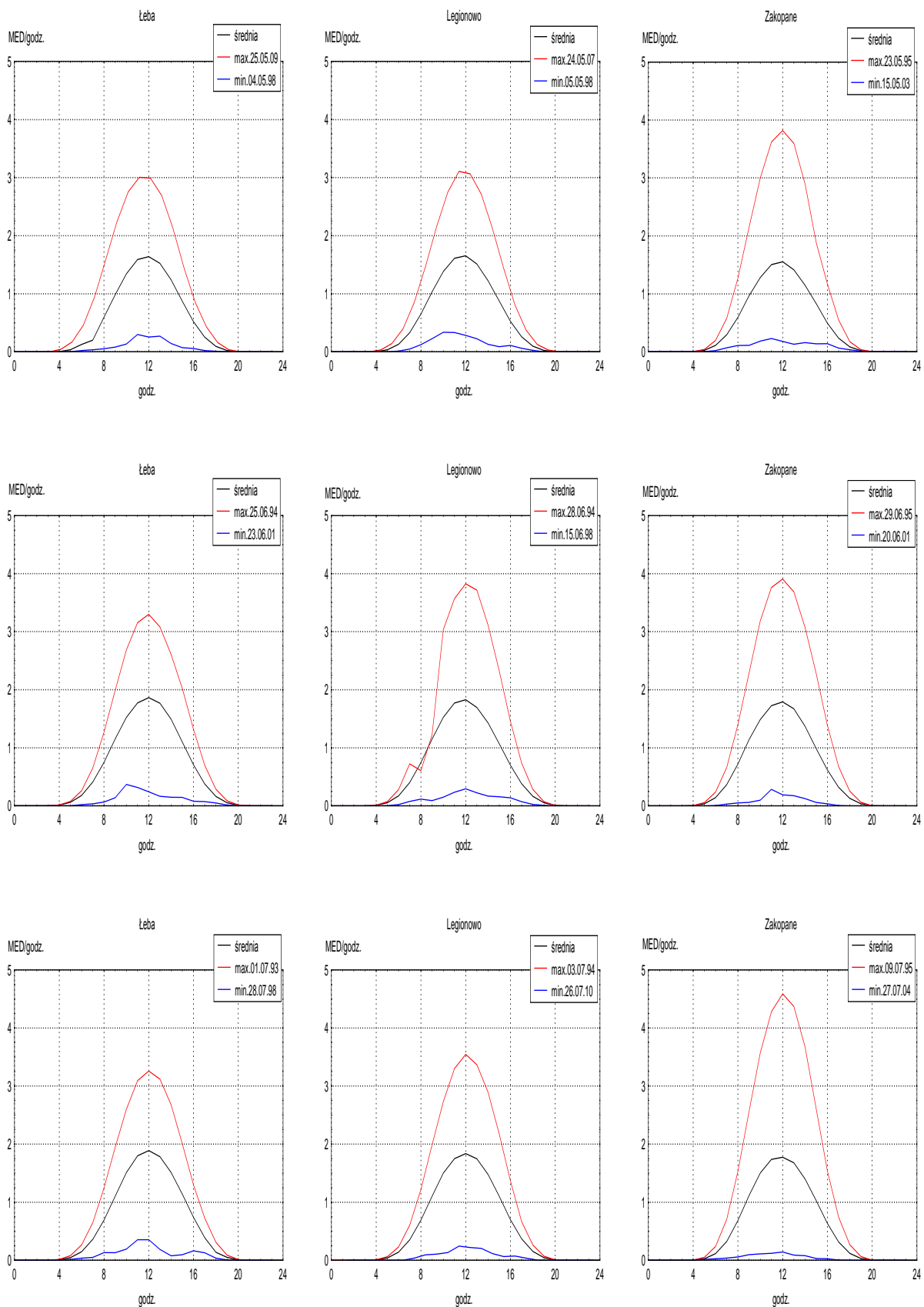
b)



Rysunek 20. Wartości dawek dziennych UV-B [MED] (a) i indeksu UV (b) z czujników OPTIX UVEM-6C w 2011 roku (kolor niebieski) na tle wartości z czujników SL 501 pracujących równolegle na wybranych stacjach (kolor czarny).



Rysunek 21. Średnie, maksymalne i minimalne przebiegi dobowe promieniowania UV-B (w MED/h) zmierzonego przyrządami SL501 w maju, czerwcu i lipcu 2011 r.



Rysunek 22. Średnie, maksymalne i minimalne przebiegi dobowe promieniowania UV-B (w MED/h) zmierzonego przyrządami SL501 w maju, czerwcu i lipcu dla całej serii pomiarowej od VII.1993 do VII.2011

Tabela 3. Dienne – średnie, maksymalne i minimalne dawki UV-B oraz miesięczne dawki promieniowania UV-B (w MED) zmierzonego przyrządami SL501 w 2011 r.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Łeba												
Śr. Dobowe	0.4			7.4	11.7		10.4	9.1	6.1	2.3	0.8	0.3
Max. Dob.	1.0			13.0	16.5		18.1	16.0	10.2	5.4	1.6	0.5
Min. Dob.	0.1			1.4	5.7		3.9	3.4	1.8	0.8	0.1	0.1
Dawka mies.	11.3			222.8	363.8		322.6	281.6	183.1	71.7	24.2	8.8
Legionowo												
Śr. Dobowe	0.4	1.4	3.9	8.2	11.1	13.9	9.8	11.4	6.9	3.0	1.0	0.4
Max. Dob.	0.7	3.3	8.3	13.1	17.1	19.6	18.2	16.2	11.2	5.9	2.0	0.9
Min. Dob.	0.2	0.2	0.8	3.5	3.0	2.9	3.0	5.5	3.6	1.0	0.2	0.1
Dawka mies.	13.2	39.6	119.7	246.3	344.0	416.4	303.7	353.1	206.3	93.9	29.8	13.8*
Zakopane												
Śr. Dobowe	0.8	2.0	4.5	7.6	10.7	9.8	8.8	10.8	7.4	3.5	1.8	0.8
Max. Dob.	1.8	3.5	9.2	13.6	19.4	19.1	18.3	15.5	11.5	7.2	3.0	1.3
Min. Dob.	0.2	0.4	0.6	2.5	1.7	1.6	2.6	3.1	1.9	0.6	0.6	0.2
Dawka mies.	25.2	55.7	139.5	226.6	331.6*	295.4	273.6	344.5	220.5	107.5	54.6	23.4

* przy braku danych w poszczególnych dniach, uzupełniono je przez średnią z pozostałych dni

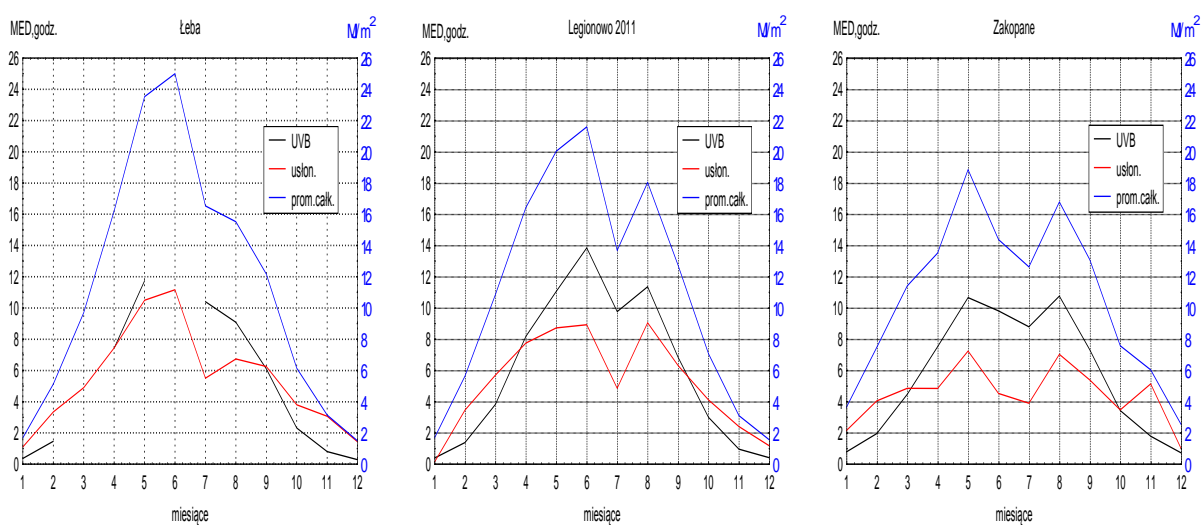
Tabela 4. Dienne – średnie, maksymalne i minimalne dawki UV-B oraz miesięczne dawki promieniowania UV-B (MED) zmierzone czujnikami OPTIX w 2011 r.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Łeba												
Liczba dni pom,	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Śr, Dobowe	0,3	1,1	3,2	7,3	12,3	15,2	11,1	9,9	6,7	2,5	0,8	0,3
Max, Dob,	1,0	2,7	6,3	12,2	17,9	20,6	18,9	17,1	11,0	5,8	1,7	0,5
Min, Dob,	0,1	0,2	0,8	1,4	5,9	3,7	4,2	3,7	1,9	0,9	0,1	0,1
Dawka mies,	10,3	31,4	99,3	220,0	380,5	457,4	345,1	306,2	200,1	77,6	25,1	8,5
Mikołajki												
Liczba dni pom,	31	27	31	30	30	29	30	9**	21**	31	30	31
Śr, Dobowe	0,4	1,2	3,2	7,1	11,5	15,1	12,8			3,0	0,8	0,3
Max, Dob,	1,0	2,7	5,9	13,7	19,6	22,6	19,3	17,7	10,5	7,2	1,8	0,5
Min, Dob,	0,1	0,5	1,0	2,4	2,6	4,5	2,9	4,6	4,1	0,9	0,1	0,1
Dawka mies,	12,1	34,1*	97,9	212,1	357,5*	451,5*	395,4*			93,5	24,4	9,5
Legionowo												
Liczba dni pom,	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Śr, Dobowe	0,4	1,2	3,9	9,1	13,4	17,1	12,3	14,4	8,2	3,2	0,9	0,3
Max, Dob,	0,6	3,0	8,9	14,4	21,8	24,9	23,2	20,0	13,3	6,7	1,9	0,7
Min, Dob,	0,1	0,2	0,7	3,6	3,6	3,4	3,6	6,7	4,3	1,1	0,2	0,1
Dawka mies,	11,0	34,3	120,4	273,2	413,9	512,4	382,8	446,0	245,2	100,1	27,2	10,7
Katowice												
Liczba dni pom,	26	27	31	29	30	30	30	31	29	31	29	31
Śr, Dobowe	0,5	1,3	4,2	8,4	14,6	14,3	12,2	14,2	8,7	3,3	1,3	0,5
Max, Dob,	1,2	2,4	9,6	14,2	22,9	22,9	23,3	18,3	14,1	8,7	2,8	0,8
Min, Dob,	0,2	0,4	1,0	3,1	1,4	3,7	3,1	7,4	1,2	0,9	0,3	0,2
Dawka mies,	15,4*	37,4*	129,9	252,0*	453,9*	428,9	377,7*	441,7	260,9*	101,9	38,6*	13,9
Zakopane												
Liczba dni pom,	31	28	31	30	31	30	31	30	30	31	30	31
Śr, Dobowe	0,8	1,8	4,4	8,2	12,4	12,1	11,9	15,0	9,7	3,9	1,8	0,7
Max, Dob,	1,7	3,3	9,4	14,6	23,5	26,6	25,7	22,4	15,8	9,2	3,3	1,2
Min, Dob,	0,2	0,4	0,8	2,5	1,7	1,8	3,0	4,1	2,4	0,7	0,5	0,2
Dawka mies,	23,4	51,4	137,1	244,6	384,5	364,3	369,1	465,6*	291,4	119,6	53,1	20,3

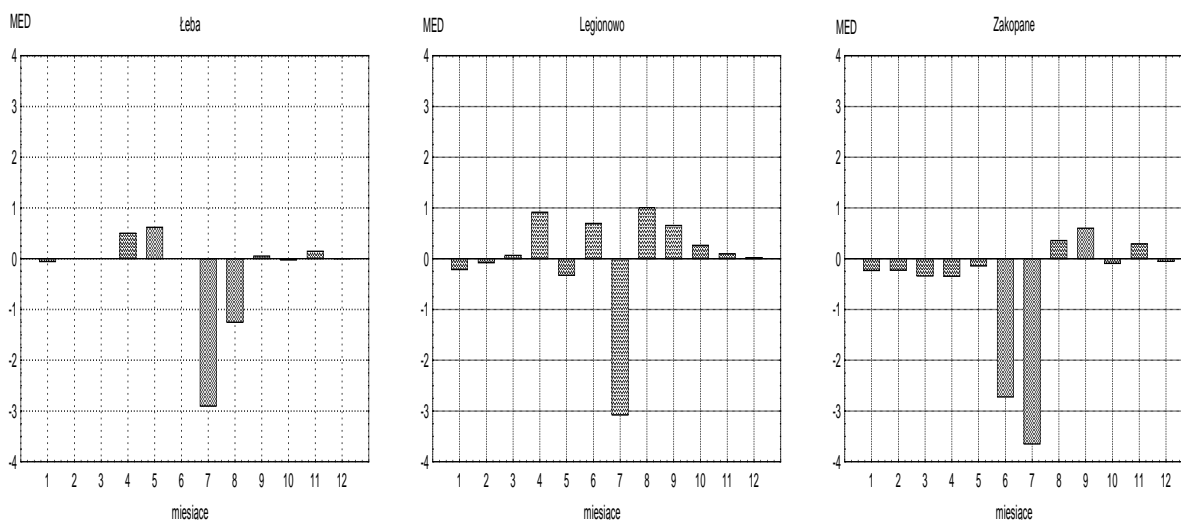
* przy braku danych w poszczególnych dniach, uzupełniono je przez średnią z pozostałych dni

** zbyt mała liczba dni pomiarowych w miesiącu (brak 5 lub więcej dni pomiarowych)

W 2011 roku najwyższą dawkę miesięczną oraz najwyższą dawkę dobową promieniowania UV-B zmierzono w czerwcu w Legionowie (Tabela 3). Załamanie pogody w lipcu spowodowało gwałtowne obniżenie wartości promieniowania całkowitego*, promieniowania UV-B i usłonecznienia* (Rysunek 23). Wpłynęło to na znacznie zmniejszenie (o około 3 MED) średniej miesięcznej promieniowania UV-B dla lipca na wszystkich stacjach w stosunku do średniej wieloletniej (Rysunek 24). Porównując przebiegi roczne promieniowania UV-B i promieniowania całkowitego, na wszystkich stacjach daje się zauważyć ich wyjątkową zgodność. Podobieństwo tych przebiegów rocznych występuje także z stosunku do przebiegu rocznego usłonecznienia, za wyjątkiem sierpnia na stacji w Łebie i listopada na stacji w Zakopanem.

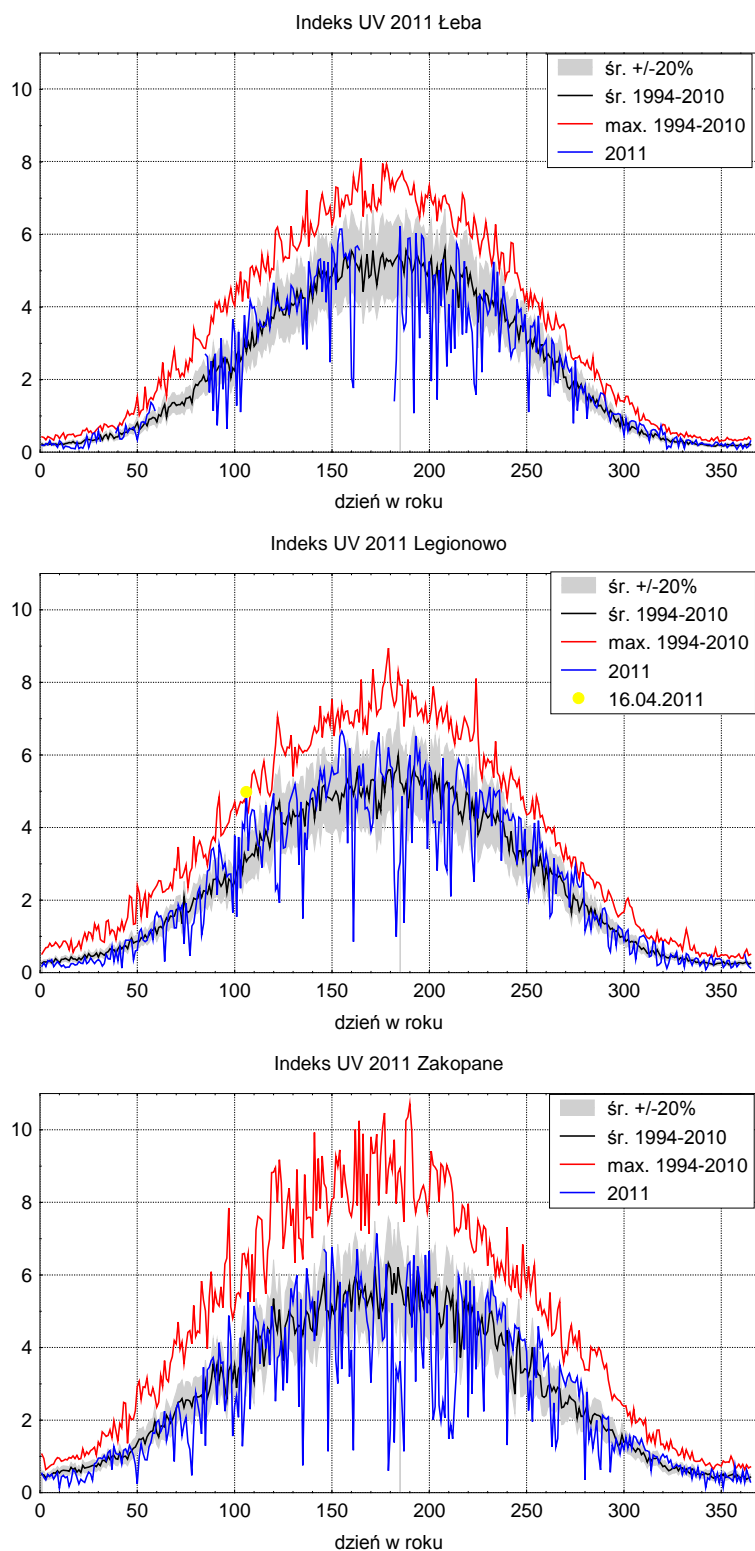


Rysunek 23. Średnie dawki promieniowania UV-B zmierzonego przyrządami SL501, usłonecznienia i promieniowania całkowitego Słońca w miesiącach 2011 r. na stacji w Łebie, Legionowie i Zakopanem.



Rysunek 24. Różnice średnich miesięcznych dawek promieniowania UV-B (MED) zmierzonego przyrządami SL501 w 2011 r., w stosunku do wartości z okresu 1993-2010, dla trzech stacji.

Wpływ ozonu całkowitego na promieniowanie UV-B najłatwiej zaobserwować w wybranych dniach. Na Rysunku 25 przedstawiono przebieg roczny Indeksu UV z 2011 roku na tle średniego oraz maksymalnego Indeksu UV z okresu 1994-2010 dla każdej ze stacji. W roku 2011 w okresie wiosennym (marzec-kwiecień) na wszystkich stacjach zaobserwowano przypadki wzrostu wartości Indeksu UV przekraczających średnią wieloletnią o 20%. Ubytki ozonu w profilu z 16 kwietnia (Rysunek 11) przełożyły się na rekordowy dla tej pory roku wzrost promieniowania UV-B w Legionowie. Pomimo dużego zachmurzenia nad Polską latem 2011 r. zaobserwowano szereg przypadków znacznego wzrostu promieniowania UV-B. Przypadki te związane były z utrzymującą się podczas całego lata niską zawartością ozonu nad Polską. Przykładowo w okolicach 20 sierpnia na stacjach Łeba i Zakopane zmierzono wartości promieniowania zbliżone do wartości maksymalnych w seriach. W tych dniach (Rysunek 12) wystąpiły również rekordowo niskie dla tej pory roku zawartości ozonu całkowitego nad Polską.



Rysunek 25. Przebiegi roczne Indeksu UV z 2011 roku dla stacji w Łebie, Legionowie i Zakopanem na tle średniego oraz maksymalnego Indeksu UV z okresu 1994-2010 dla danej stacji.

6.2.3 Podsumowanie i wnioski

Kombinacja wyjątkowo niskich temperatur w stratosferze na półkuli północnej podczas zimy 2010-2011 w połączeniu z długo utrzymującym się stabilnym wirym polarnym na wiosnę doprowadziła do rekordowego zniszczenia ozonu w Arktyce. Po rozpadzie wiru, wiosną i latem obserwowano niedobory ozonu na większym obszarze, zwykle jednak ograniczonym do wysokich szerokości geograficznych półkuli północnej. Podczas epizodów splotu polarnej masy powietrza nad Polskę ujemne odchylenia w warstwie maksymalnej koncentracji ozonu były widoczne od wiosny do jesieni. W 2011 wystąpiły także epizody adwekcji nad Polskę mas powietrza z niskich szerokości geograficznych o wyjątkowo niskich stężeniach ozonu w warstwie UTLS. Uwarstwienie mas powietrza, z jednoczesnymi niedoborami ozonu w warstwach UTLS i powyżej maksimum koncentracji ozonu pojawiało się dotychczas późną jesienią lub zimą na niewielkich obszarach w skali synoptycznej (tzw. „mini-dziury” ozonowe). Pojawienie się takiej stratyfikacji latem i to na większym obszarze stwarza niebezpieczeństwo wzrostu promieniowania UV na powierzchni Ziemi.

Wiadomo, że rosnące koncentracje gazów cieplarnianych powodują, z jednej strony ocieplanie dolnej troposfery, z drugiej zaś wychładzanie stratosfery. Trend wychłodzenia stratosfery zwiększa szybkość fotochemicznej produkcji ozonu w jego obszarze źródłowym, co powinno przyspieszyć proces regeneracji warstwy ozonowej. Natomiast pojawiające się co kilka lat nad półkulą północną coraz większe wychłodzenie arktycznej dolnej stratosfery prowadzi do warunków podobnych jak nad Antarktydą, co zwiększa prawdopodobieństwo częstszych i większych dziur ozonowych nad Arktyką. Najniższe temperatury w stratosferze na półkuli północnej podczas zimy 2010-2011 tylko nieznacznie przekroczyły próg formowania lodowych polarnych chmur stratosferycznych i wywołały rekordowy ubytek ozonu w Arktyce. Prawdopodobieństwo wiosennej „dziury ozonowej” nad Arktyką zmniejszy się istotnie dopiero wtedy, gdy znacząco spadnie nasycenie stratosfery związkami niszczącymi ozon. Przewiduje się, że przy ścisłym przestrzeganiu zaleceń Protokołu Montrealskiego i jego uzupełnień, można oczekiwać powrotu do stanu warstwy ozonowej do okresu z przed roku 1980 w umiarkowanych szerokościach geograficznych przed 2040 rokiem, a nad Antarktydą przed 2070. W związku z tym należy nadal pilnie obserwować stan warstwy ozonowej poprzez prowadzenie światowego monitoringu, a więc również w Polsce, z zalecanym zagęszczonym programem pomiarowym w okresie spodziewanych ubytków ozonu.

W troposferze obserwowane są epizody dużych stężeń ozonu, co oddziałuje niekorzystnie na środowisko. Niedobory ozonu podczas epizodów adwekcji polarnych mas powietrza z ubytkami ozonu w warstwie maksymalnej koncentracji i/lub adwekcji subtropikalnej ze spadkiem ozonu w warstwach górnej troposfery i dolnej stratosfery nie są rekompensowane wzrostem ozonu w dolnej troposferze. Dlatego należy oczekiwać z jednej strony wzrostu promieniowania ultrafioletowego szkodliwego w nadmiarze dla człowieka i całej ekosfery, a z drugiej strony wzrostu zagrożenia przez toksyczne oddziaływanie ozonu przyziemnego na drogi oddechowe, w epizodach smogu fotochemicznego.

Podziękowania

Dziękujemy zespołowi Zakładu Fizyki Atmosfery IGF PAN za udostępnienie serii pomiarów całkowitej zawartości ozonu mierzonej spektrofotometrem Dobsona w Centralnym Obserwatorium Geofizycznym w Belsku.

Dziękujemy również pani Barbarze Bogdańskiej z Centrum Monitoringu Klimatu Polski IMGW-PIB za udostępnienie do analizy danych promieniowania całkowitego i usłonecznienia ze stacji w Łebie i Zakopanem.

6.3 OPRACOWANIE INFORMACJI DLA ODBIORCÓW KRAJOWYCH I MIĘDZYNARODOWYCH

Badanie globalnego procesu ubożenia warstwy ozonowej z natury rzeczy wymaga współpracy międzynarodowej. Polska jest sygnatariuszem Wiedeńskiej Konwencji o Ochronie Warstwy Ozonowej, zobowiązującej nas do monitorowania w Polsce ozonu atmosferycznego i promieniowania UV-B.

Od 1979 roku, sondáže ozonowe w Legionowie wykonuje się w systemie Światowego Monitoringu Ozonu WMO z podstawową częstotliwością 1 raz w tygodniu. Dodatkowe sondáže związane są z udziałem w projekcie MATCH badania chemicznego niszczenia ozonu w stratosferze w wirze polarnym. Wyniki w postaci plików CSV zawierających metadane oraz pionowe profile PTUW i O3 z jednego sondážu są systematycznie przekazywane do Światowej Bazy Danych Ozonowych w Toronto, w Kanadzie, co potwierdza wykaz zawartości bazy (Rysunek 26).

Platform Observation Programs

Platform: STN 221
Name: LEGIONOWO **Country:** POL
GAW ID: 12374 **WMO Region:** VI
Min. Latitude: 52.37 **Max. Latitude:** 52.43
Min. Longitude: 20.937 **Max. Longitude:** 20.997
Min. Height: 81 **Max. Height:** 111

[Link to Platform Revisions Summary](#)

Category	Instrument	S/N	Model	Min. Date	Max. Date	Agency
OzoneSonde	ECC		Z	24-Mar-95	06-Apr-01	PIMWM
OzoneSonde	ECC	na	na	16-Jun-93	31-Jan-07	PIMWM
OzoneSonde	ECC		6A	31-Jul-96	28-Sep-11	PIMWM
OzoneSonde	ECC		5A	09-Jun-93	09-Jun-06	PIMWM
OzoneSonde	Brewer-GDR	na	na	17-Jan-79	26-May-93	PIMWM

Formats : [\[Print\]](#)

Created : 2002-12-31
Modified : 2002-12-31
Url of this page : http://www.woudc.org/data/Metadata/query_results_platform_e.html

Rysunek 26. Wykaz zawartość bazy WOUDC z pomiarami z Legionowa ze strony www.woudc.org

Od 1994 roku wyniki sondážu są przekazywane regularnie do Bazy Danych w Norweskim Instytucie Badania Powietrza (NILU) w Oslo, w Norwegii, w ramach współpracy w programach Unii Europejskiej, dotyczących badania ozonu w stratosferze. Wyniki sondážu ozonowych wysyłane są w trybie operacyjnym - po zakończeniu sondážu automatycznie generowana jest depesza w ustalonym formacie NILU zawierająca metadane oraz pionowe profile PTUW i O3. Depesza ta w postaci pliku tekstowego LN jest po wstępnej kontroli danych przesyłana na serwer ftp w NILU. Na Rysunku 27 przedstawiono fragment listingu zawartości serwera.

```

-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 149605 mai 18 2011 LN110518.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 142641 mai 25 2011 LN110525.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 145082 jun 1 2011 LN110601.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 158862 jun 8 2011 LN110608.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 164112 jun 15 2011 LN110615.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 153456 jun 22 2011 LN110622.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 151736 jun 30 2011 LN110630.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 154856 jul 6 2011 LN110706.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 131612 jul 20 2011 LN110720.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 153348 jul 27 2011 LN110727.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 136554 aug 3 2011 LN110803.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 155116 aug 10 2011 LN110810.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 156104 aug 17 2011 LN110817.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 156207 aug 24 2011 LN110824.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 149603 aug 31 2011 LN110831.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 158597 sep 7 2011 LN110907.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 151685 sep 8 2011 LN110908.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 149031 sep 14 2011 LN110914.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 161097 sep 15 2011 LN110915.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 158704 sep 22 2011 LN110922.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 158551 sep 28 2011 LN110928.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 155899 okt 5 2011 LN111005.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 169209 okt 12 2011 LN111012.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 151481 okt 21 2011 LN111021.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 163750 okt 26 2011 LN111026.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 160732 nov 2 2011 LN111102.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 167023 nov 9 2011 LN111109.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 150338 nov 16 2011 LN111116.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 167862 nov 23 2011 LN111123.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 160682 nov 30 2011 LN111130.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 162812 des 7 14:33 LN111207.P12
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 162399 des 14 14:04 LN111214.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 160214 des 21 13:59 LN111221.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 160218 des 28 14:06 LN111228.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 254 aug 10 2006 ws_ftp.log
226 Transfer complete.

```

Rysunek 27. Fragment listingu zawartości serwera ftp zardoz.nilu.no z pomiarami z Legionowa

Od 2005 roku stacja w Legionowie jest częścią sieci NDACC (ang. Network for the Detection of Atmospheric Composition Change – Globalna Sieć Detekcji Zmian Składu Atmosfery). Obliguje nas to do przesyłania na serwer NDACC plików w ustalonym formacie zawierających metadane oraz pionowe profile PTUW i O₃, oraz do corocznego raportowania pracy stacji. Ostatni raport zawierający m.in. harmonogram przekazywania danych został przesłany drogą elektroniczną 14 października 2011 roku.

Dane dotyczące ciśnienia cząstkowego ozonu w atmosferze nad Legionowem z poprzedniego roku i w ujęciu retrospekcyjnym oraz dane o promieniowaniu nadfioletowym UV-B z poprzedniego roku z sieci IMGW-PIB są zamieszczane w rocznikach Głównego Urzędu Statystycznego. Ostatnie dane przekazano 19 lipca 2011 roku.

6.4 PODSUMOWANIE

W 2011 roku realizowano program monitorowania rozkładu pionowego ozonu, całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą oraz promieniowania UV-B w Polsce.

W roku 2011 wykonano 57 sondaży ozonu w stosunku do 52 sondaży na rok wymaganych umową.

Stacje pomiarowe promieniowania UV-B w Łebie, Legionowie i w Zakopanem, wykorzystujące mierniki Solar Light SL501, od utworzenia sieci monitoringu w 1993 r., pracują bez większych awarii. W 2011 r. braki danych wystąpiły na wszystkich stacjach, obejmując w sumie 4,8% całego okresu. Najdłuższa przerwa w pomiarach wystąpiła na stacji w Łebie i była spowodowana awarią rejestratora.

Na przełomie lipca i sierpnia 2011 r. zostało wykonane w centrum kalibracyjnym PMOD/WRC w Davos (Szwajcaria) laboratoryjne wzorowanie czujników UV biometer SL501 o numerach 1119 i 1120.

Sieć monitoringu operacyjnego UV-B, wykorzystująca mierniki OPTIX UVEM-6C pracujące na stacjach w Łebie, Mikołajkach, Legionowie, Katowicach, Zakopanem; przekazywała na bieżąco dane o promieniowaniu UV-B na stronę internetową IMGW-PIB (www.pogodynka.pl/indeksuv). Na każdej stacji wystąpiły wynikające z awaryjności czujników i rejestratorów braki w danych pomiarowych, obejmujące w sumie 2,6% całego okresu.

Satelitarny monitoring ozonu działa w oparciu o dane z czujnika ATOVS satelitów NOAA-16, 18, 19. W roku 2011 monitoring ozonu działał praktycznie bezawaryjnie - brakuje jedynie 1 mapy, co stanowi 0,3% całego okresu. Analiza danych satelitarnych całkowitej zawartości ozonu potwierdziła charakterystyczne własności czujników nowej generacji ATOVS.

System operacyjny jednodniowej prognozy indeksu UV działał bezawaryjnie w okresie od końca kwietnia do końca września 2011 r. Prognoza była dostępna na stronie internetowej IMGW-PIB (www.pogodynka.pl/indeksuv/prognozyuv)

Wyniki sondaży ozonowych są regularnie przekazywane do Światowego Centrum Danych Ozonowych w Toronto, w Kanadzie i do Bazy Danych w NILU, w Norwegii gdzie są wykorzystywane do opracowania wyników kampanii MATCH, oraz do bazy danych NDACC w Maryland, USA.

Wyniki monitoringu pionowego rozkładu ozonu i UV-B są regularnie publikowane w wydawnictwach GIOŚ i GUS.

Dane pomiarowe powstałe w wyniku realizacji umowy monitoringu są gromadzone i przechowywane w Ośrodku Aerologii na dysku sieciowym serwera oraz archiwizowane na płytach CD/DVD z wyłączeniem surowych danych satelitarnych (RAW), które są przechowywane na płytach DVD w Ośrodku Teledetekcji Satelitarnej.

Dane pomiarowe wraz z opisem formatów, powstałe w wyniku realizacji umowy monitoringu w roku 2011, zostały dołączone do niniejszego sprawozdania na płycie CD.

6.5 LITERATURA

Baird, C. and M. Cann (2005). Environmental Chemistry, W. H. Freeman and Company, New York.

Kois B., Z. Litynska, Largest cold season ozone deficiencies in the stratosphere over Legionowo compared to other European stations, 2000. In: Air pollution research report 73, Proceedings of the fifth European Workshop on Stratospheric Ozone. St. Jean De Luz, France, 27th September to 1st October 1999, edited by N.R.P. Harris, M.Guirlet and G.T. Amanatidis. European Commission, pp. 91-94.

Kuttippurath, J., Godin-Beekmann, S., Lefèvre, F., and Goutail, F.: Spatial, temporal, and vertical variability of polar stratospheric ozone loss in the Arctic winters 2004/05–2009/10, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 10, 14675-14711, doi:10.5194/acpd-10-14675-2010, 2010.

Litynska Z., B. Kois, B. Jaworska, 1997. The variation of ozone concentration profile over Poland. Eastern Europe and global change, 3 to 10 October 1994, Kassandra, Halkidiki, Greece, European Commission, Science Research Development, pp. 213-224.

Lityńska Z., B. Kois, 1995, High ozone concentration episodes in the troposphere over Poland. Preliminary Results. Ozone - a Regional and Global Problem. Proceedings of Seminar, November 21, 1994, Katowice, Poland, p. 51-60

Molina M.J & F. S. Rowland. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone, *Nature* 249, 810 - 812 (28 June 1974); doi:10.1038/249810a0

Pyle, J.A., Harris, N.R.P., Farman, J.C. Arnold, D., Braathen, G., Cox., R.A., Faucon, P., Jones, R.L., Megie, G., O'Neill, A., Pommereau, J.P., Schmidt, U., and Stordal, F., 1994: An overview of the EASOE campaign, *Geophys. Res. Lett.* 21, pp. 1191-1194

Rex, M., Salawitch, R. J., Margitan, J. J., Sen, B., Toon, G. C., Osterman, G. B., Rex, M., Elkins, J. W., Ray, E. A., Moore, F. L., Hurst, D. F., Romashkin, P. A., Bevilacqua, R. M., Hoppel, K. W., Richard, E. C., Bui, T. P., 2002, Chemical loss of ozone during the Arctic winter of 1999/2000: An analysis based on balloon-borne observations *Journal of Geophysical Research*, 107/D20, 8269

SCOUT-O3 Bulletin, Press Release 25 April 2005.

World Meteorological Organization (WMO), 2011, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010, Global Ozone Research and Monitoring Project–Report No. 52, 516 pp., Geneva

ZAŁĄCZNIKI

1. WYKAZ SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH W OKRESIE OD 1.11.2011 DO 31.05.2012 R.
2. PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH W OKRESIE 1.11.2011 DO 31.05.2012 R. I ODPOWIADAJĄCE IM SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU W ATMOSFERZE.
3. DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY LISTOPAD 2011 – MAJ 2012 R. (ŚREDNIE, MAKSYMALNE I MINIMALNE).
4. PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH W OKRESIE 1.01 DO 31.12.2011 R. I ODPOWIADAJĄCE IM SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU W ATMOSFERZE.
5. DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z DWÓCH TYPÓW CZUJNIKÓW Z MIESIĘCY STYCZEŃ - GRUDZIEŃ 2011 R. (ŚREDNIE, MAKSYMALNE I MINIMALNE).
6. INFORMACJE O BIEŻĄCYM I PROGNOZOWANYM INDEKSIE UV Z DNIA 02.08.2011 OPUBLIKOWNE NA STRONIE INTERNETOWEJ www.pogodynka.pl/indeksuv.

ZAŁĄCZNIK 1

WYKAZ SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH
W OKRESIE OD 1.11.2011 DO 31.05.2012 R.

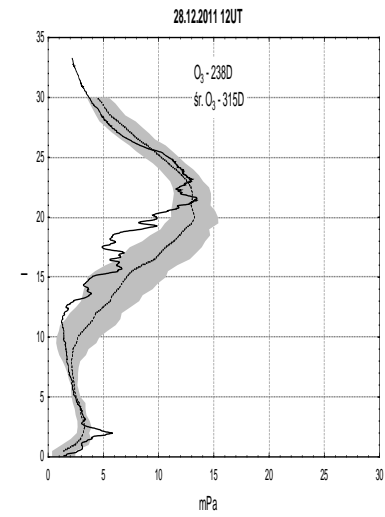
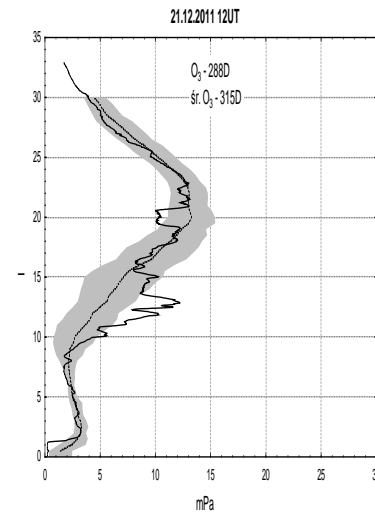
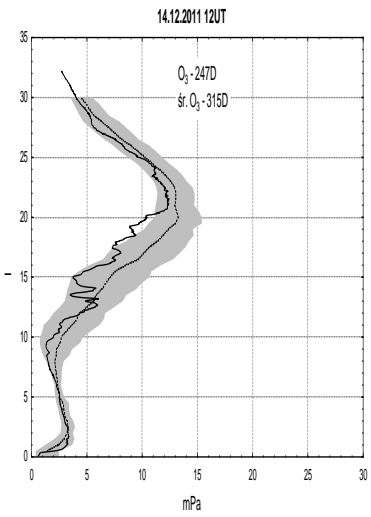
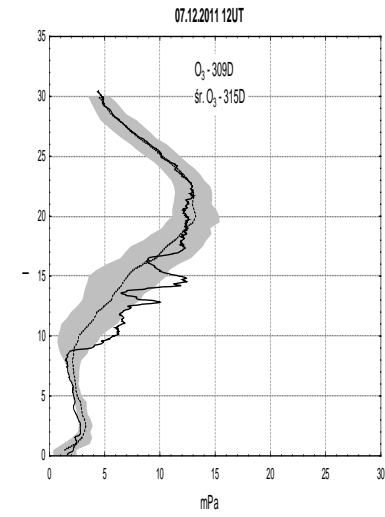
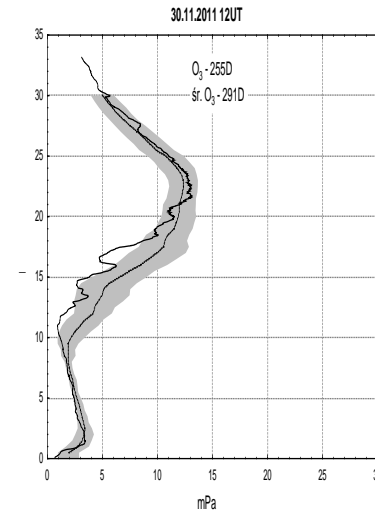
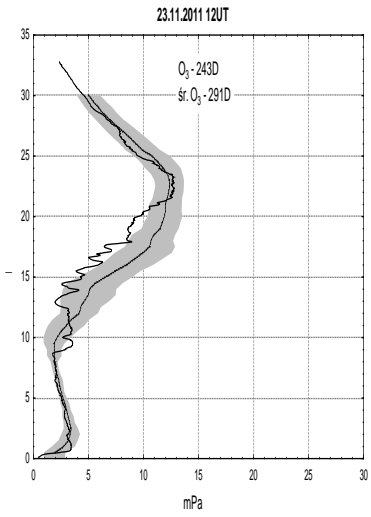
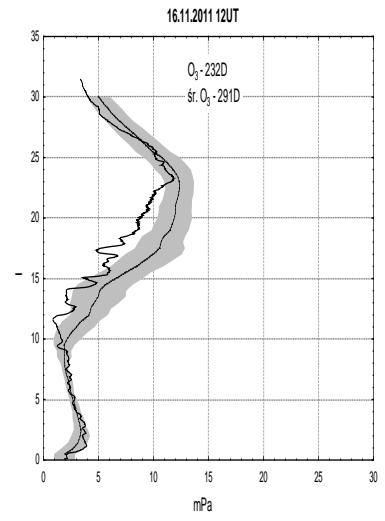
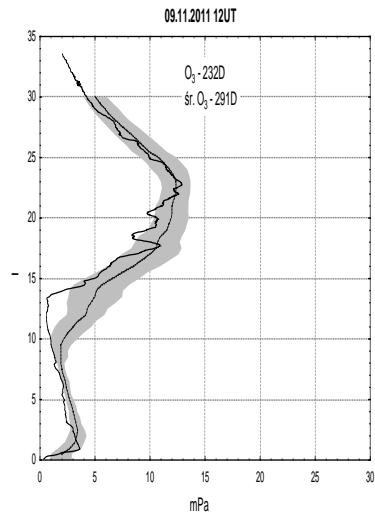
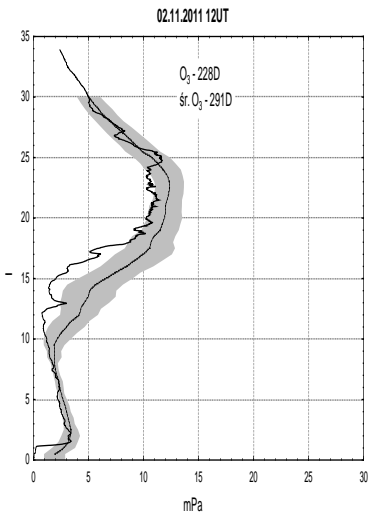
Wykaz sondażu ozonowych wykonanych w Ośrodku Aerologii w okresie od 01.11.2011 r. do 31.05.2012 r.

L.p.	Data	Godz. [UT]	H [km]	1 O ₃ [D]	2 O ₃ [D]	1+2 O ₃ [D]	Dobs O ₃ [D]	Współ. Korek.	Zachmurzenie [x/8]	Uwagi
1	02.11	12	33,9	209	19	228	-	-	8 St	
2	09.11	12	33,5	216	16	232	255	1,10	8 St	
3	16.11	12	31,4	206	26	232	225	0,97	0	
4	23.11	12	32,8	225	18	243	260	1,07	0	
5	30.11	12	33,2	230	25	255	272	1,07	8 Sc	
6	07.12	12	30,5	274	35	309	311	1,01	8 Sc	
7	14.12	12	32,2	226	21	247	258	1,05	8 Ac	
8	21.12	12	32,9	274	14	288	263	0,91	8 St	
9	28.12	12	33,2	221	17	238	223	0,94	1 Ac	
10	04.01	12	32,6	270	17	287	266	0,93	7 Cu, Sc, Ac	
11	11.01	12	32,7	224	20	244	246	1,01	8 Sc	
12	13.01	12	31,9	358	19	377	378	1,00	7 Cu, Sc, Cb	MATCH
13	18.01	12	32,5	256	22	278	-	-	8 St, As	
14	25.01	12	32,5	353	23	376	-	-	8 Sc	
15	01.02	12	30,3	282	34	316	307	0,97	0	
16	08.02	12	31,0	387	35	422	421	1,00	4 Ac	
17	15.02	12	29,0	391	45	436	-	-	8 Sc, As	
18	22.02	12	32,9	239	26	265	265	1,00	8 St, As	
19	01.03	12	34,0	294	24	318	346	1,08	8 St	
20	07.03	12	33,3	389	27	416	414	1,00	5 Cu	
21	14.03	12	34,1	302	23	325	-	-	7 Cu, Sc, Ac	
22	21.03	12	32,3	277	32	309	315	1,02	8 Sc	
23	28.03	12	32,5	296	38	334	334	1,00	4 Cu, Ci	
24	04.04	12	33,3	341	37	378	364	0,96	8 Sc, Ac	
25	11.04	12	31,2	322	52	374	377	1,01	6 Ac, Ci	
26	18.04	12	33,3	311	32	343	352	1,03	7 Sc	
27	25.04	12	34,2	326	32	358	361	1,01	7 Cu, Cb, Sc	
28	02.05	12	33,4	290	36	326	327	1,00	8 Cb, Ac	
29	09.05	12	33,4	306	28	334	360	1,08	1 Cu	
30	16.05	12	34,9	324	29	353	352	1,00	8 Sc, As	
31	23.05	12	34,4	283	34	317	321	1,01	6 Cu, Ci	
32	30.05	12	34,2	331	26	357	361	1,01	5 Cu	

- 1 O₃S - Zawartość ozonu w jednostkach Dobsona [D], scałkowana do maksymalnej wysokości 35 km.
2 O₃S - Zawartość ozonu obliczona z krzywej stałego stosunku zmieszania powyżej pułapu obliczeń O₃.
1+2 - O₃S - Całkowita zawartość ozonu w sondażu.
3 - O₃D - Całkowita zawartość ozonu zmierzona spektrofotometrem Dobsona w Belsku.

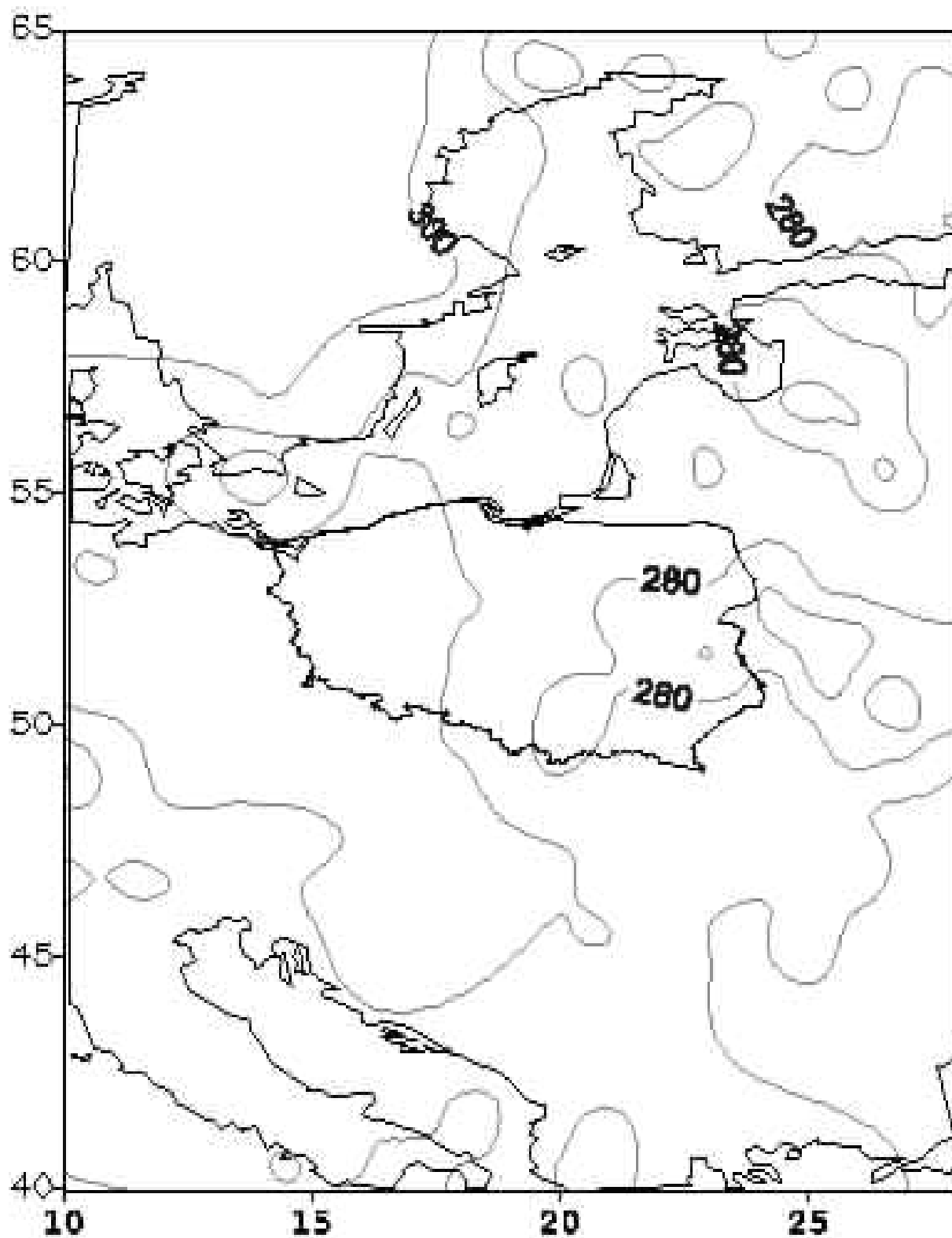
ZAŁĄCZNIK 2

PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH
W OKRESIE 1.11.2011 DO 31.05.2012 R. I ODPOWIADAJĄCE IM
SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU
W ATMOSFERZE.



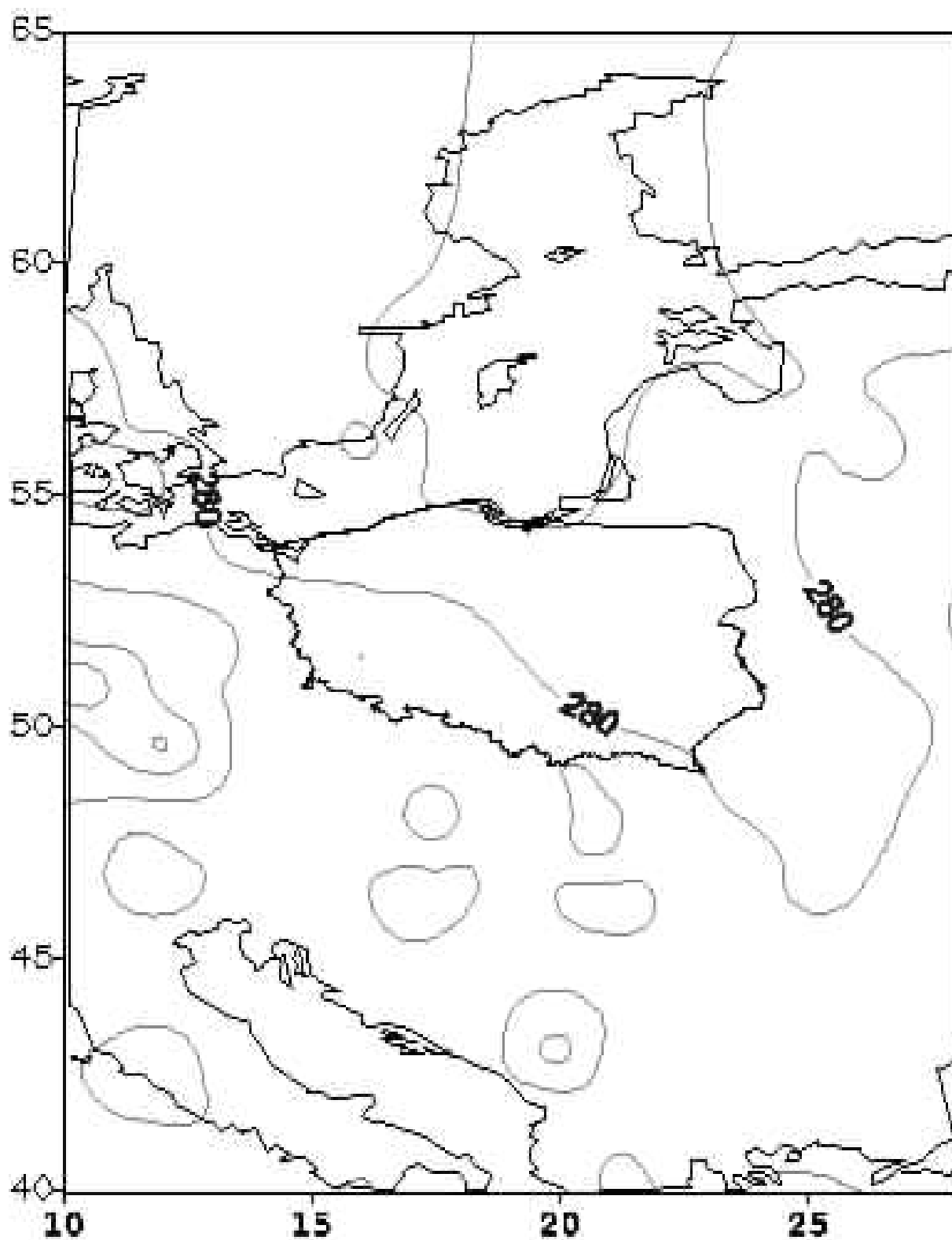
Calkowita zawartosc ozonu [D]

02.11.11 01:44 GMT



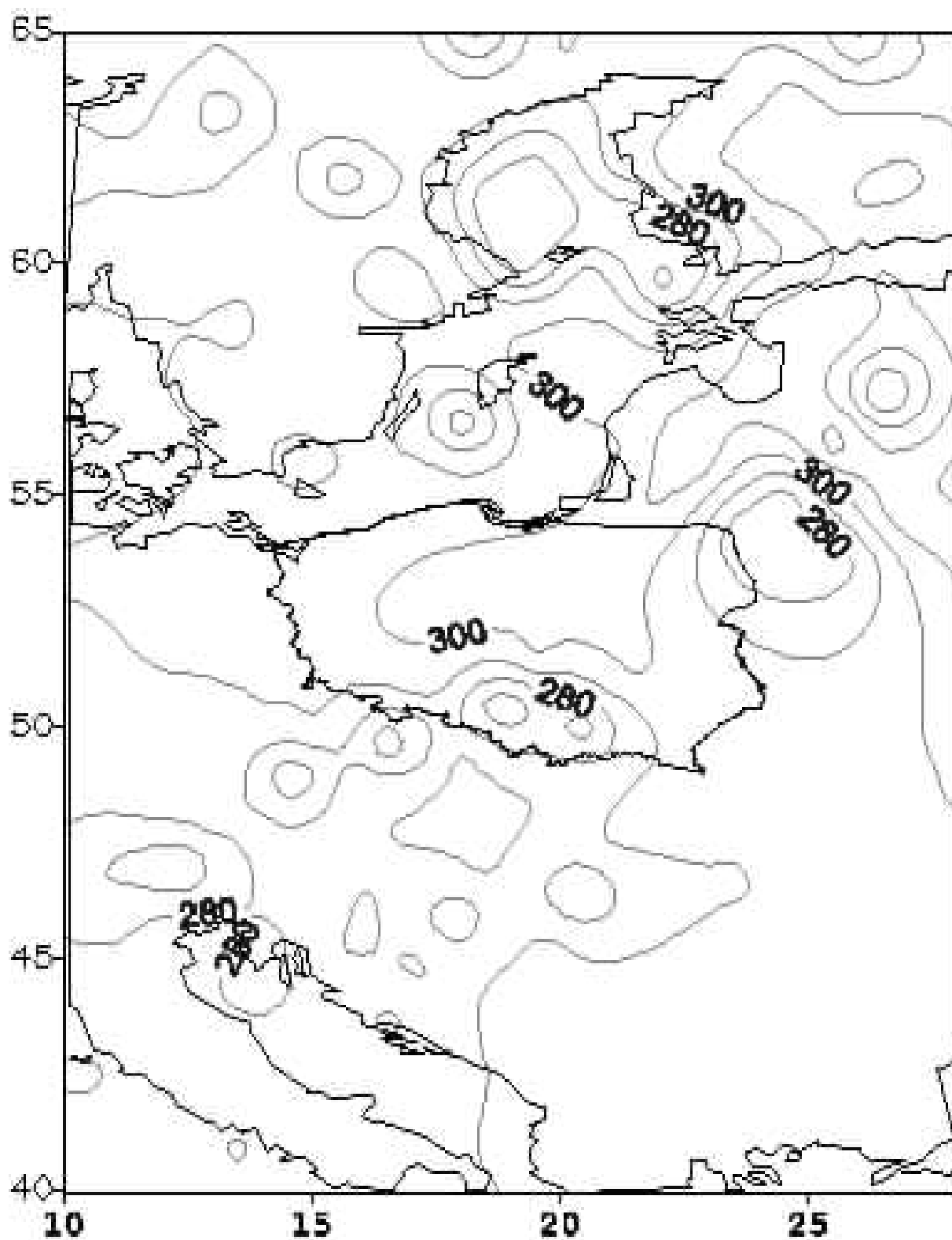
Calkowita zawartosc ozonu [D]

09.11.11 07:18 GMT



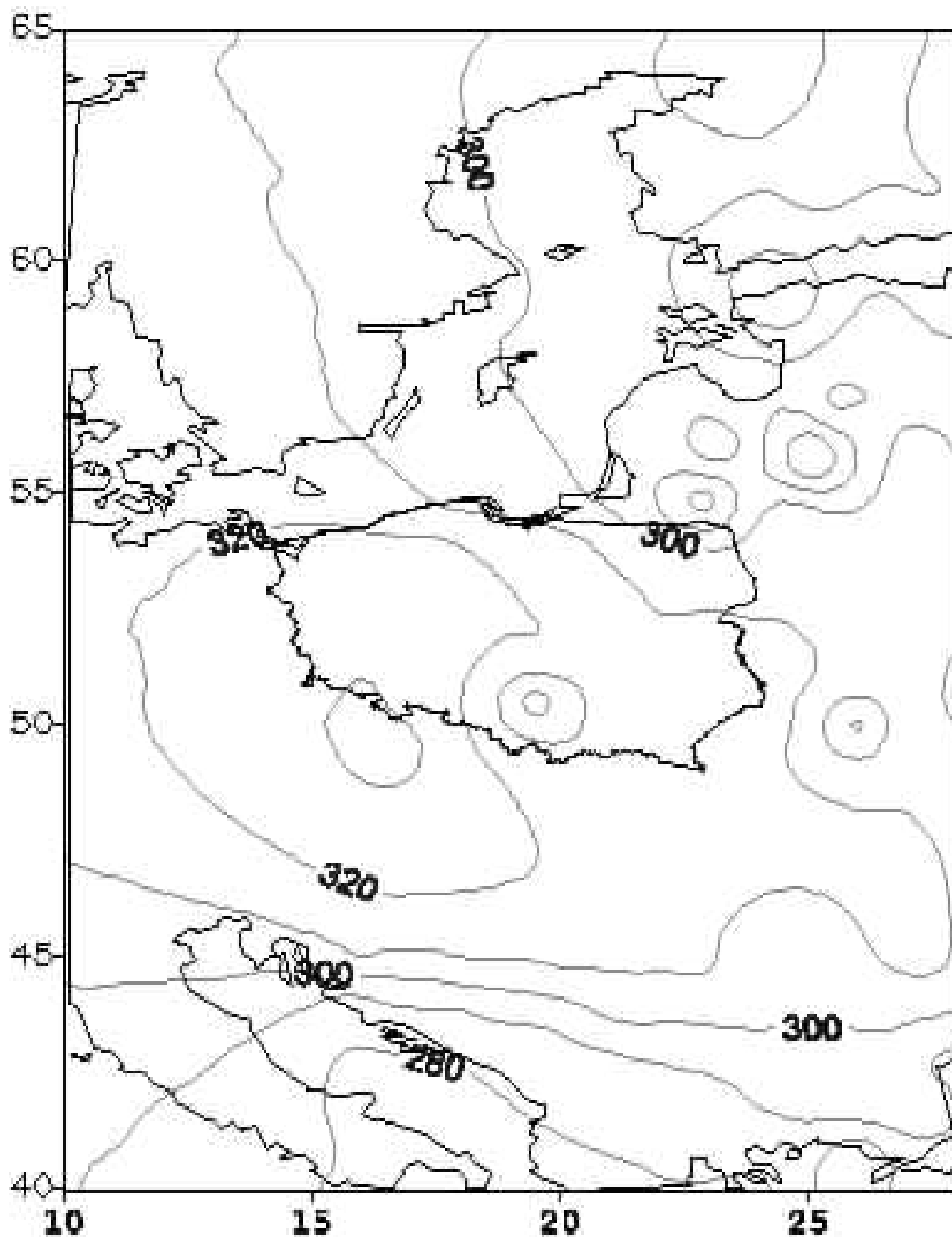
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.11.11 02:34 GMT



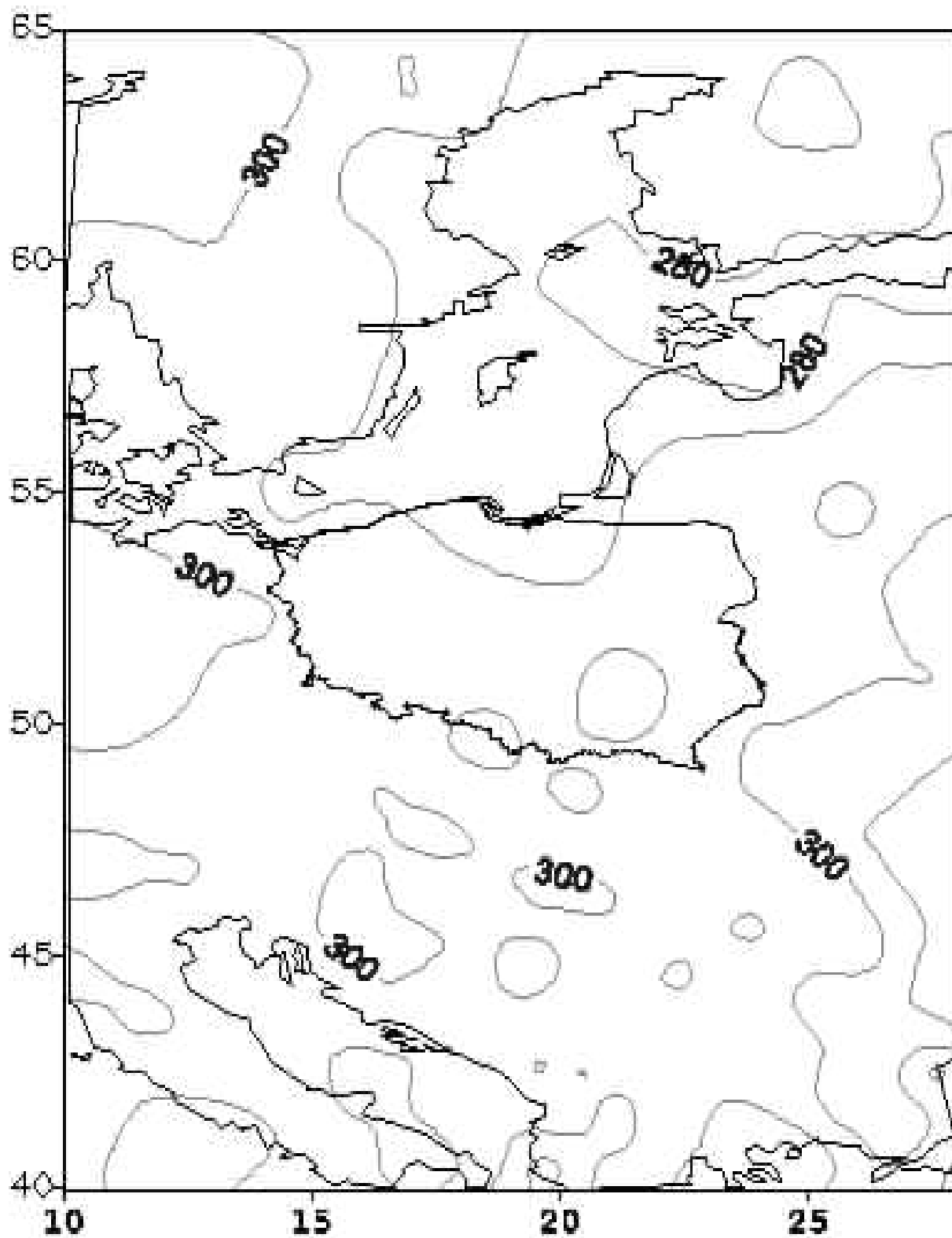
Calkowita zawartosc ozonu [D]

23.11.11 01:15 GMT



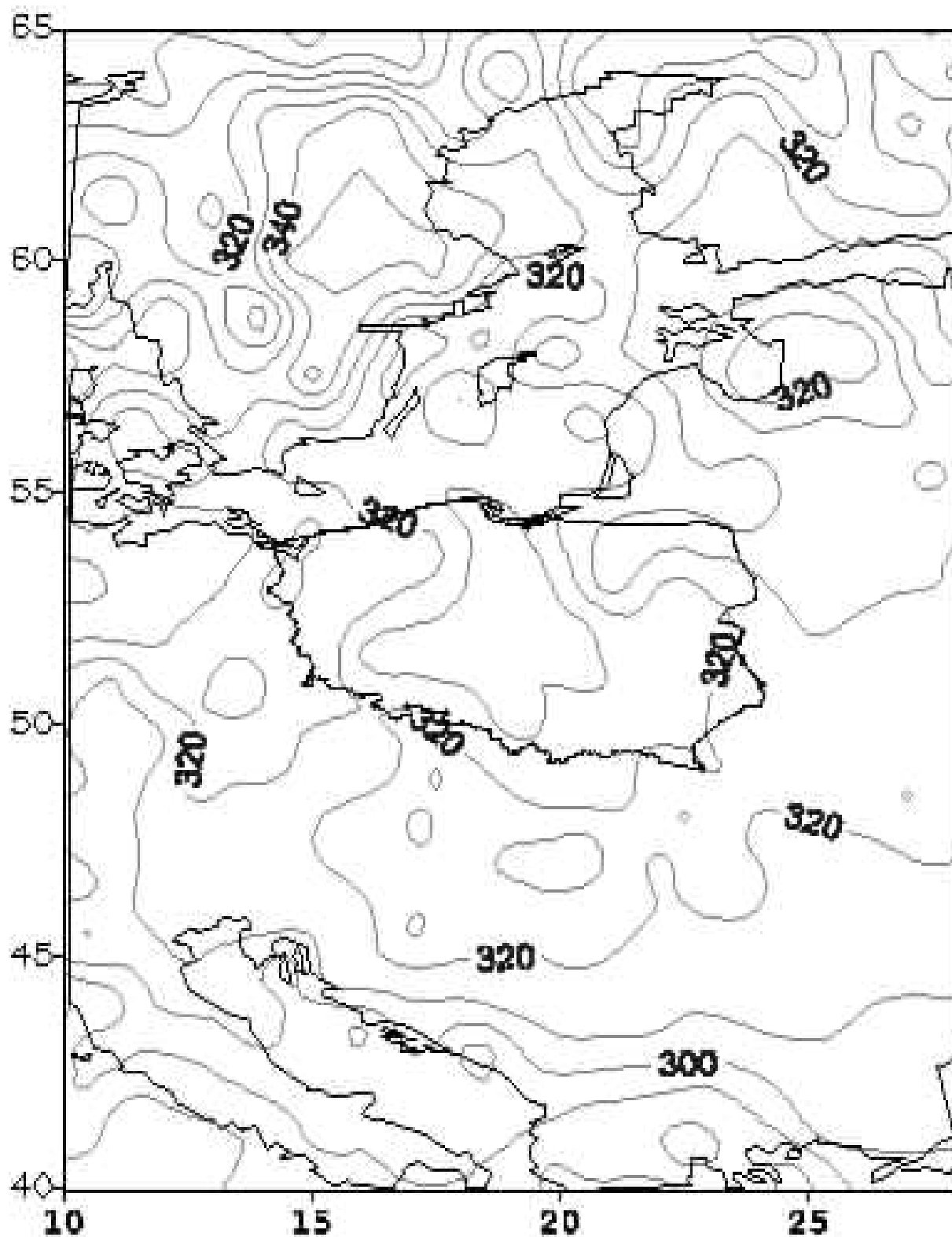
Calkowita zawartosc ozonu [D]

30.11.11 01:40 GMT



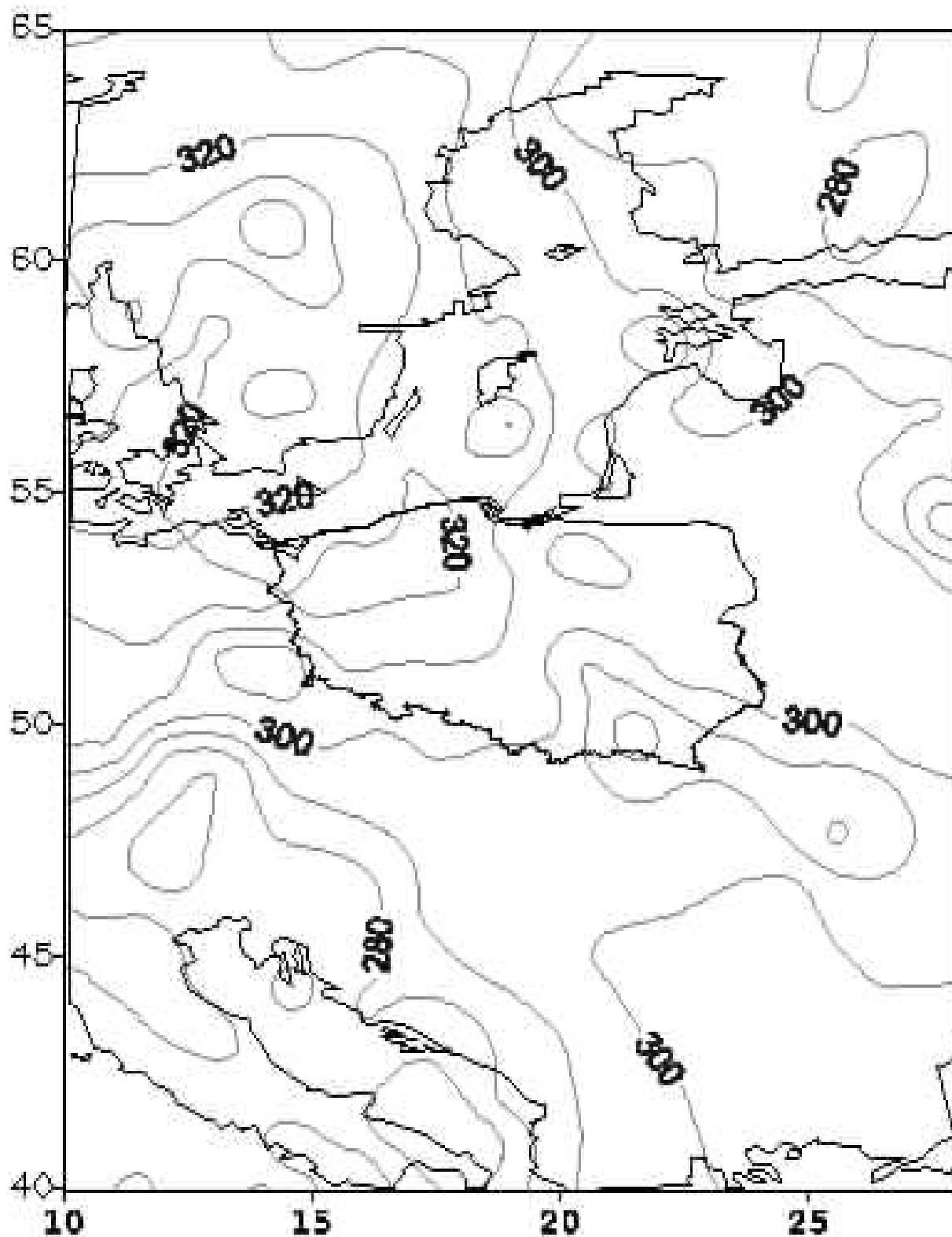
Całkowita zawartość ozonu [D]

07.12.11 01:18 GMT



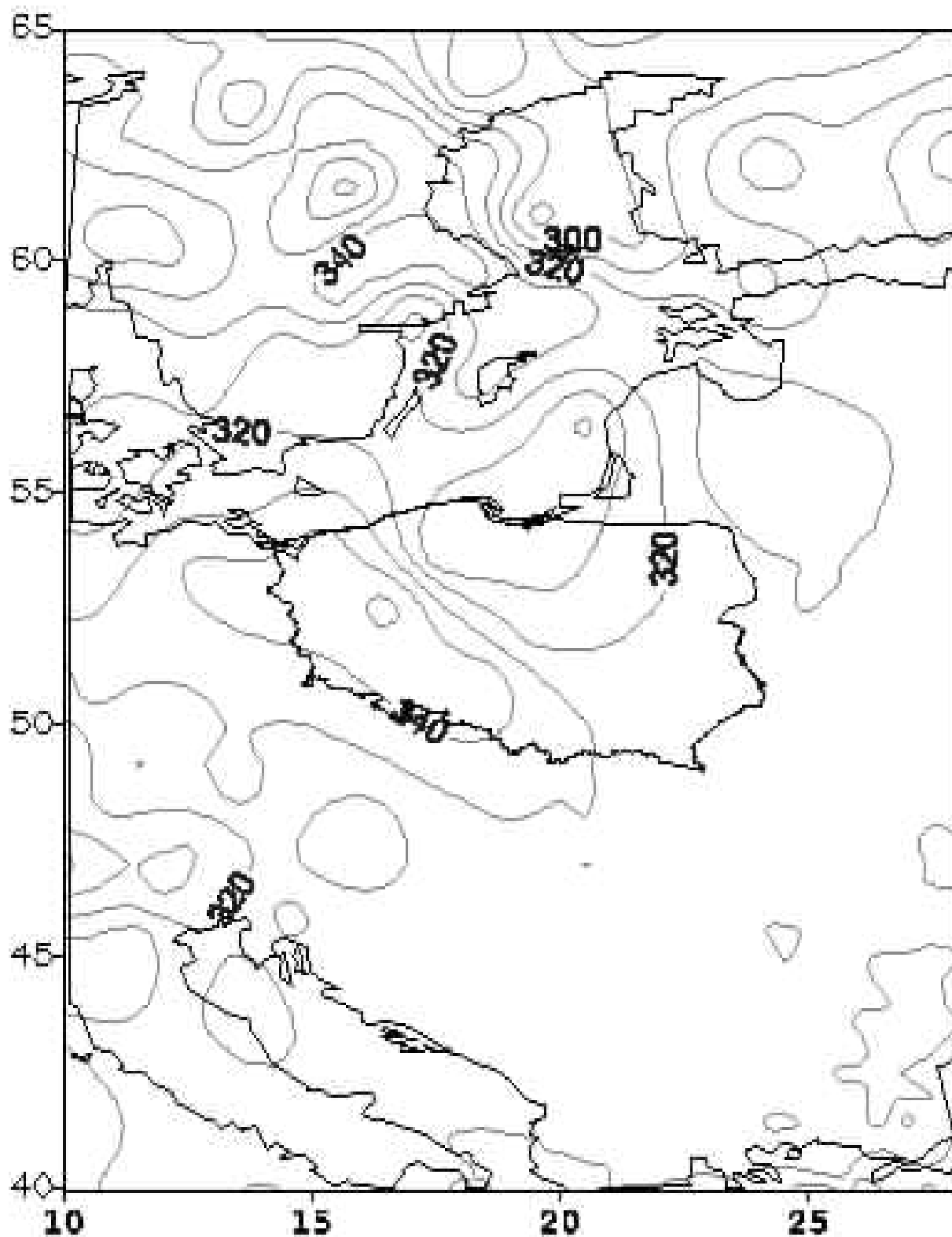
Calkowita zawartosc ozonu [D]

14.12.11 02:30 GMT



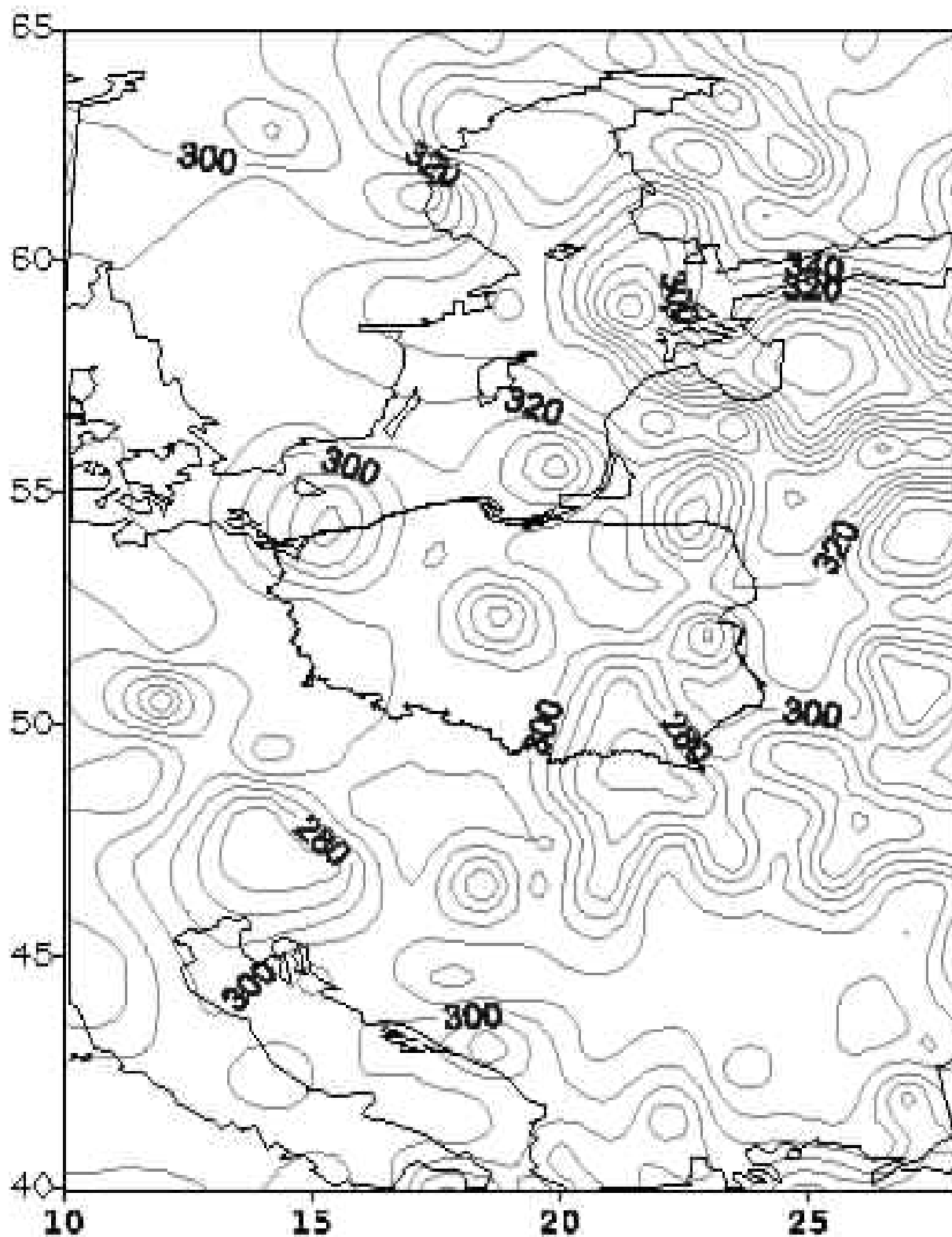
Całkowita zawartość ozonu [D]

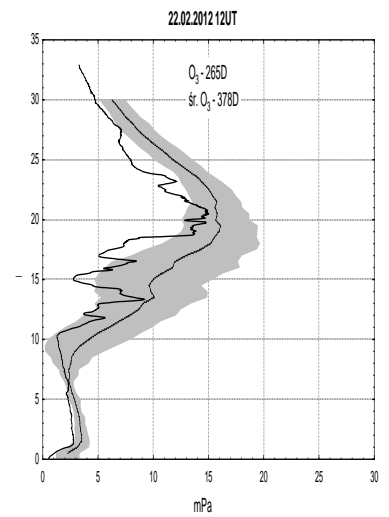
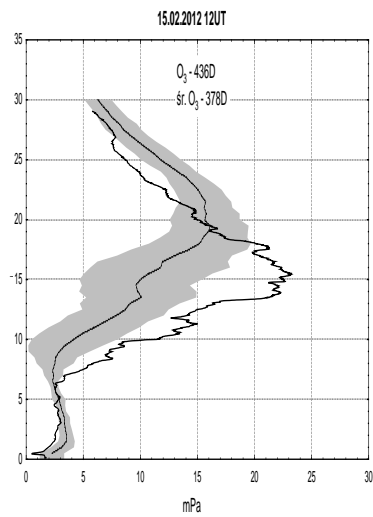
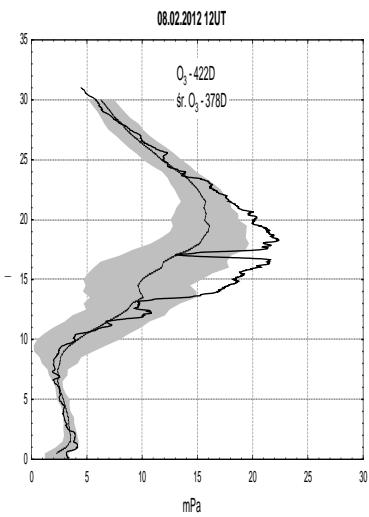
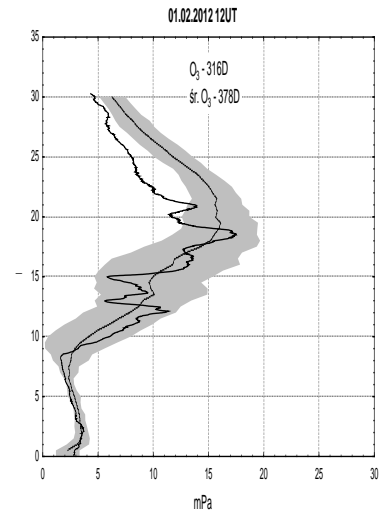
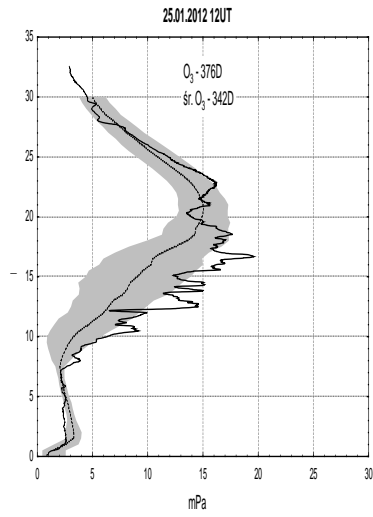
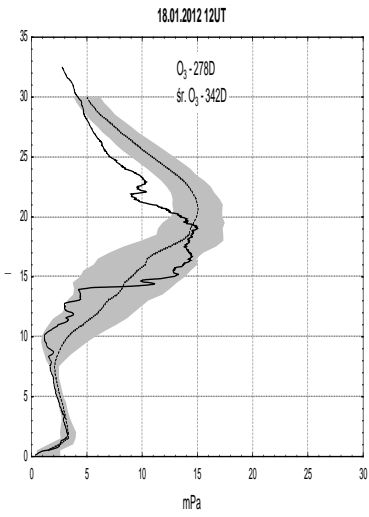
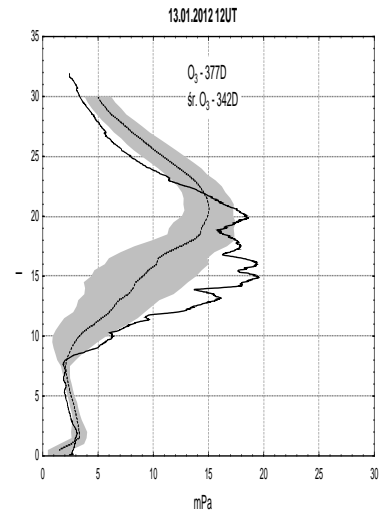
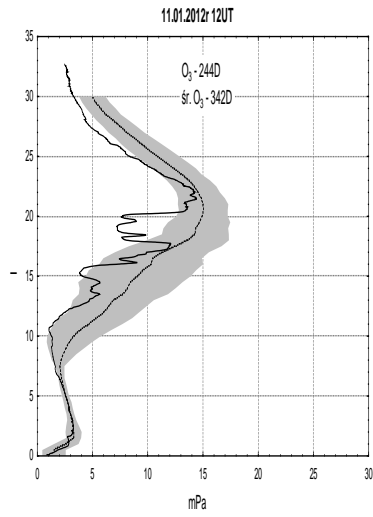
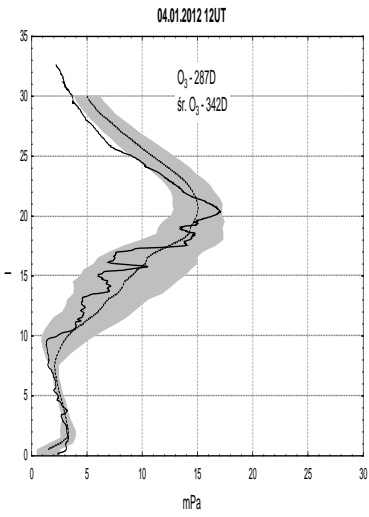
21.12.11 02:11 GMT



Calkowita zawartosc ozonu [D]

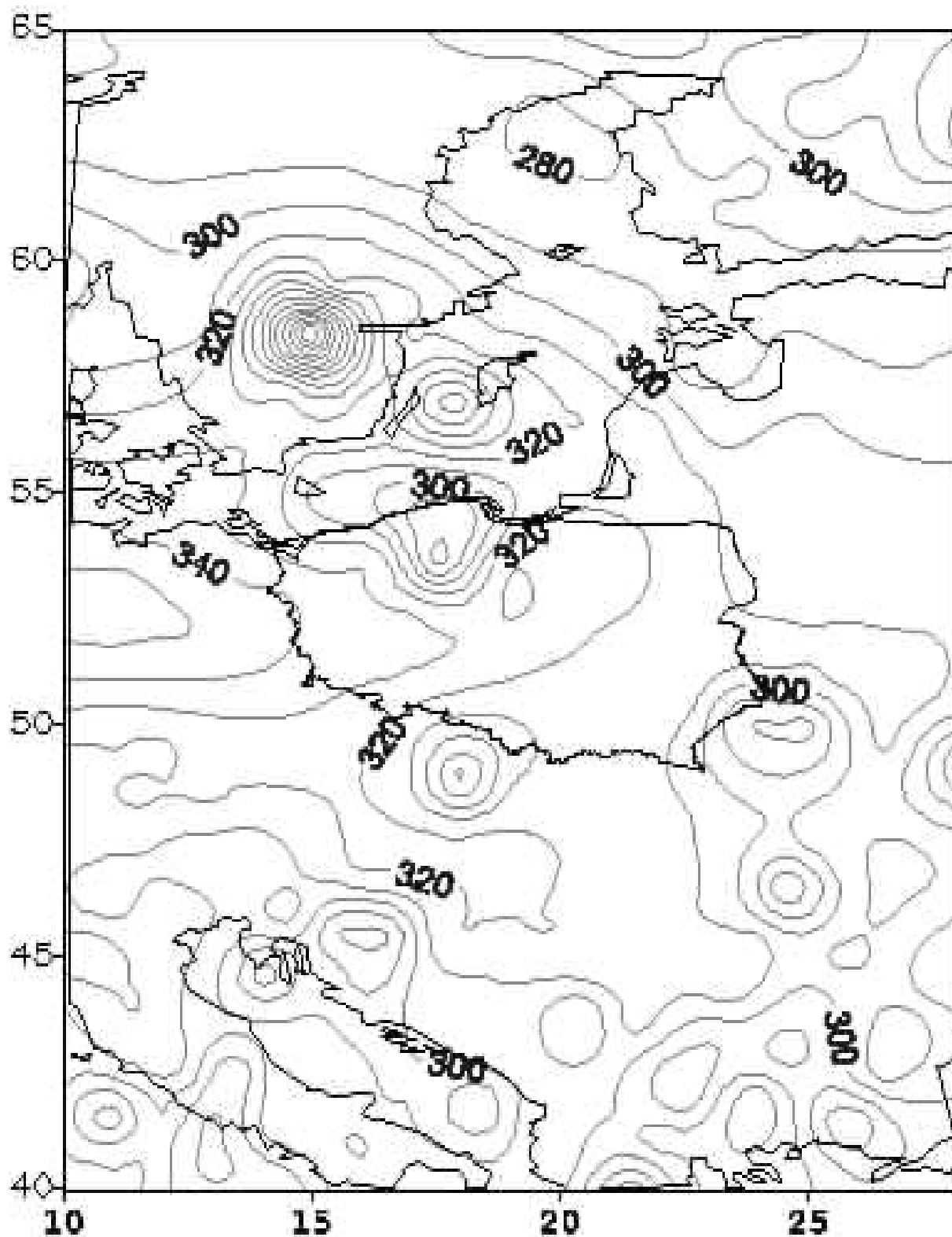
28.12.11 01:39 GMT





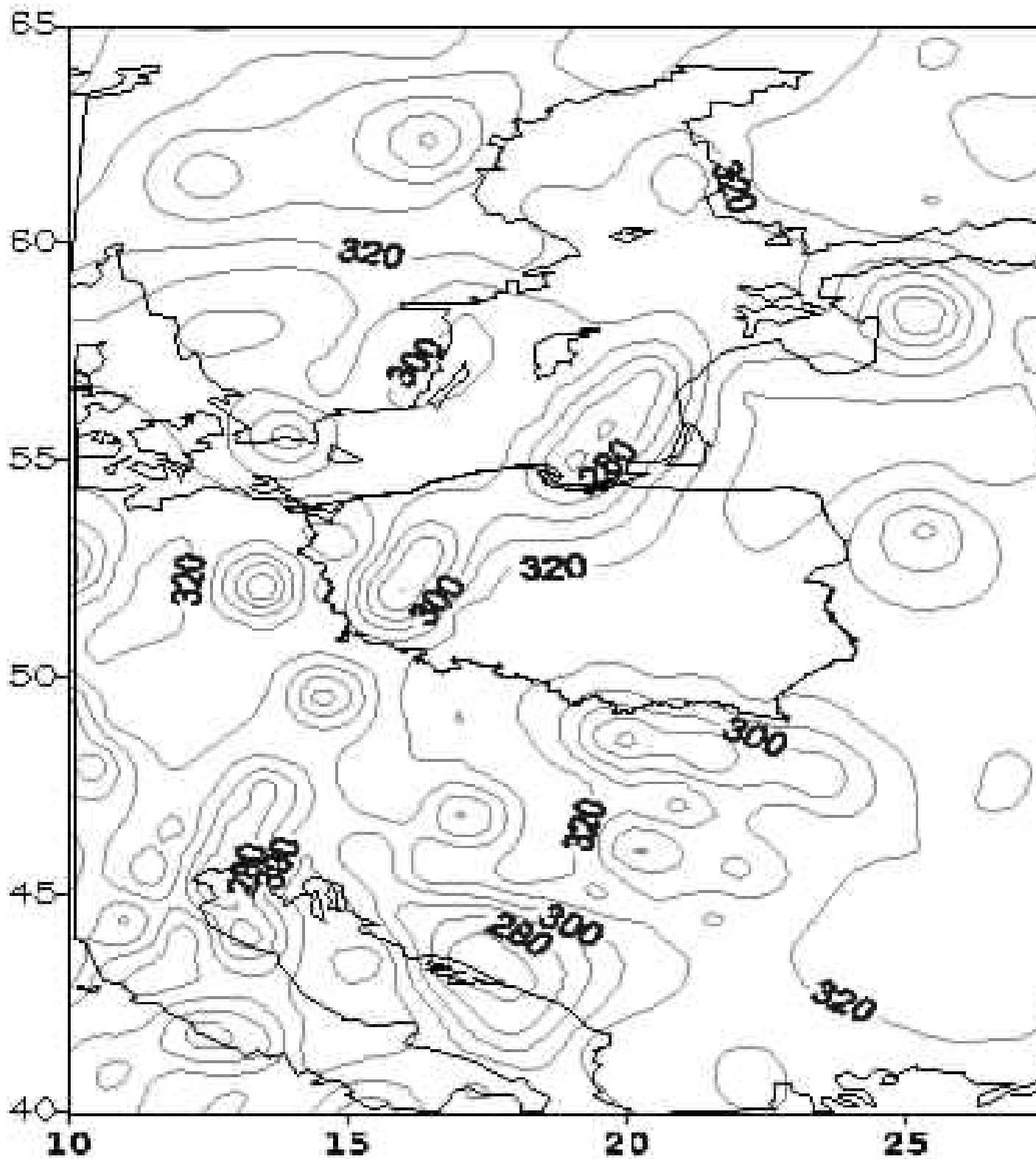
Całkowita zawartość ozonu [D]

04.01.12 02:03 GMT



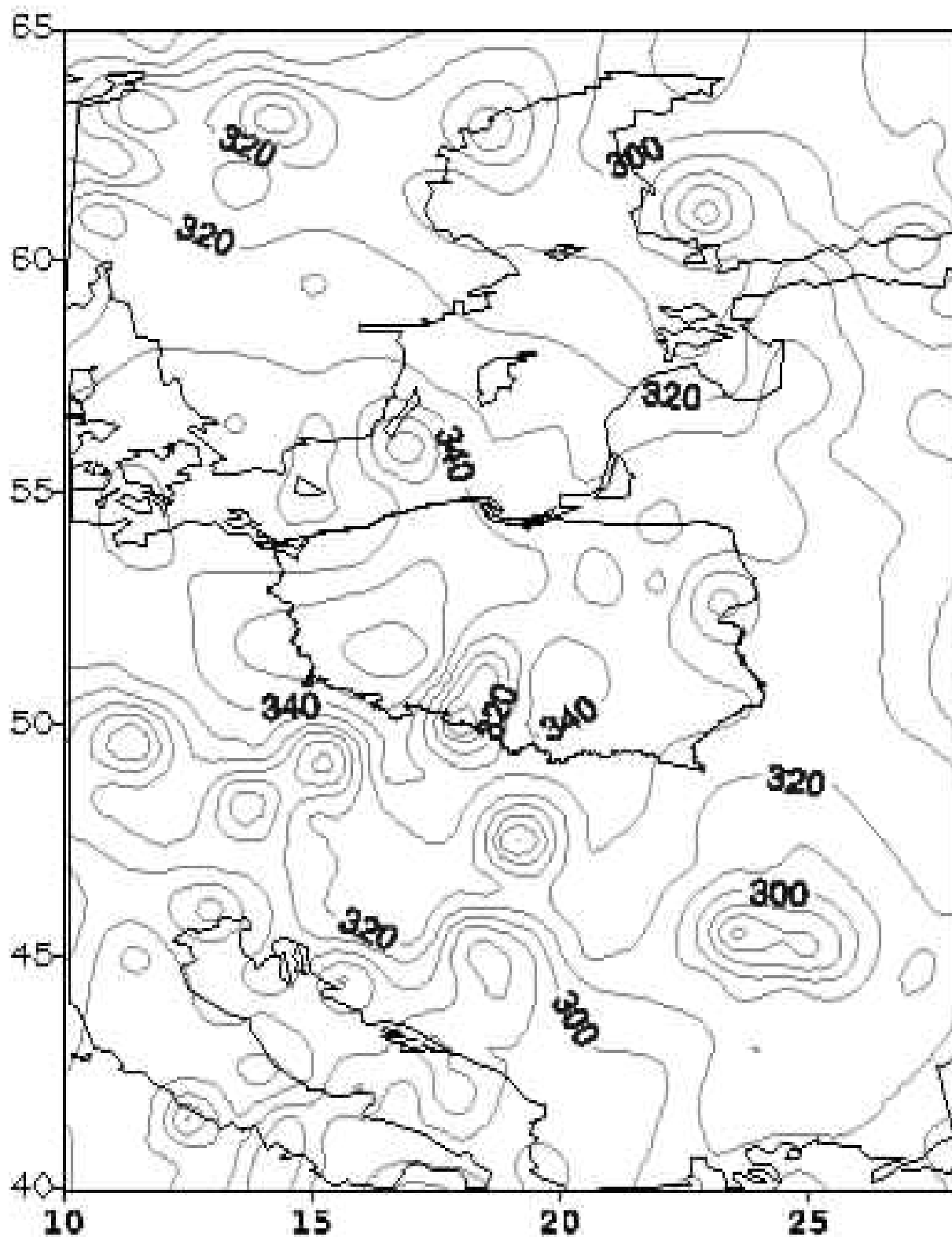
Calkowita zawartosc ozonu [D]

11.01.12 02:28 GMT



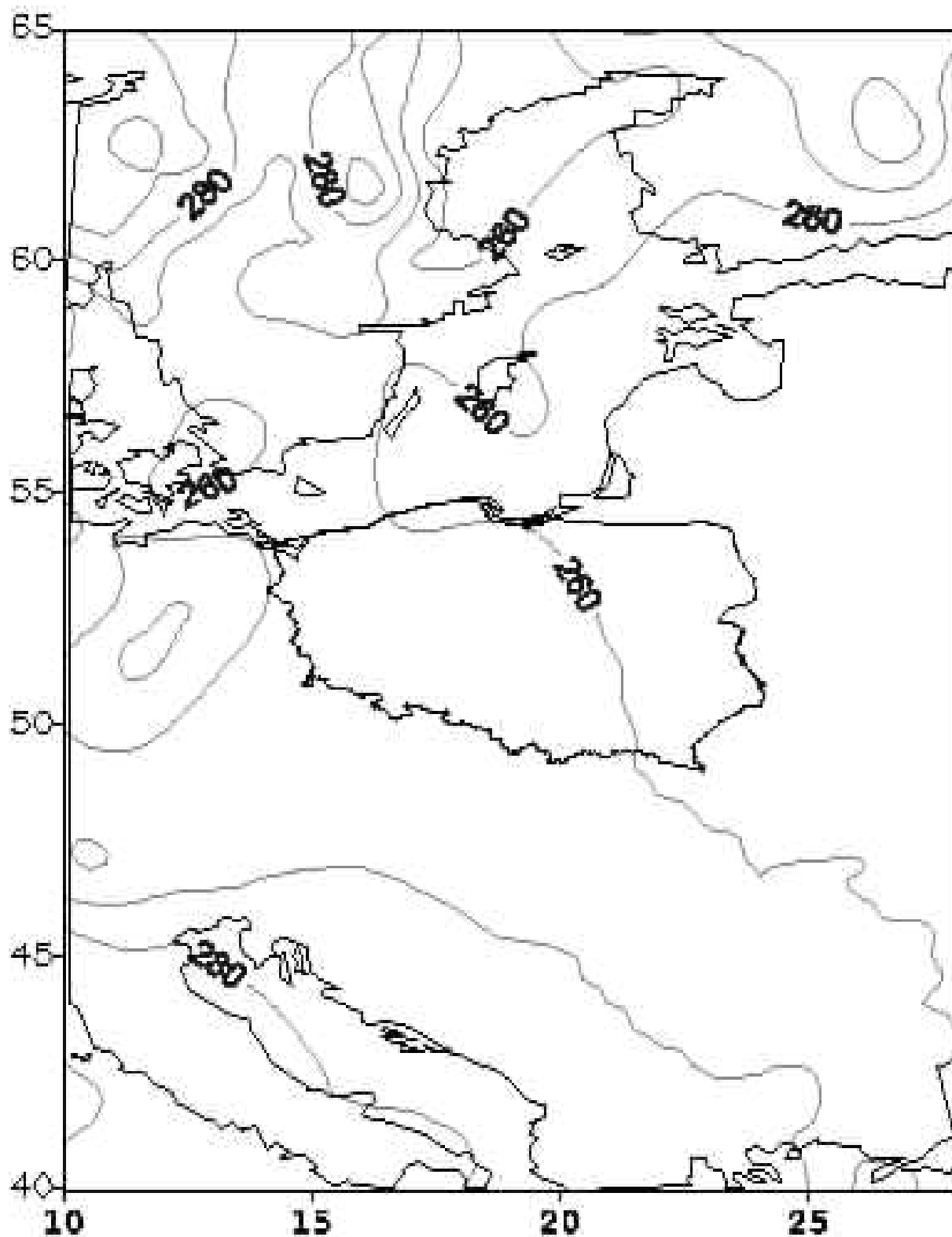
Calkowita zawartosc ozonu [D]

13.01.12 02:05 GMT



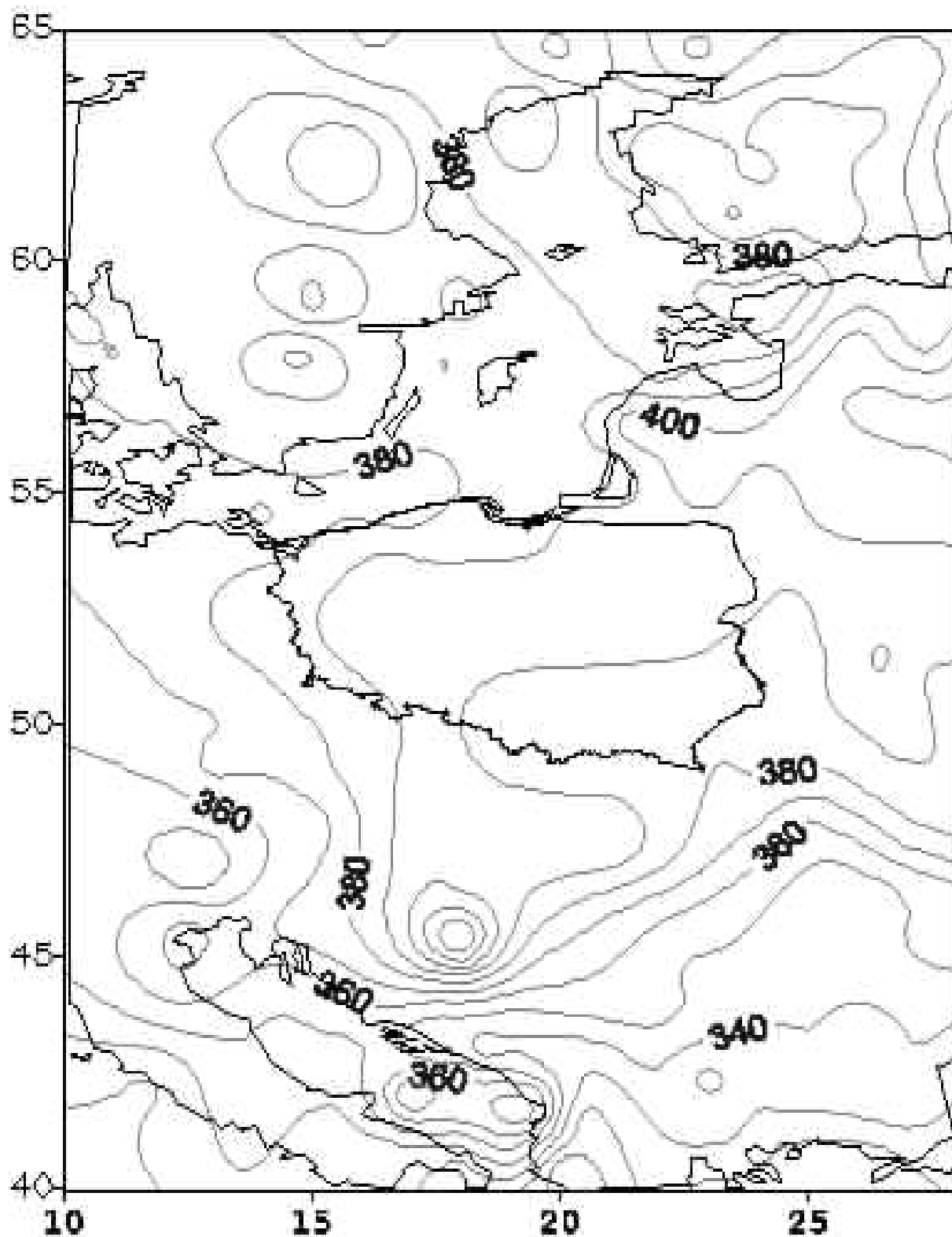
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.01.12 02:17 GMT



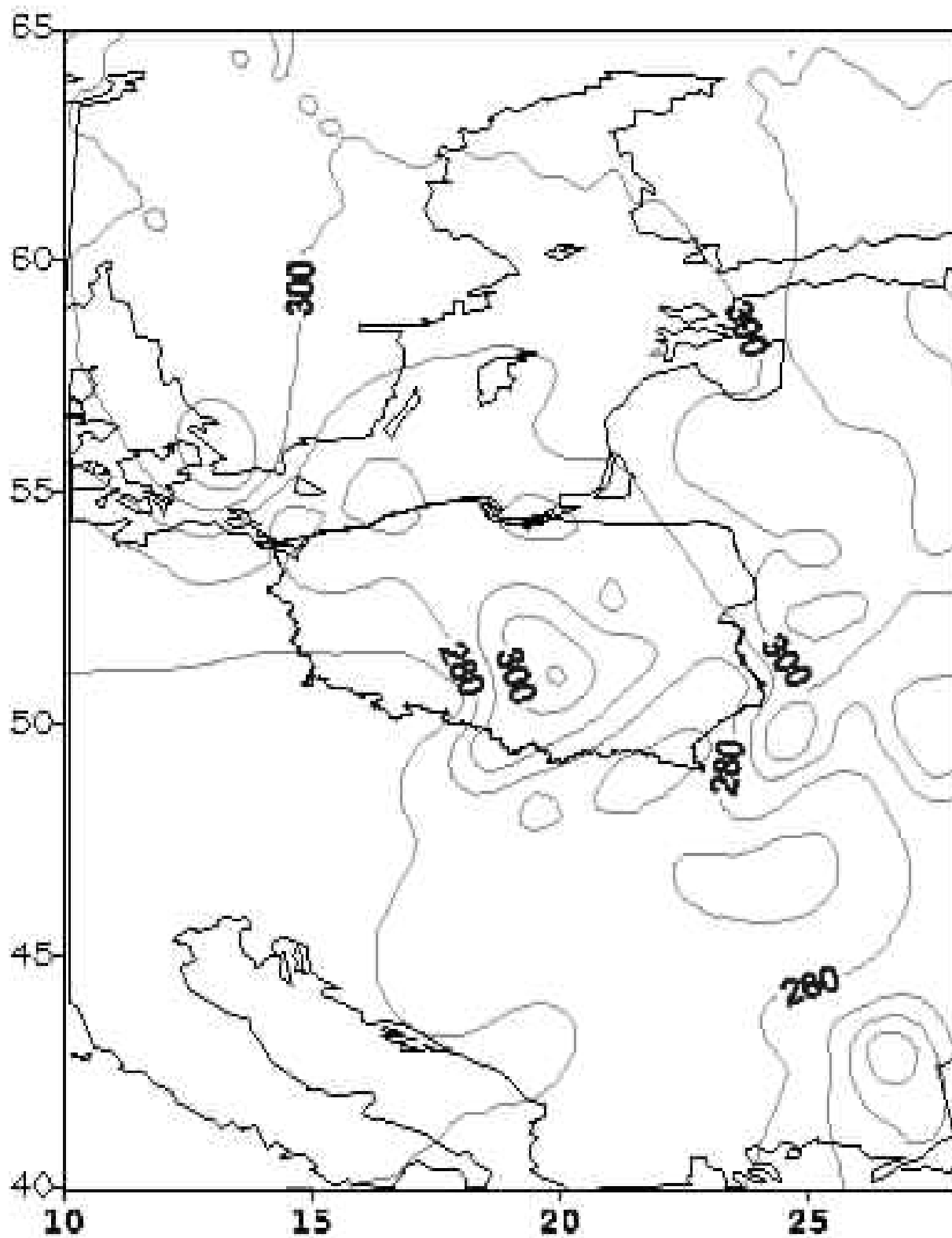
Całkowita zawartość ozonu [D]

25.01.12 01:37 GMT



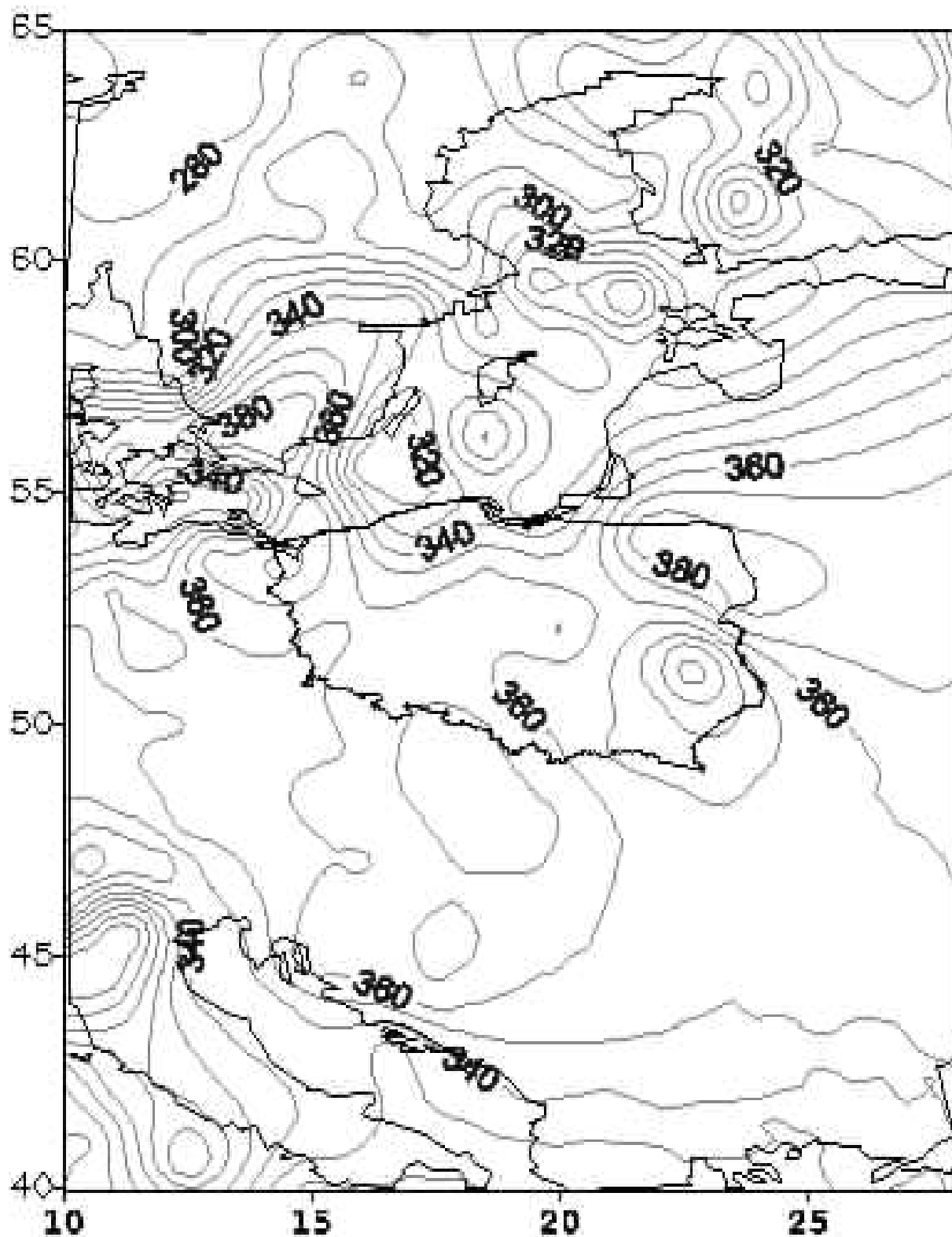
Calkowita zawartosc ozonu [D]

01.02.12 11:49 GMT



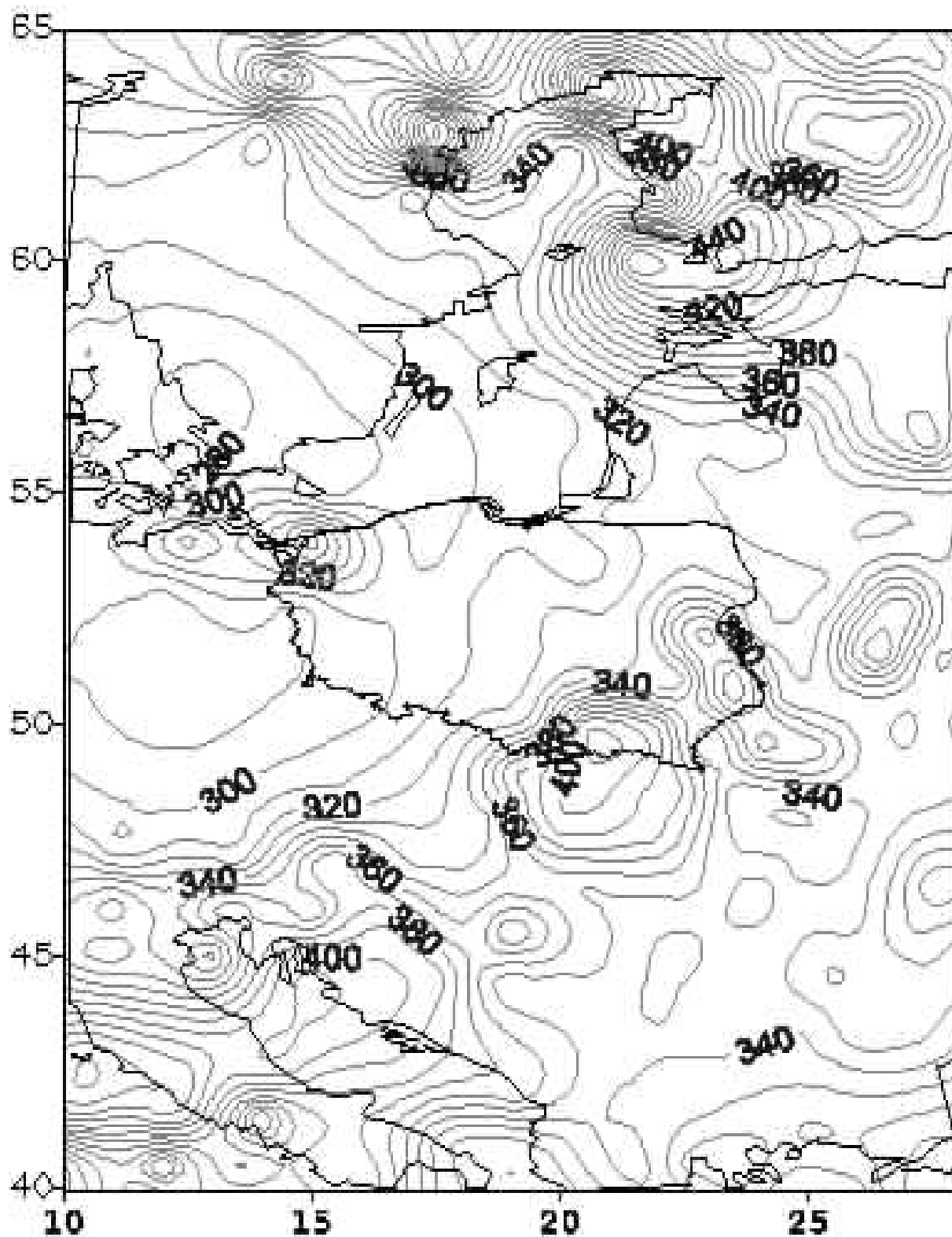
Calkowita zawartosc ozonu [D]

08.02.12 01:58 GMT



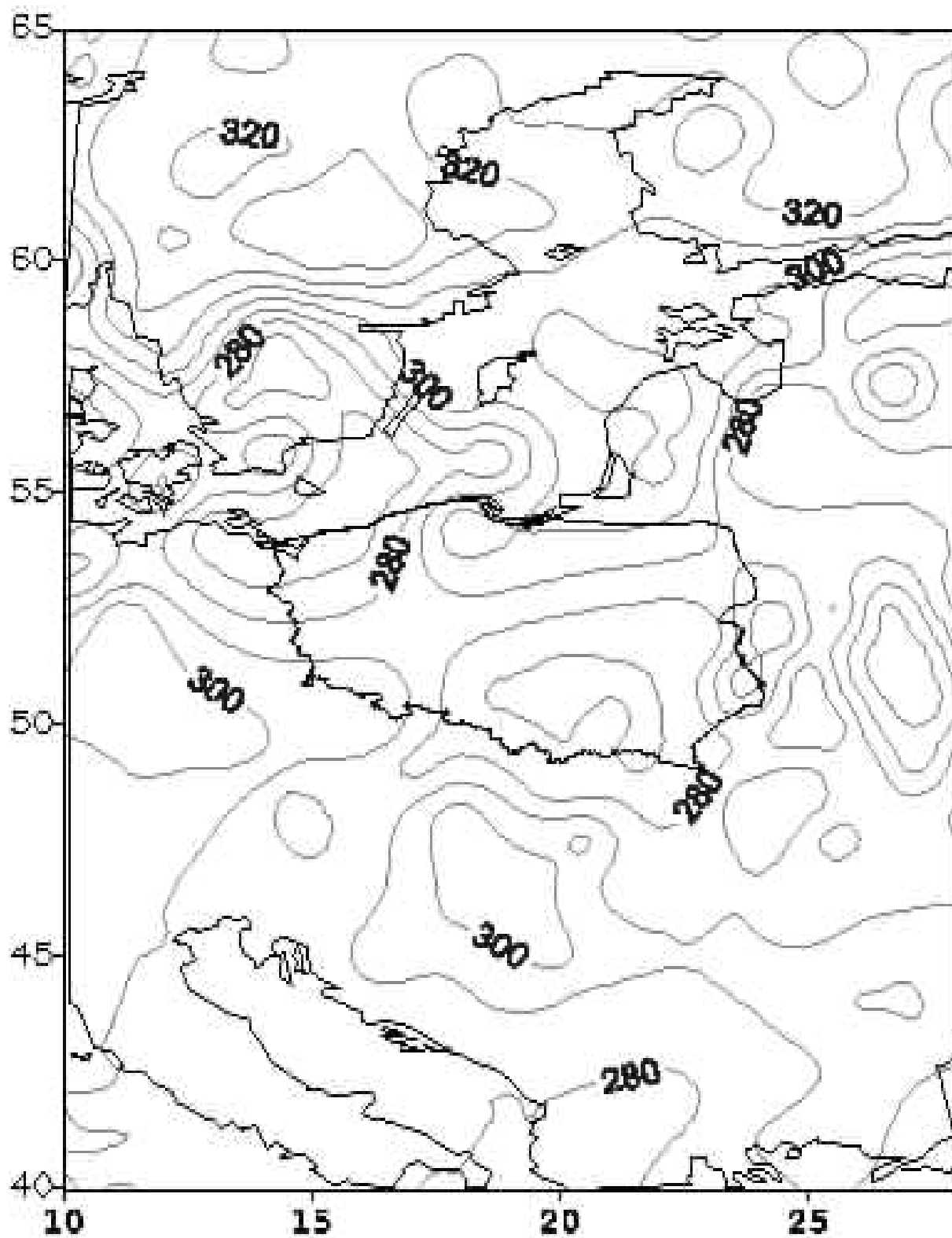
Calkowita zawartosc ozonu [D]

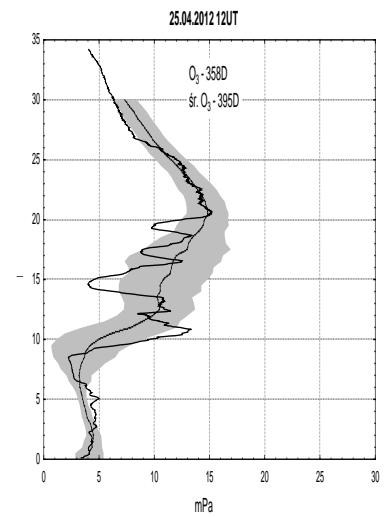
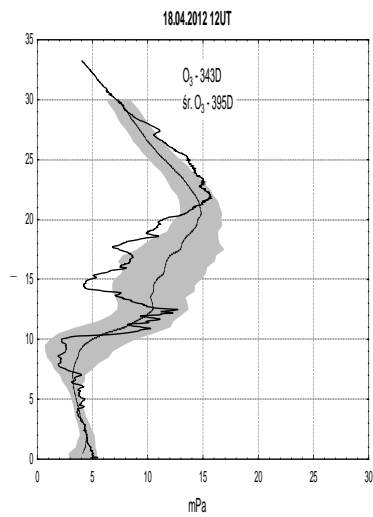
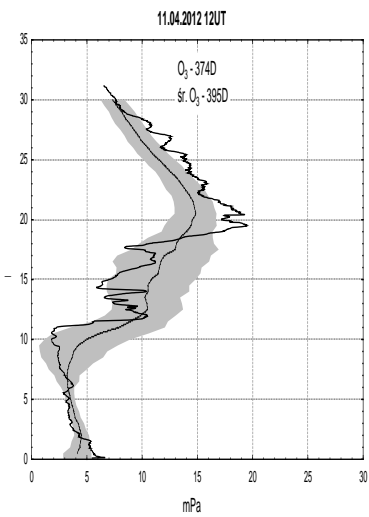
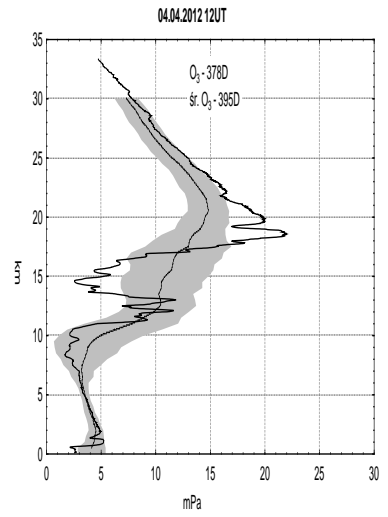
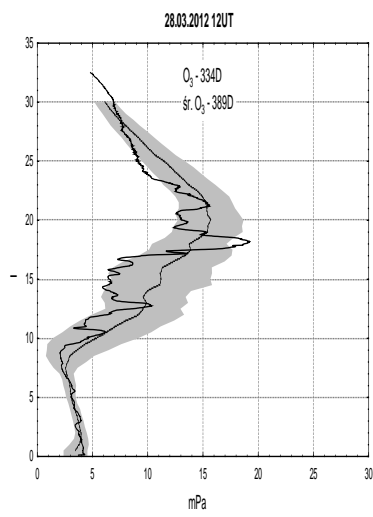
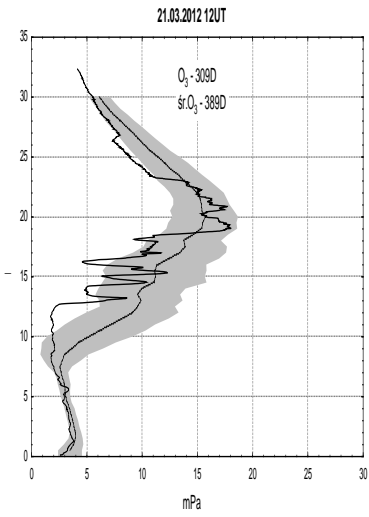
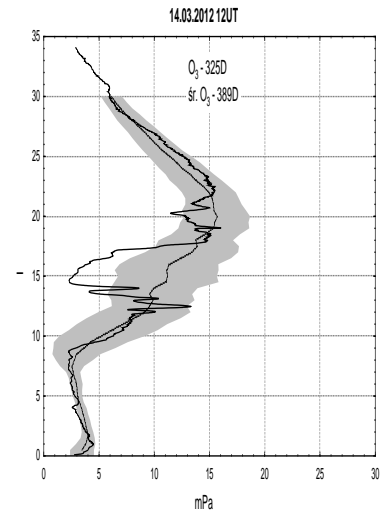
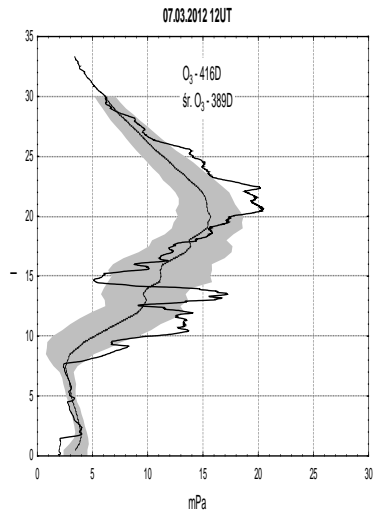
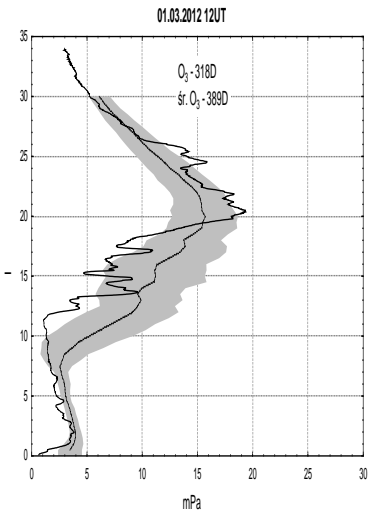
15.02.12 00:40 GMT



Calkowita zawartosc ozonu [D]

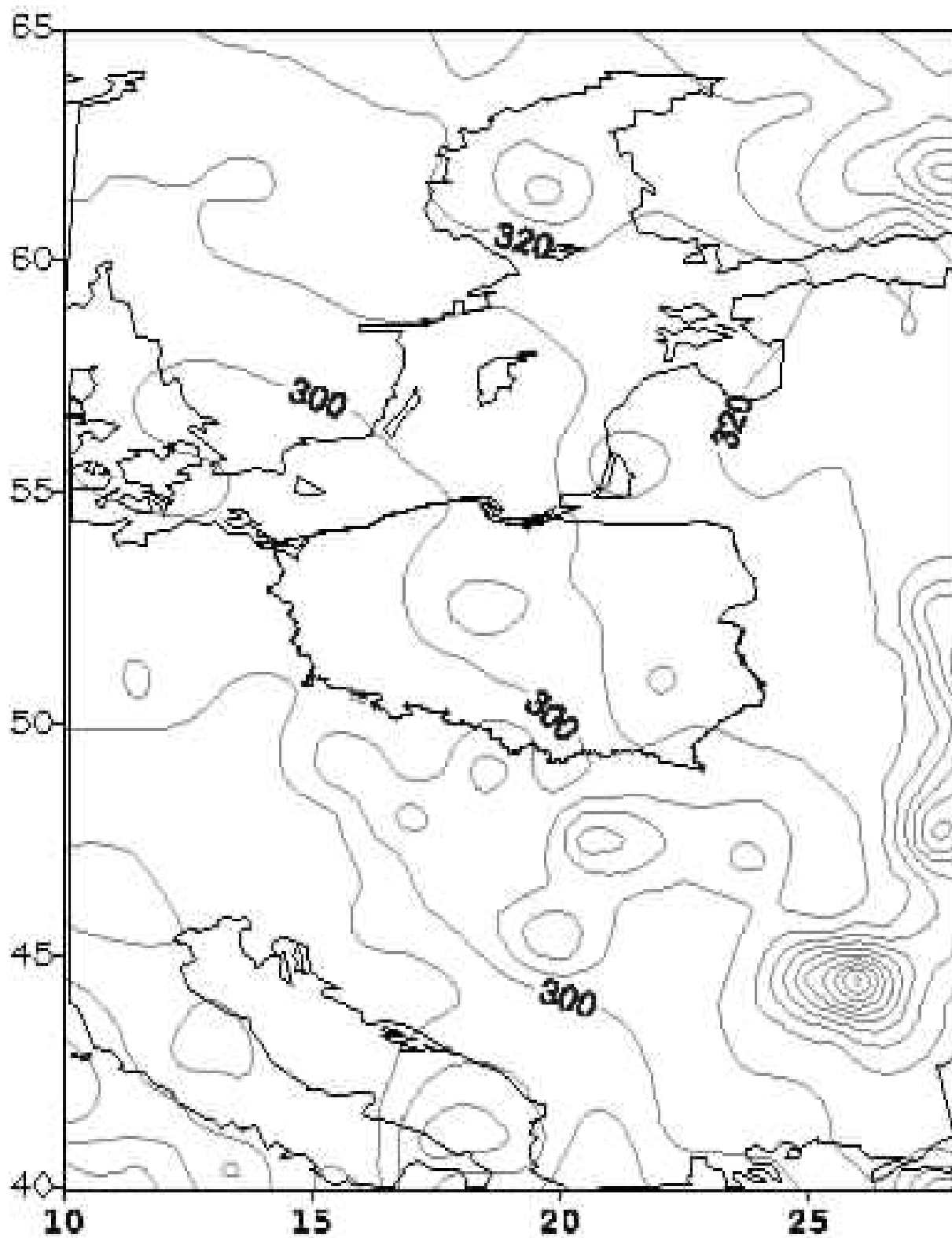
22.02.12 10:59 GMT





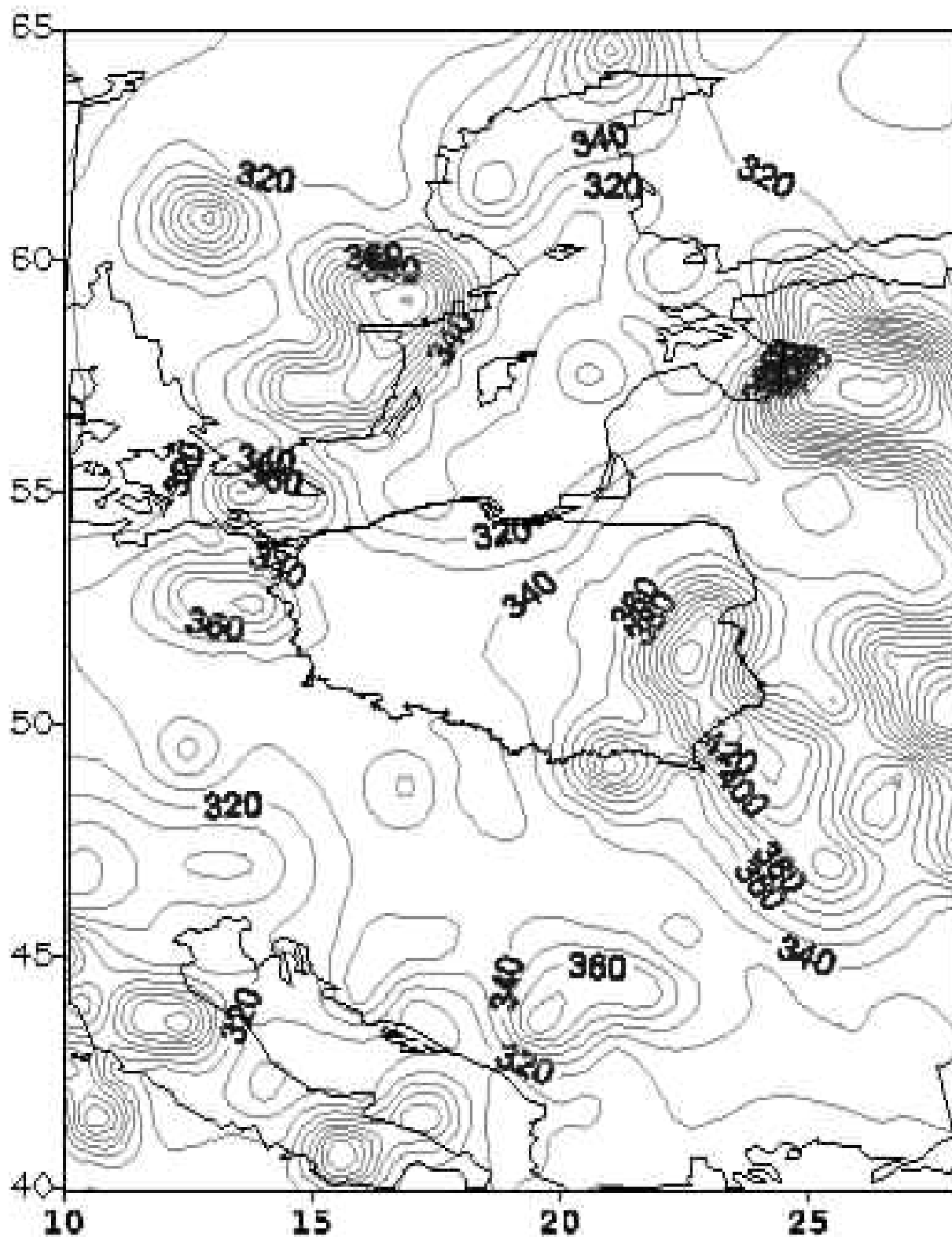
Całkowita zawartość ozonu [D]

01.03.12 01:48 GMT



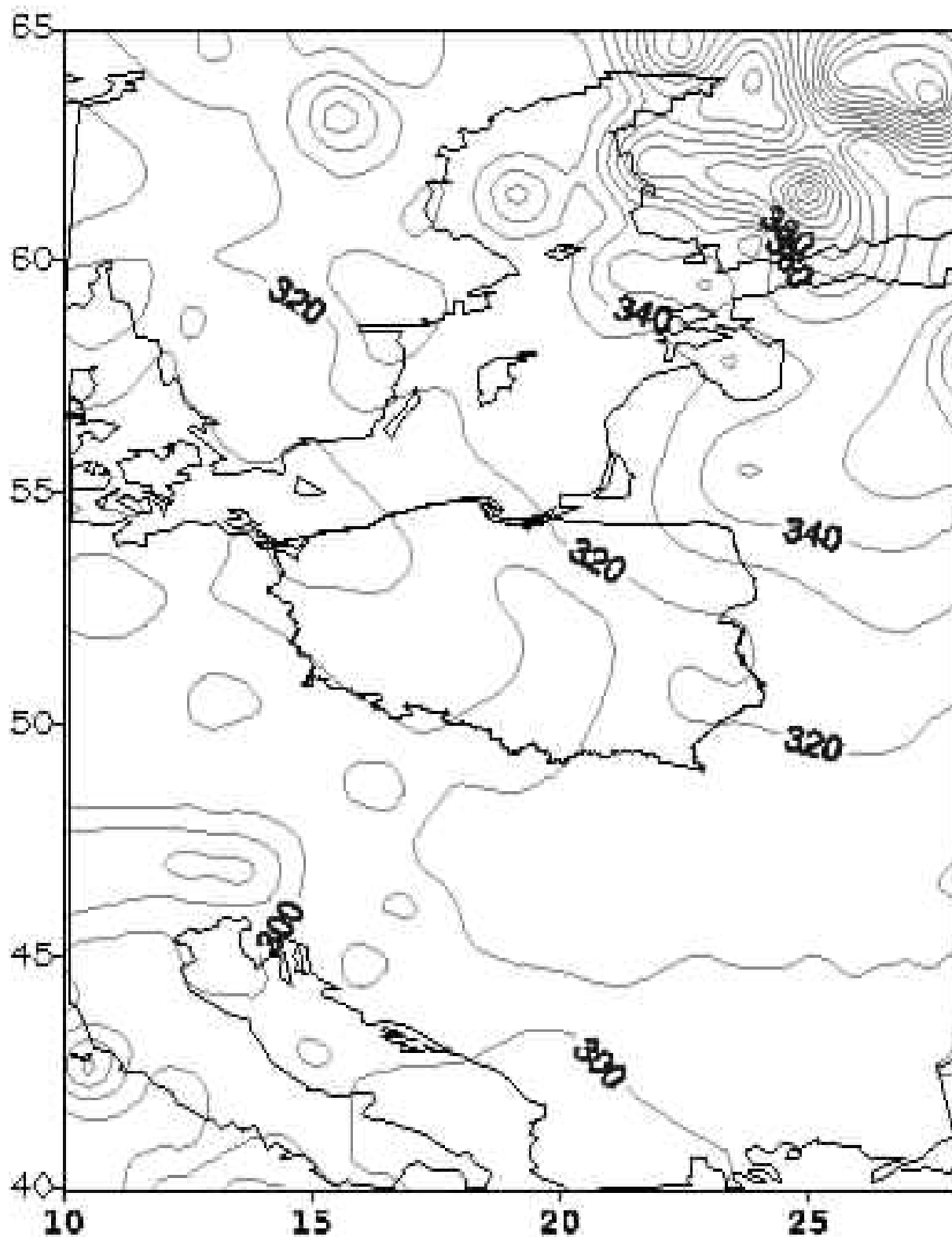
Calkowita zawartosc ozonu [D]

07.03.12 02:24 GMT



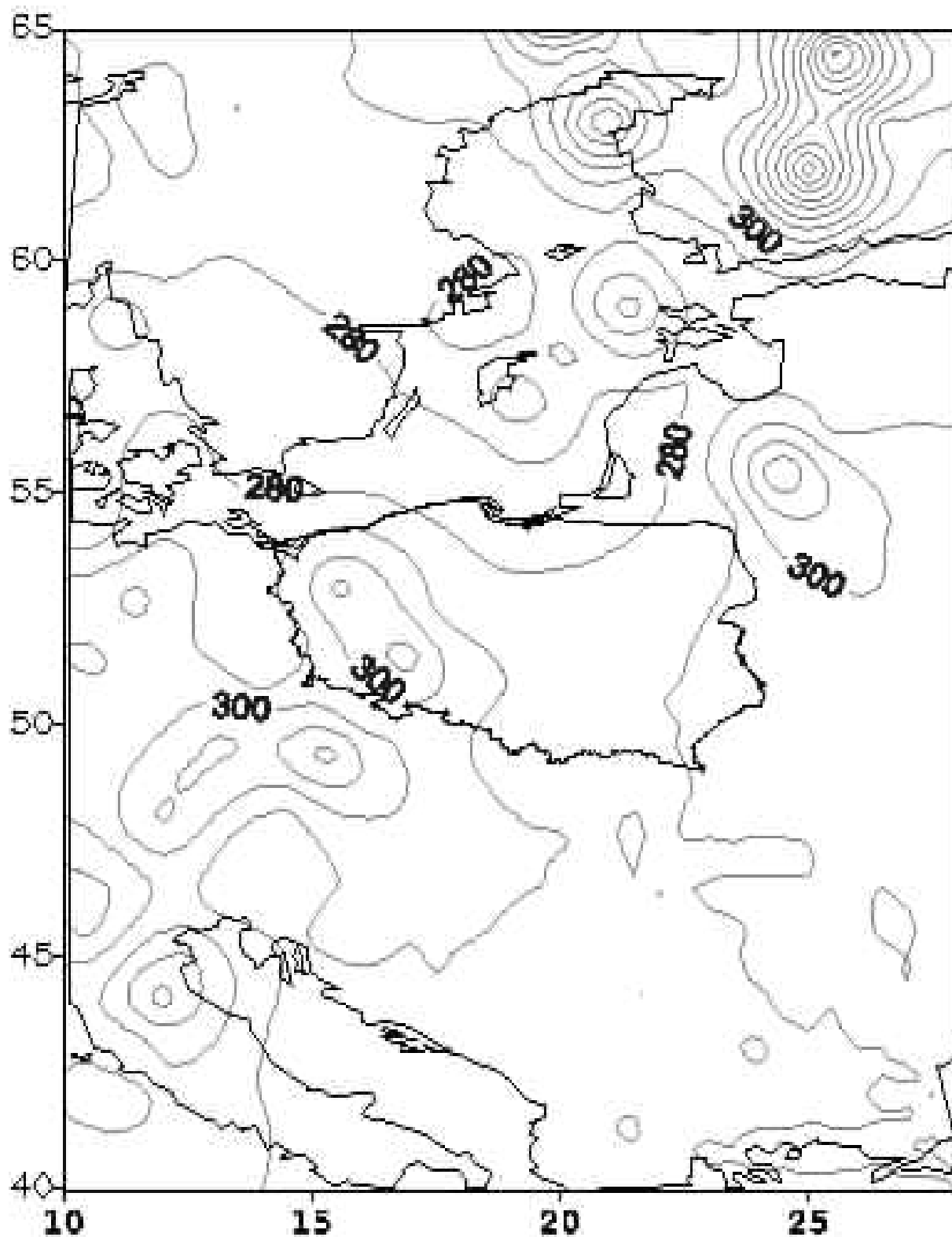
Calkowita zawartosc ozonu [D]

14.03.12 02:48 GMT



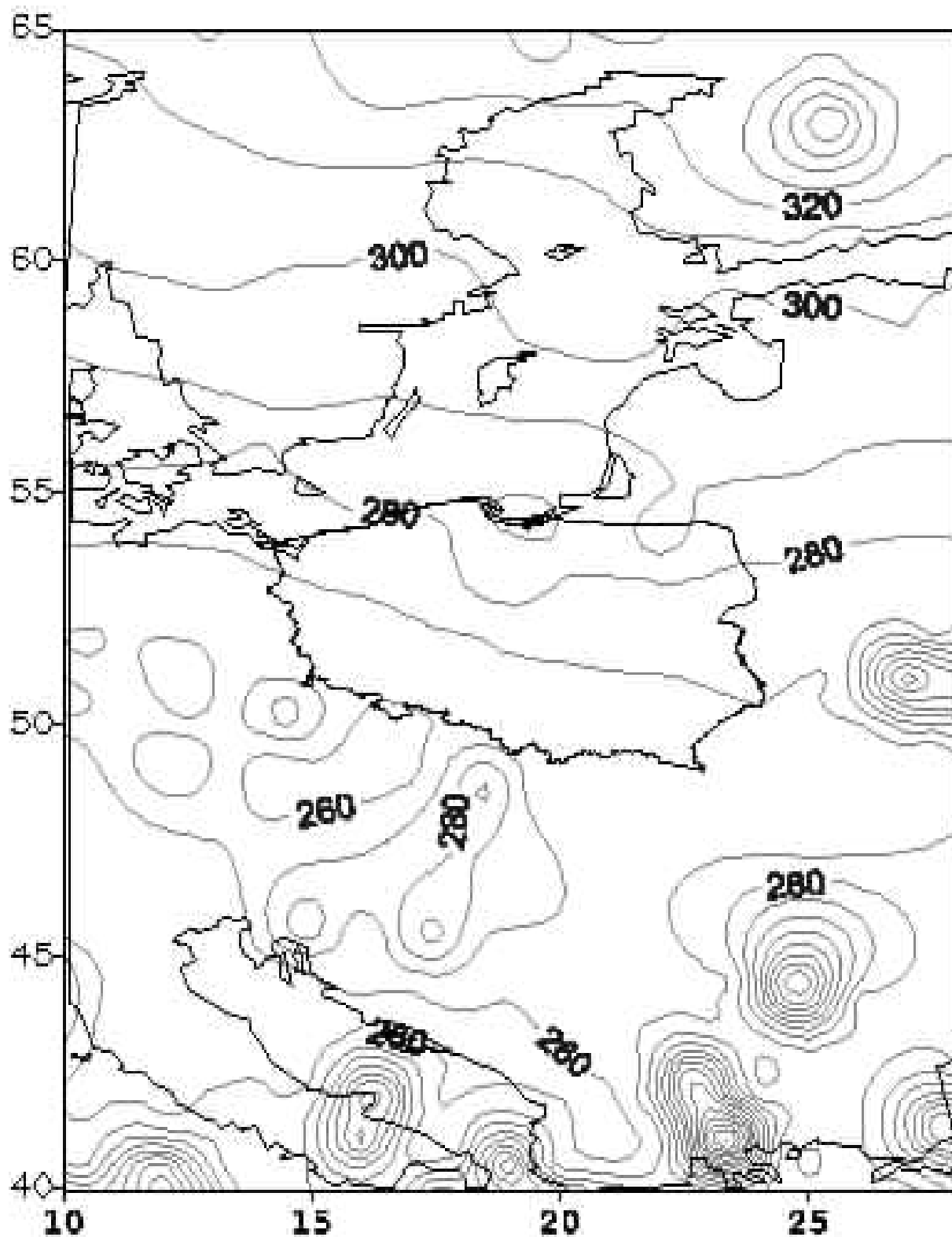
Całkowita zawartość ozonu [D]

21.03.12 03:10 GMT



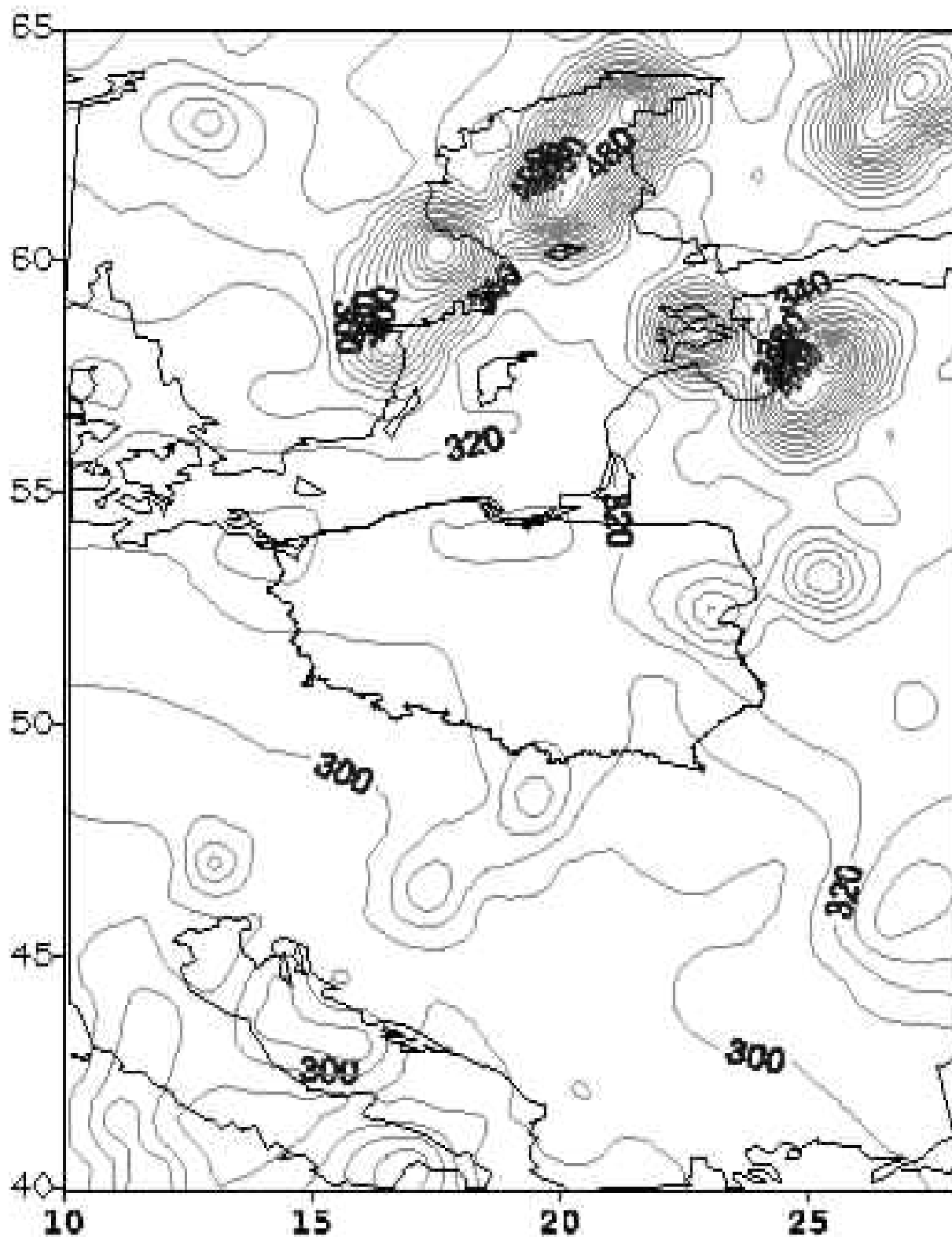
Calkowita zawartosc ozonu [D]

28.03.12 01:58 GMT



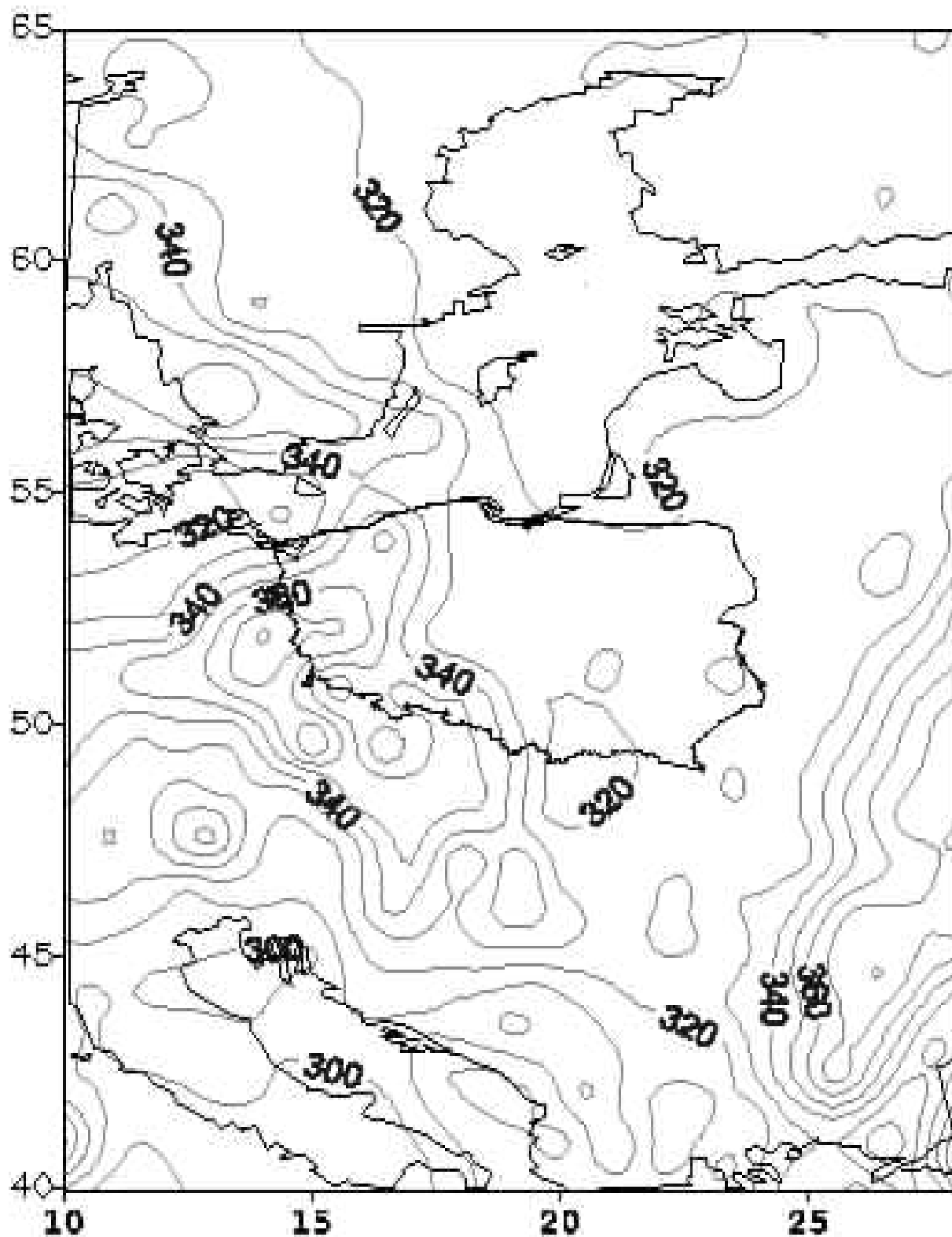
Calkowita zawartosc ozonu [D]

04.04.12 02:20 GMT



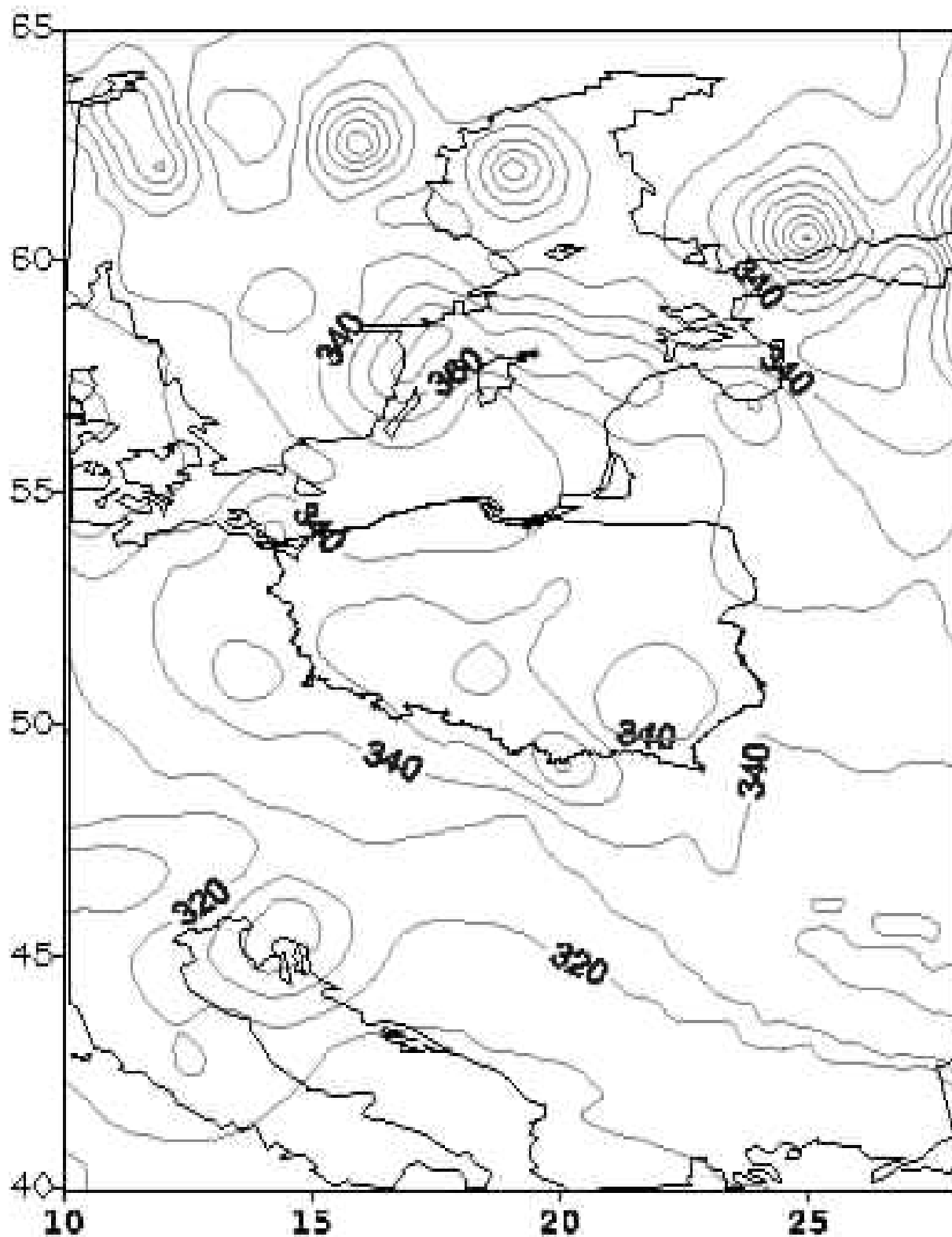
Całkowita zawartość ozonu [D]

11.04.12 00:52 GMT



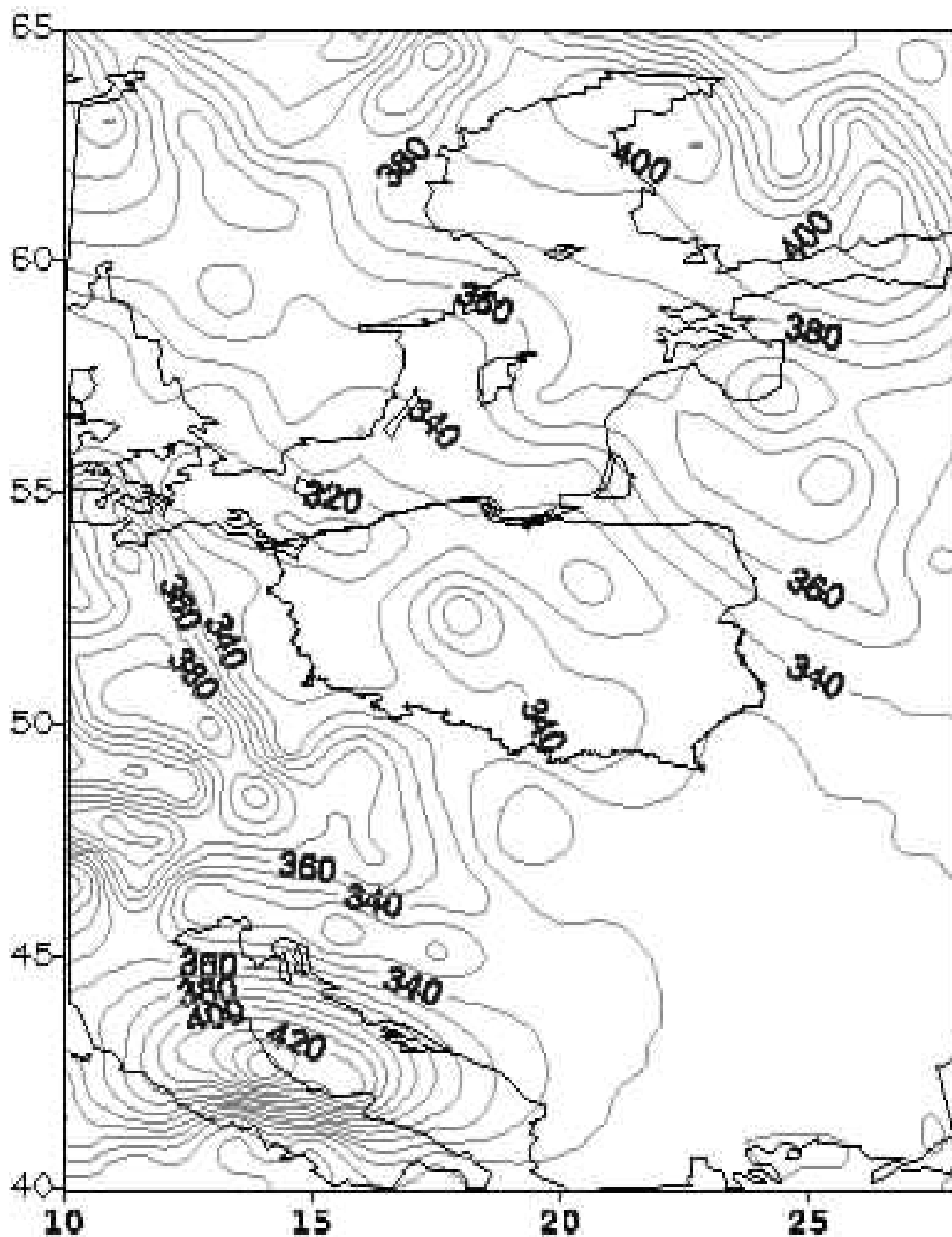
Calkowita zawartosc ozonu [D]

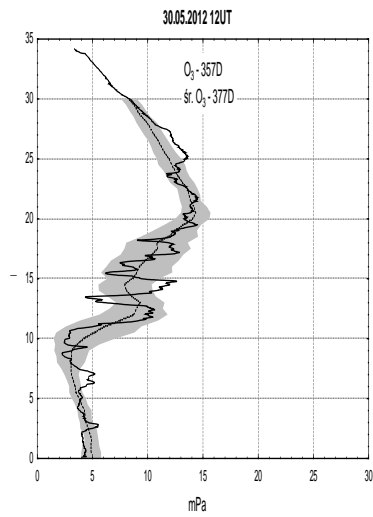
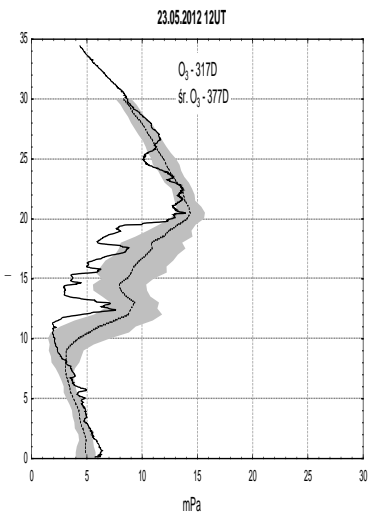
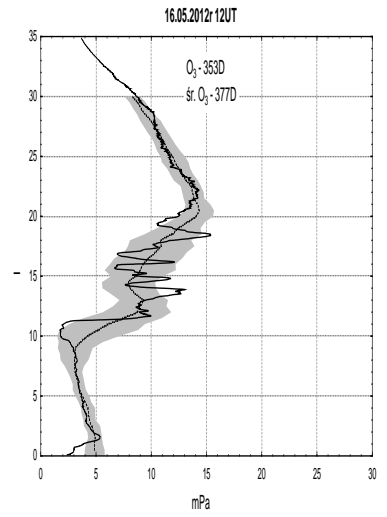
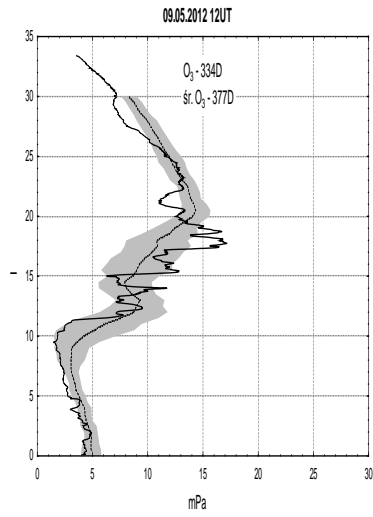
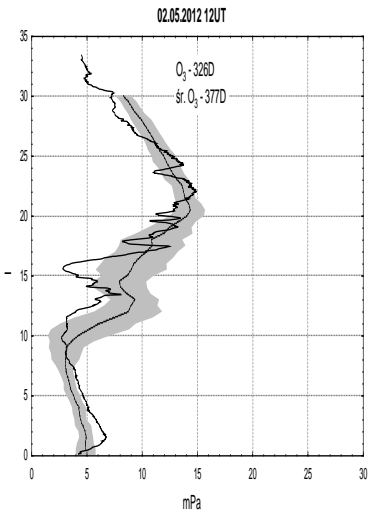
18.04.12 03:09 GMT



Calkowita zawartosc ozonu [D]

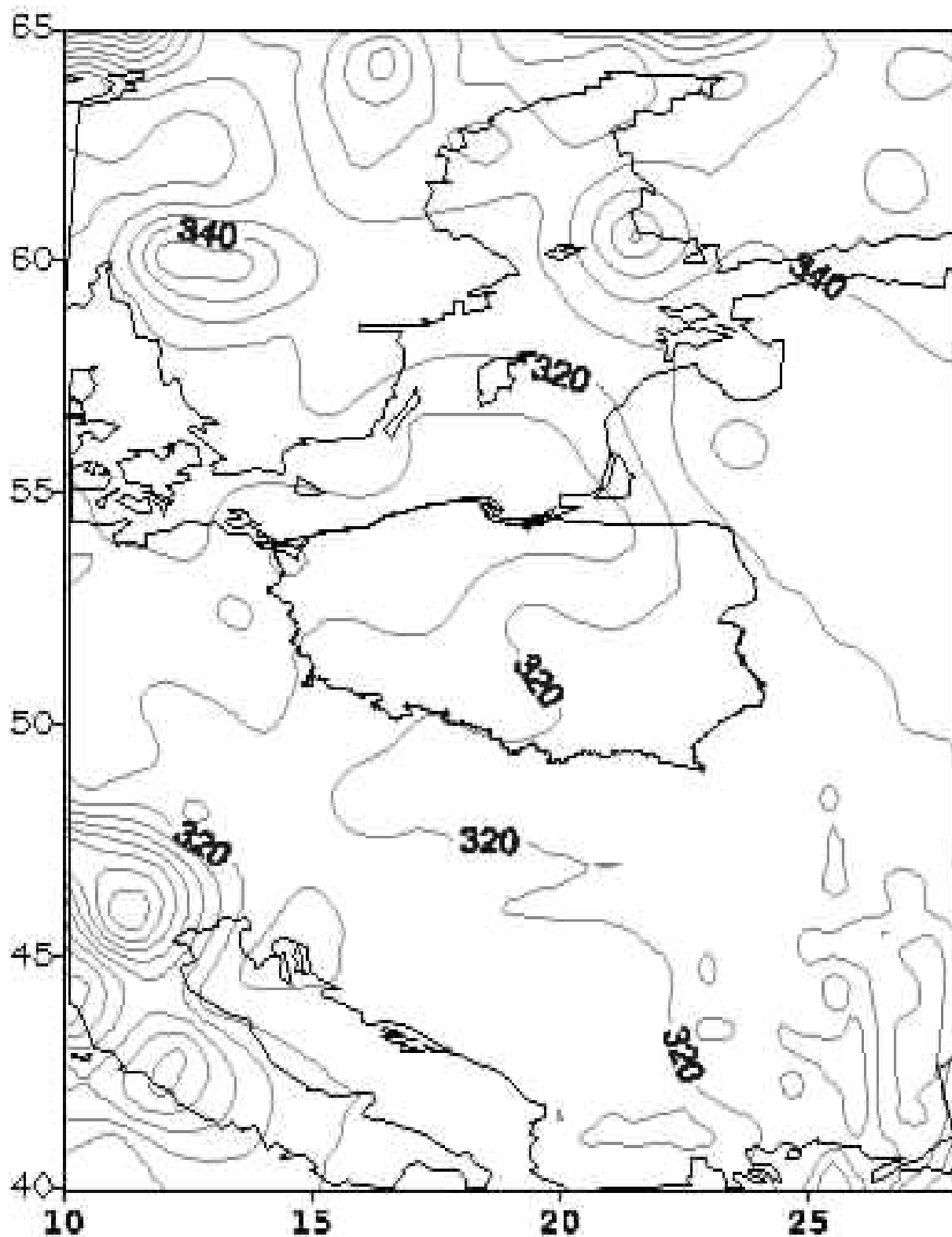
25.04.12 01:48





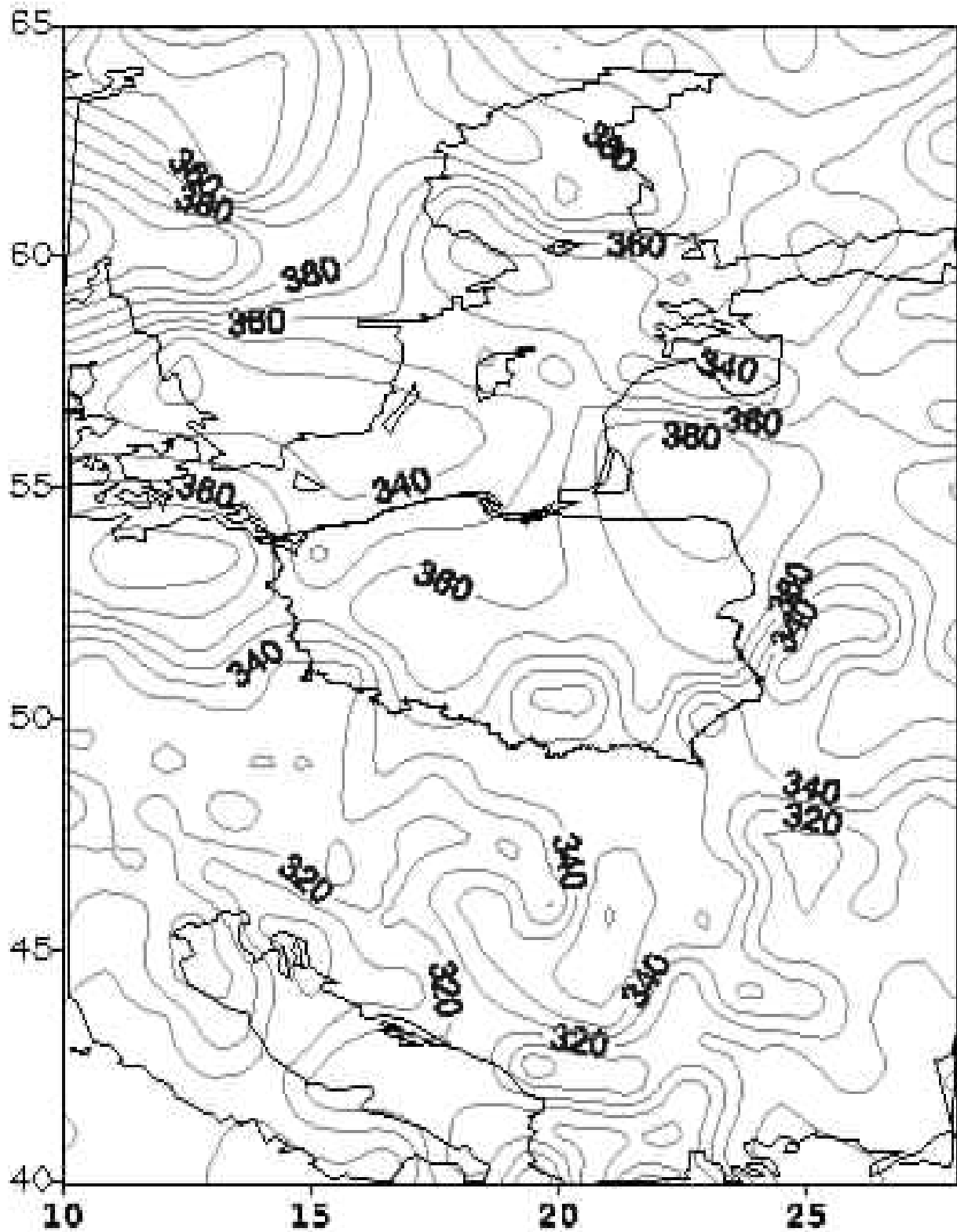
Calkowita zawartosc ozonu [D]

02.05.12 02:13 GMT



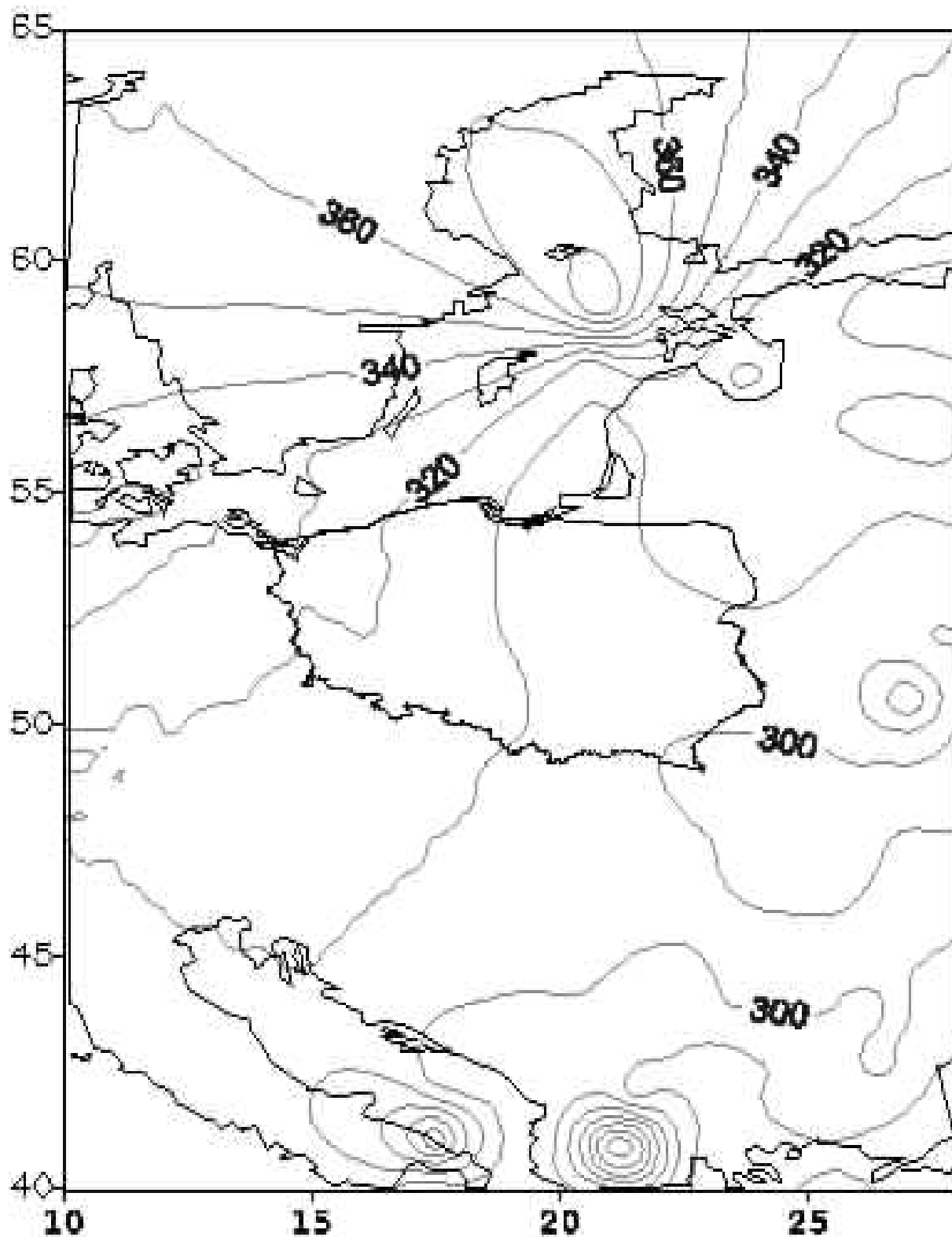
Całkowita zawartość ozonu [D]

09.05.12 00:57 GMT



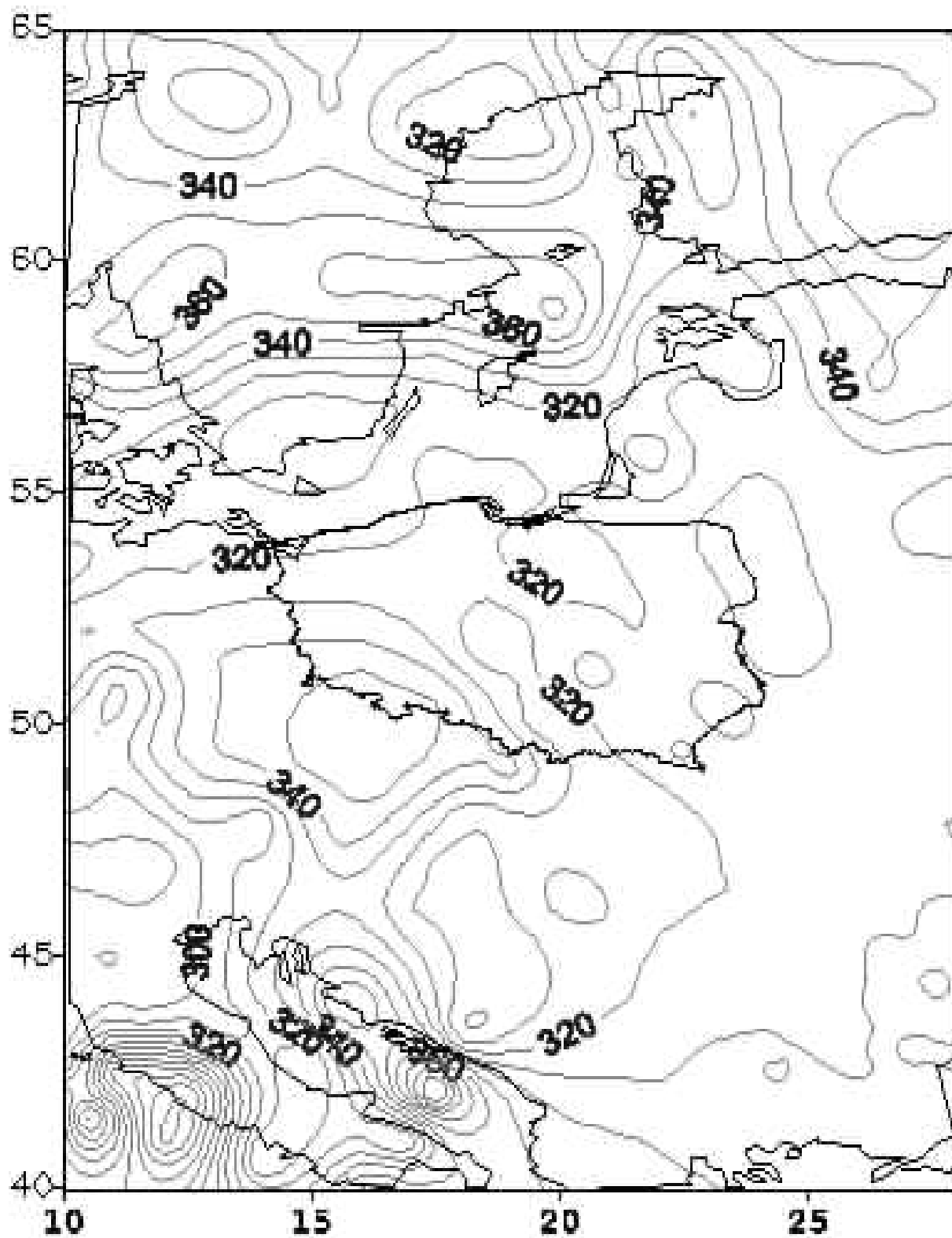
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.05.12 01:21 GMT



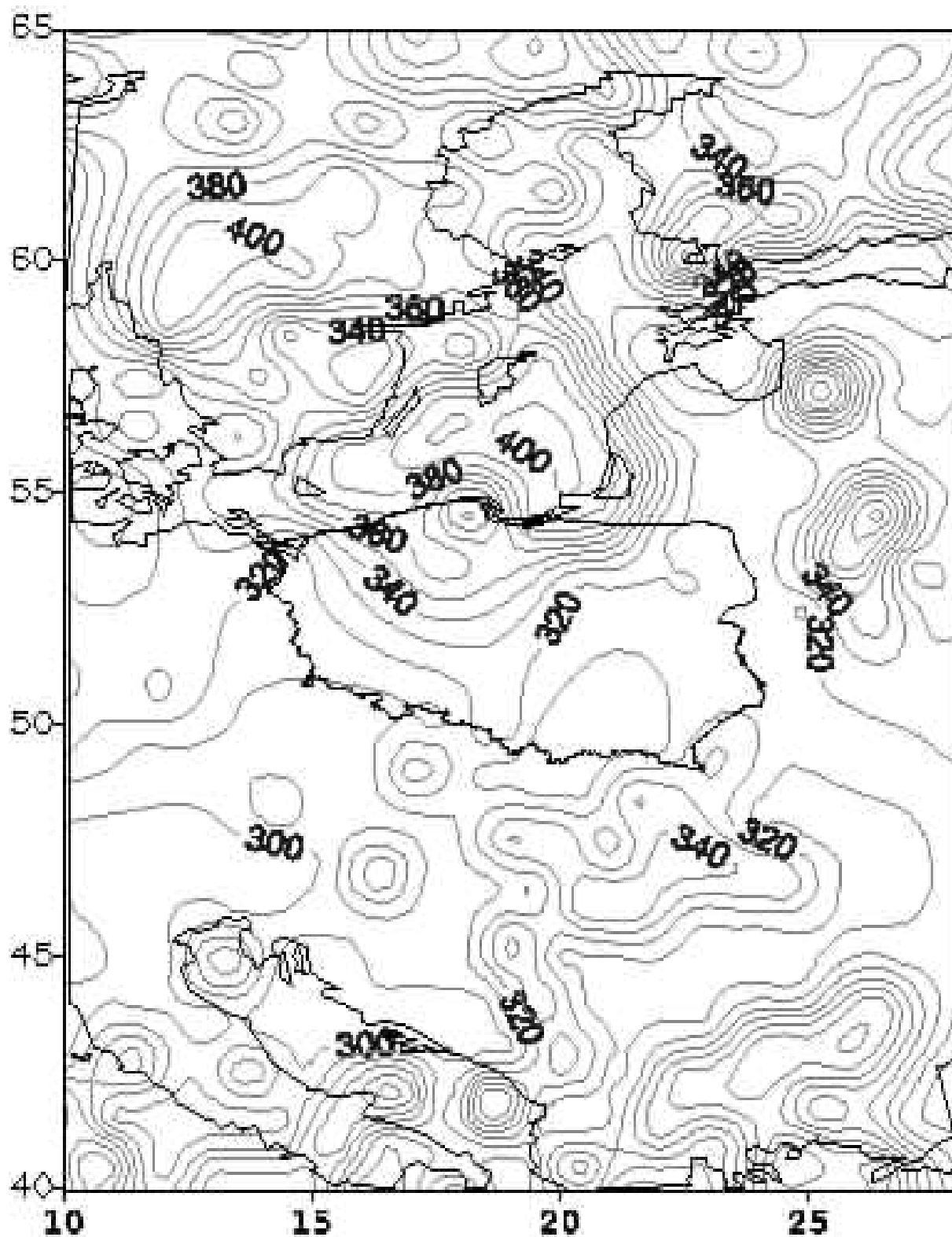
Calkowita zawartosc ozonu [D]

23.05.12 01:47 GMT



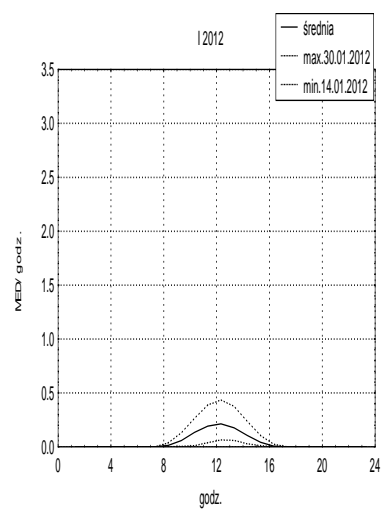
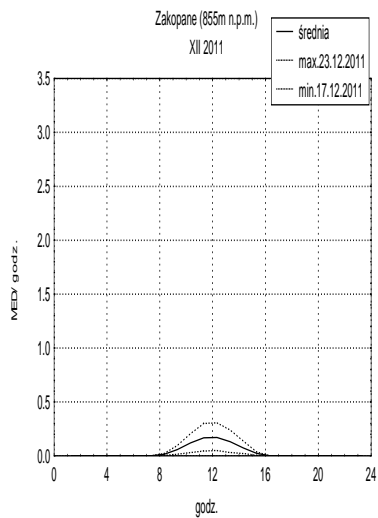
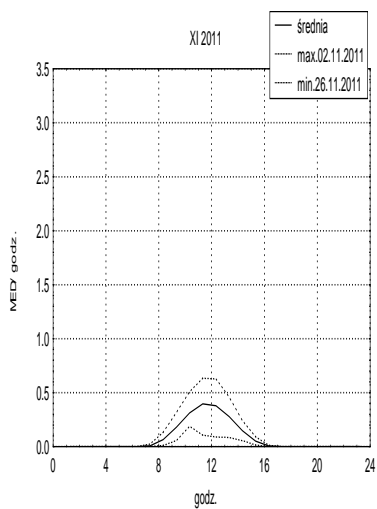
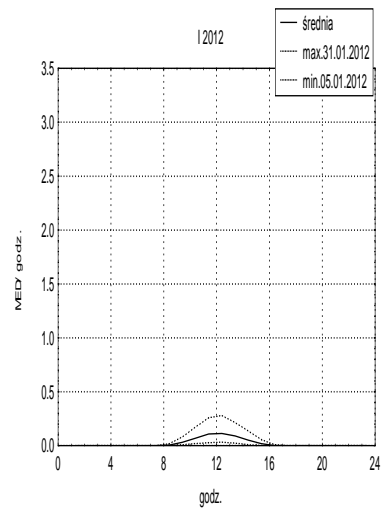
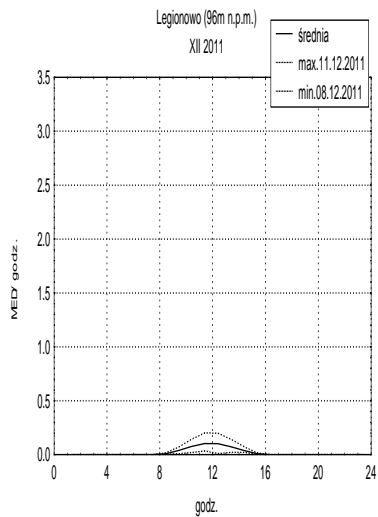
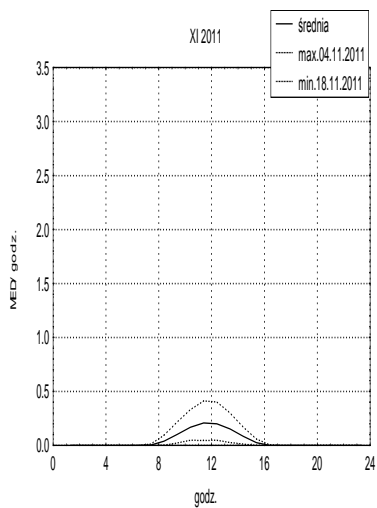
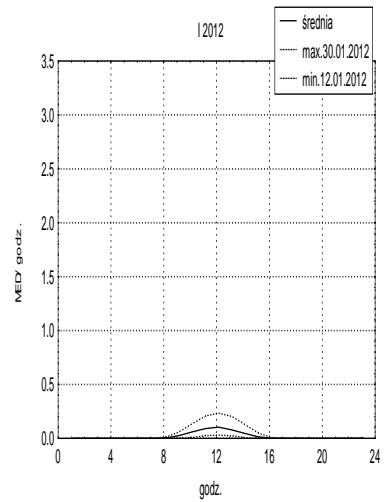
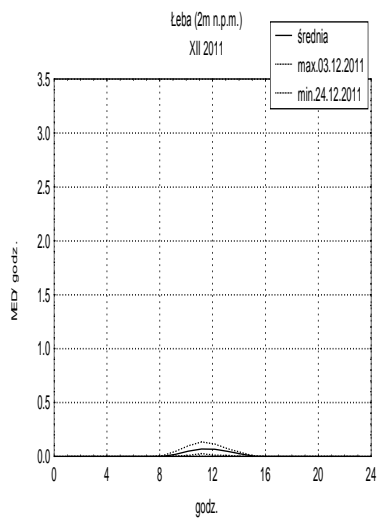
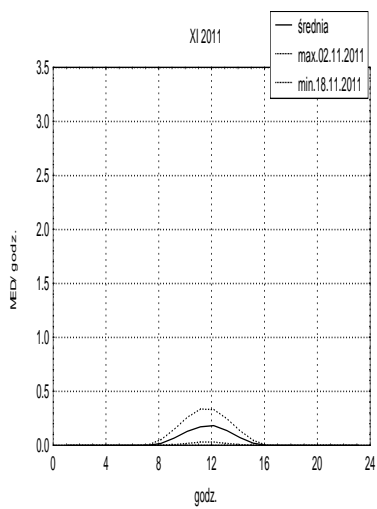
Calkowita zawartosc ozonu [D]

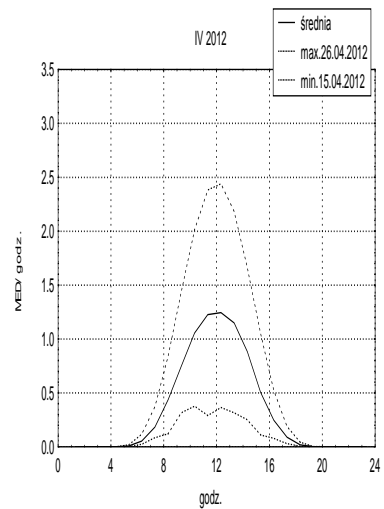
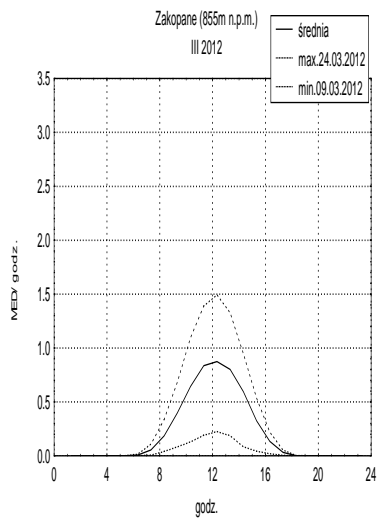
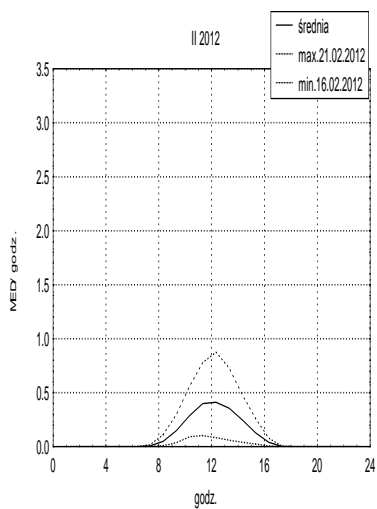
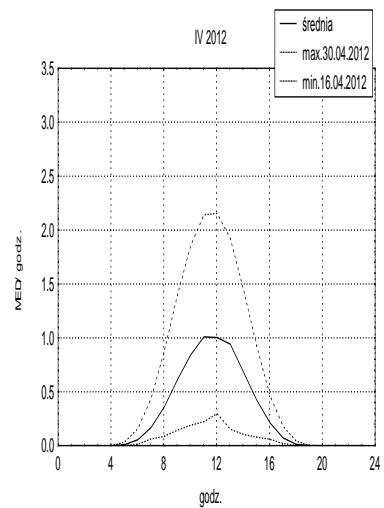
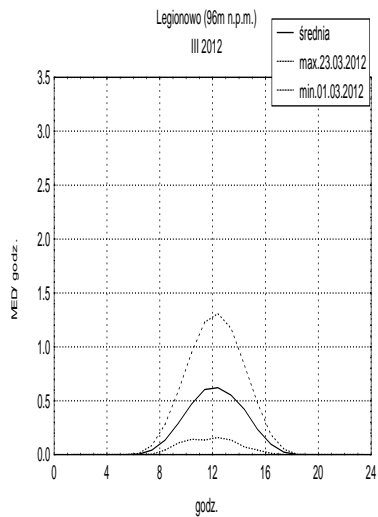
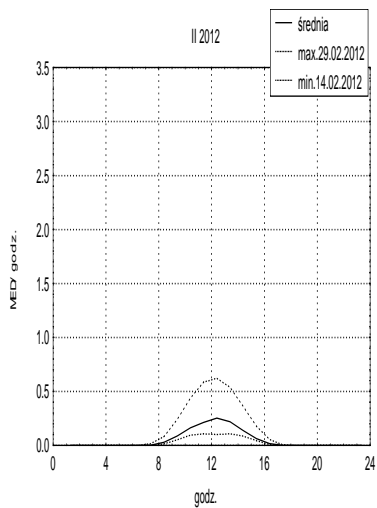
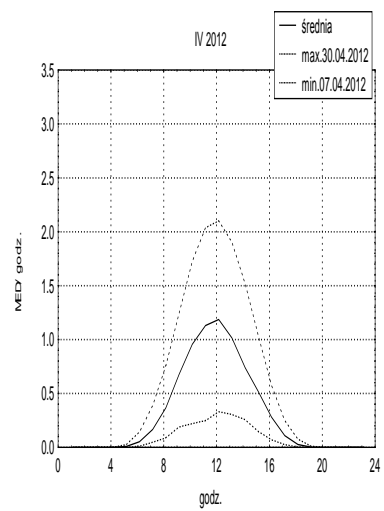
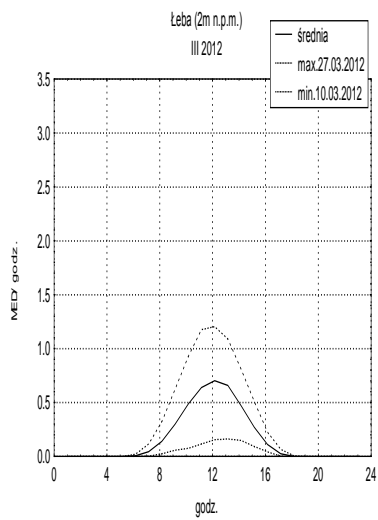
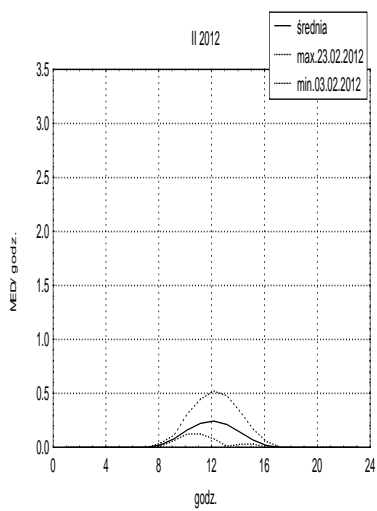
30.05.12 02:12 GMT

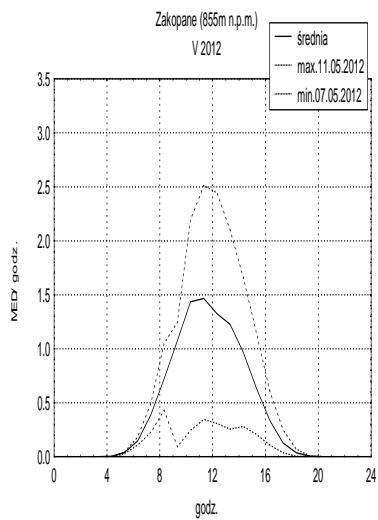
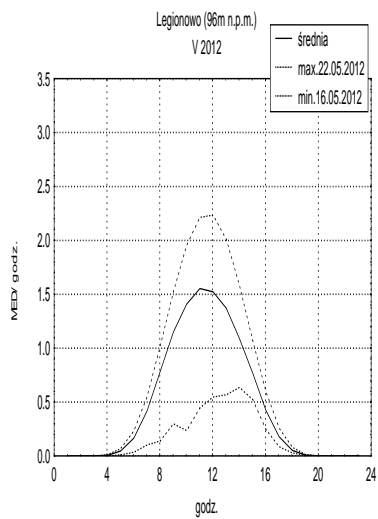
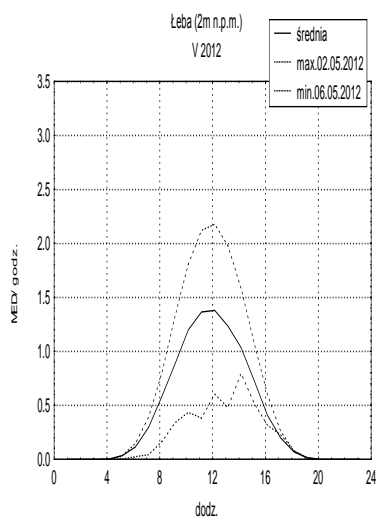


ZAŁĄCZNIK 3

DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY
LISTOPAD 2011 R. – MAJ 2012 R.
(ŚREDNIE, MAKSYMALNE I MINIMALNE).

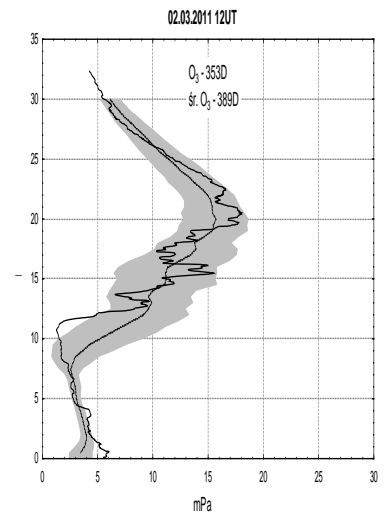
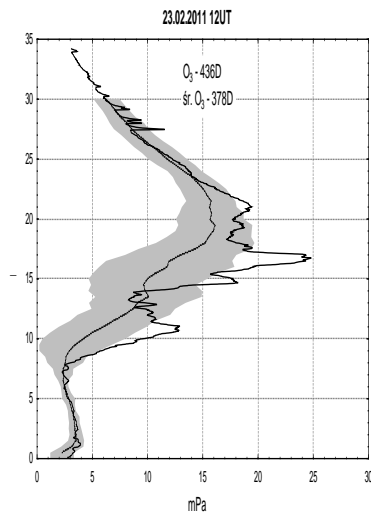
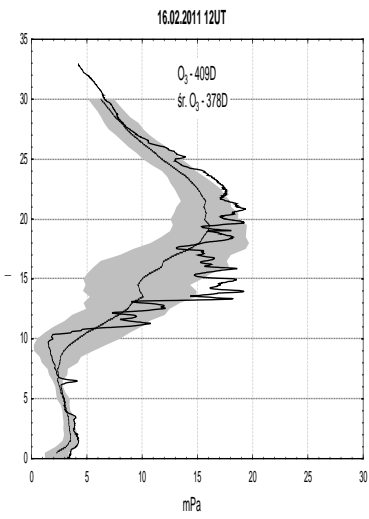
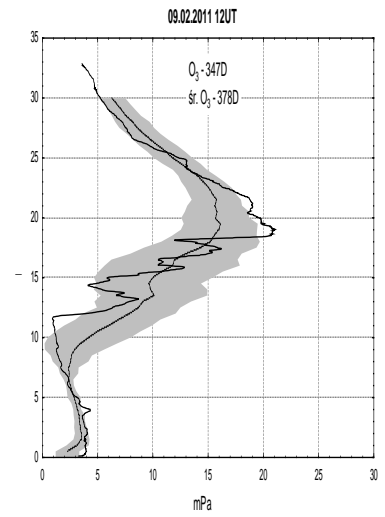
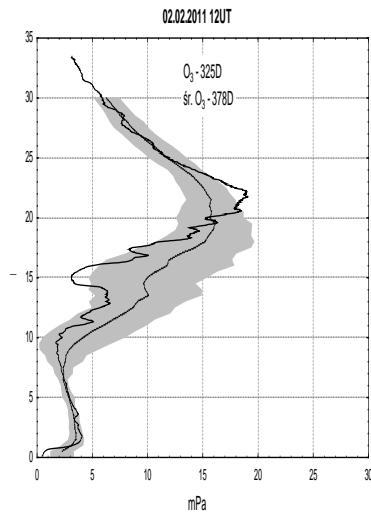
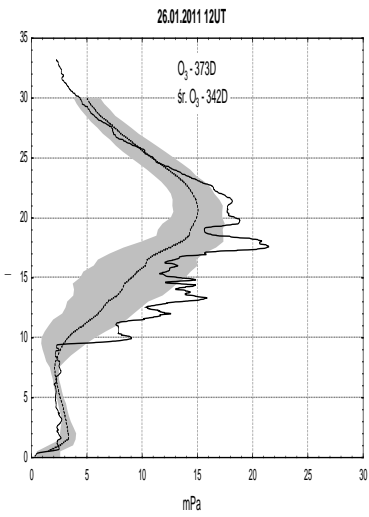
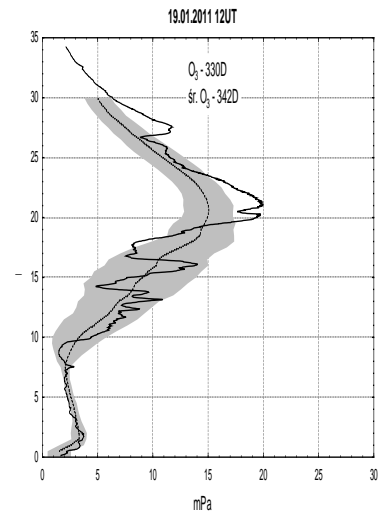
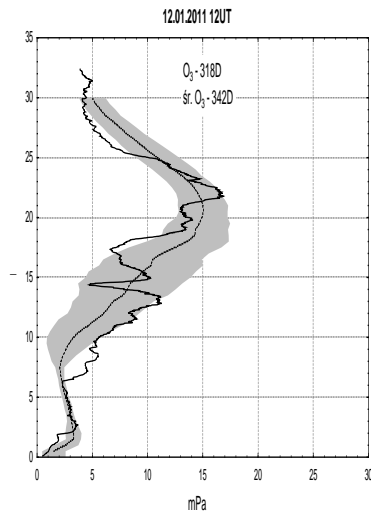
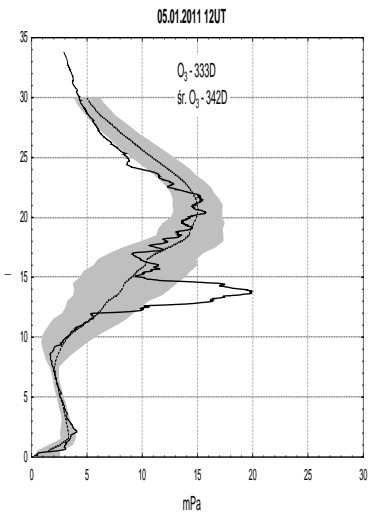






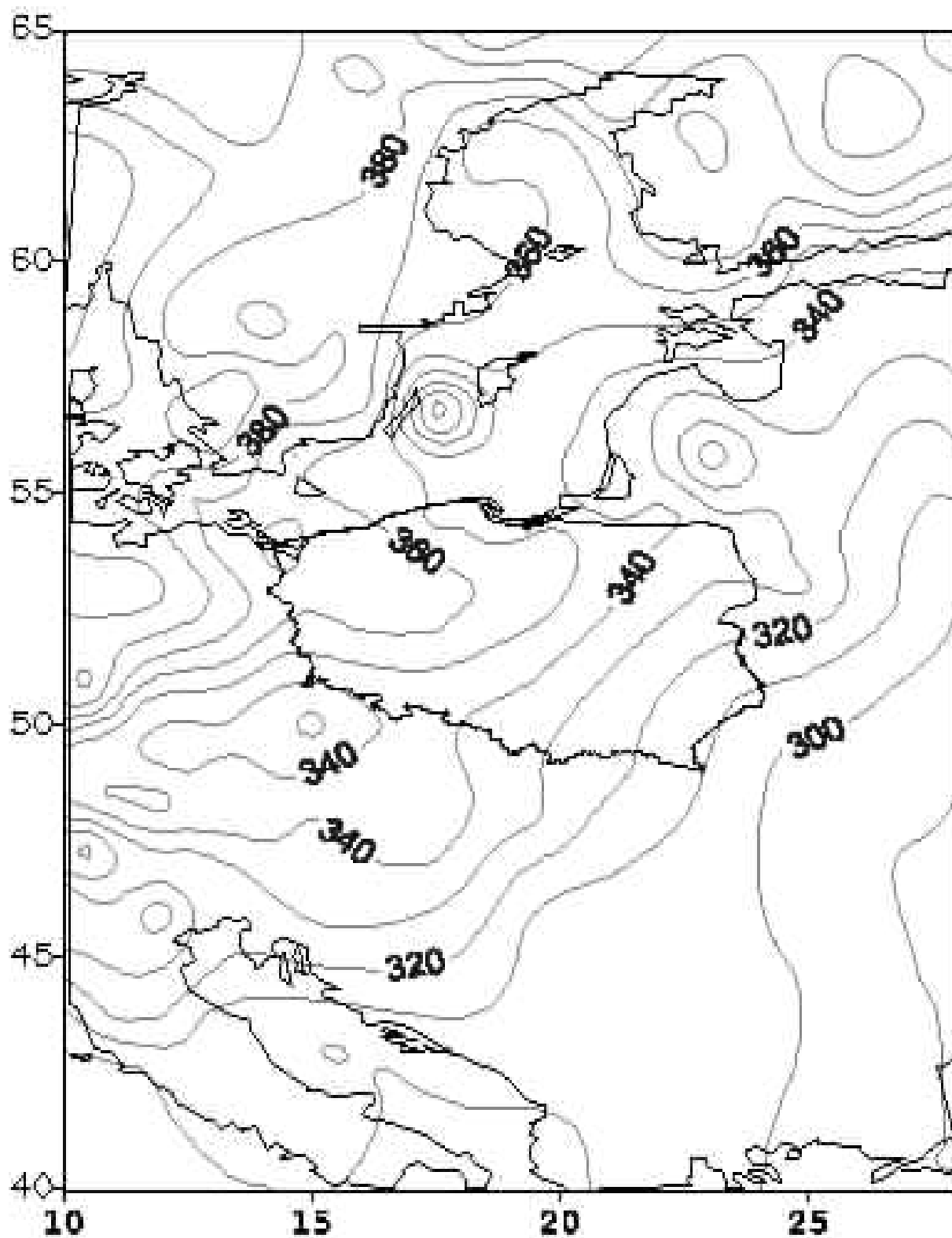
ZAŁĄCZNIK 4

PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH
W OKRESIE 1.01 DO 31.12.2011 R. I ODPOWIADAJĄCE IM
SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU
W ATMOSFERZE.



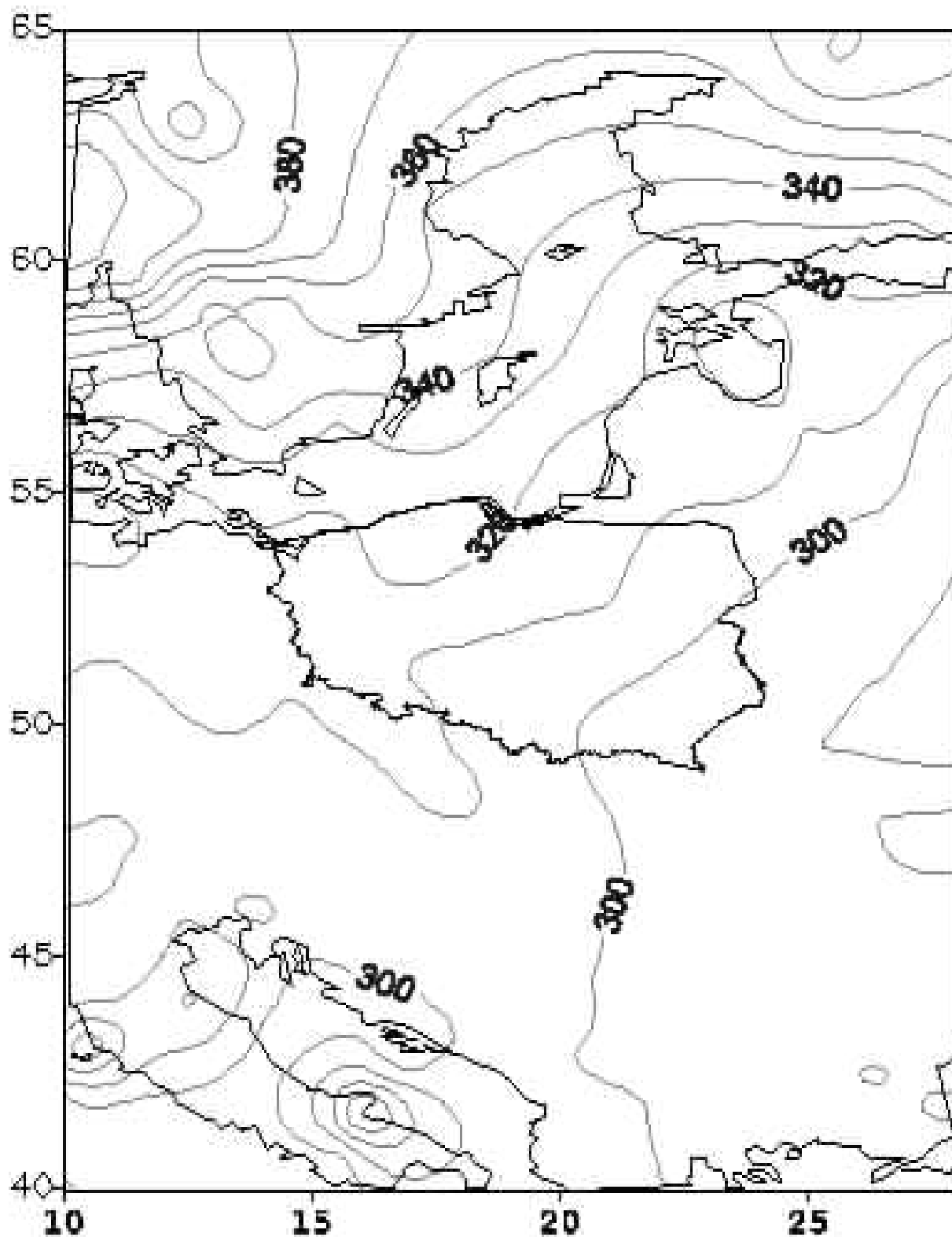
Calkowita zawartosc ozonu [D]

05.01.11 02:00 GMT



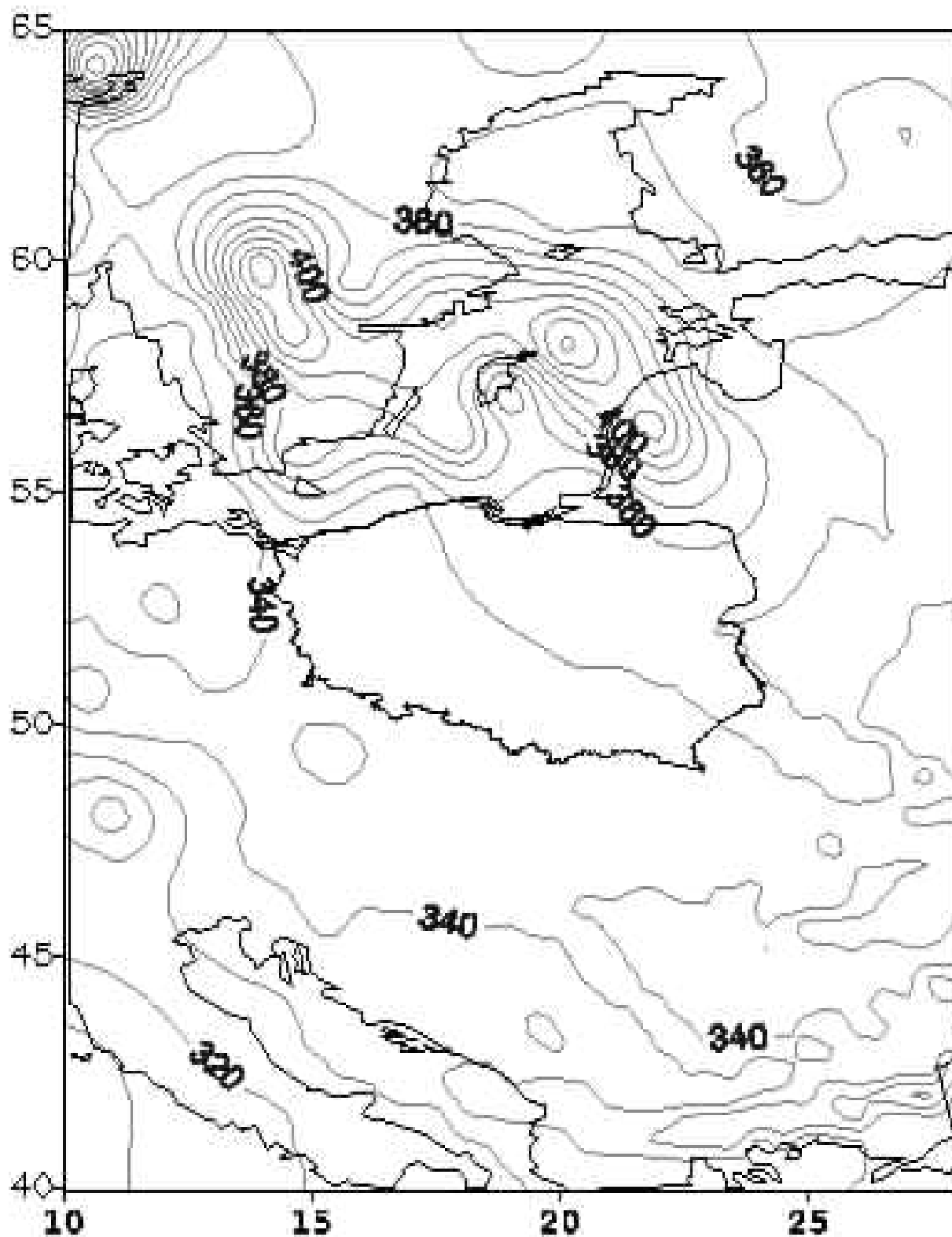
Calkowita zawartosc ozonu [D]

12.01.11 02:27 GMT



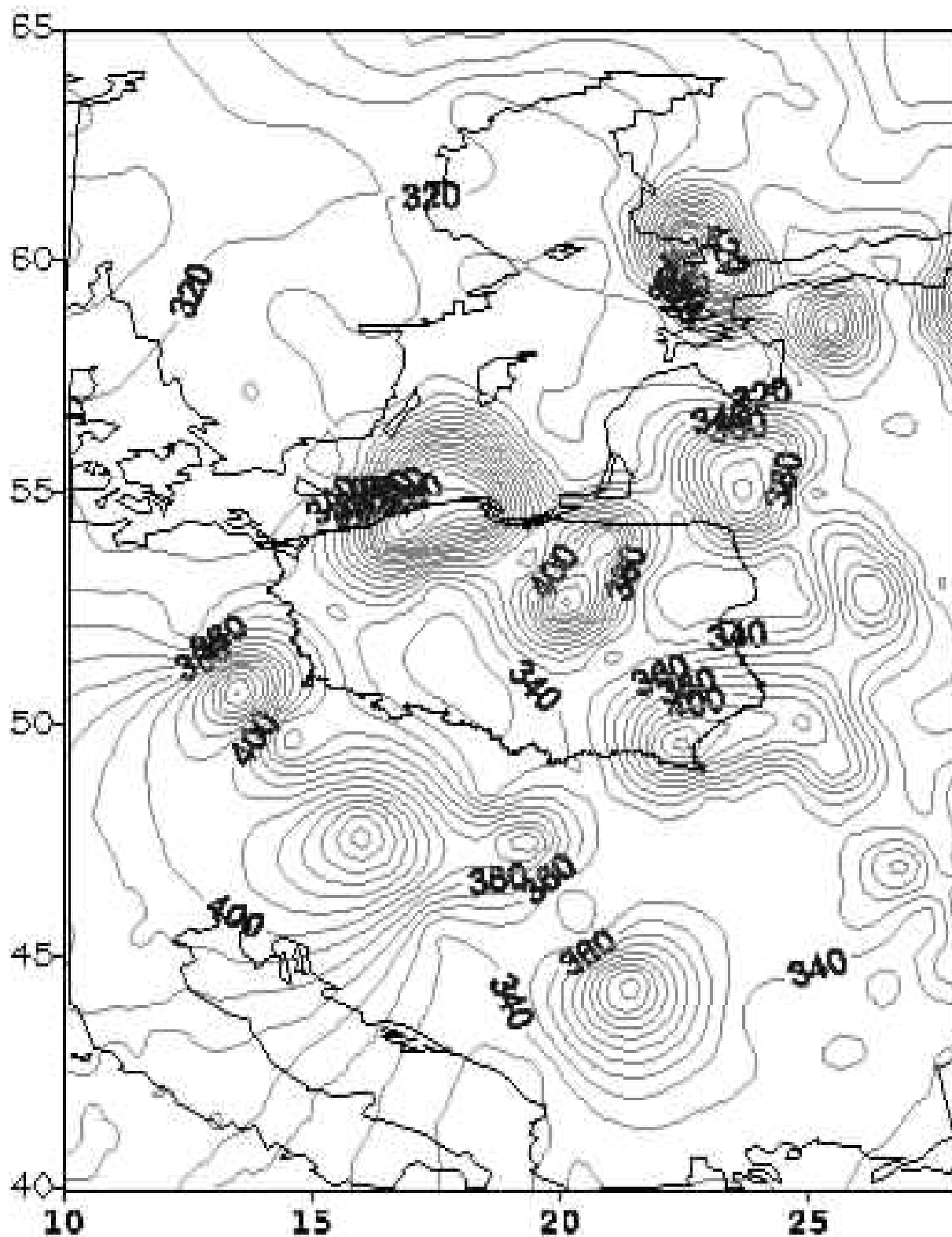
Calkowita zawartosc ozonu [D]

19.01.11 02:52 GMT



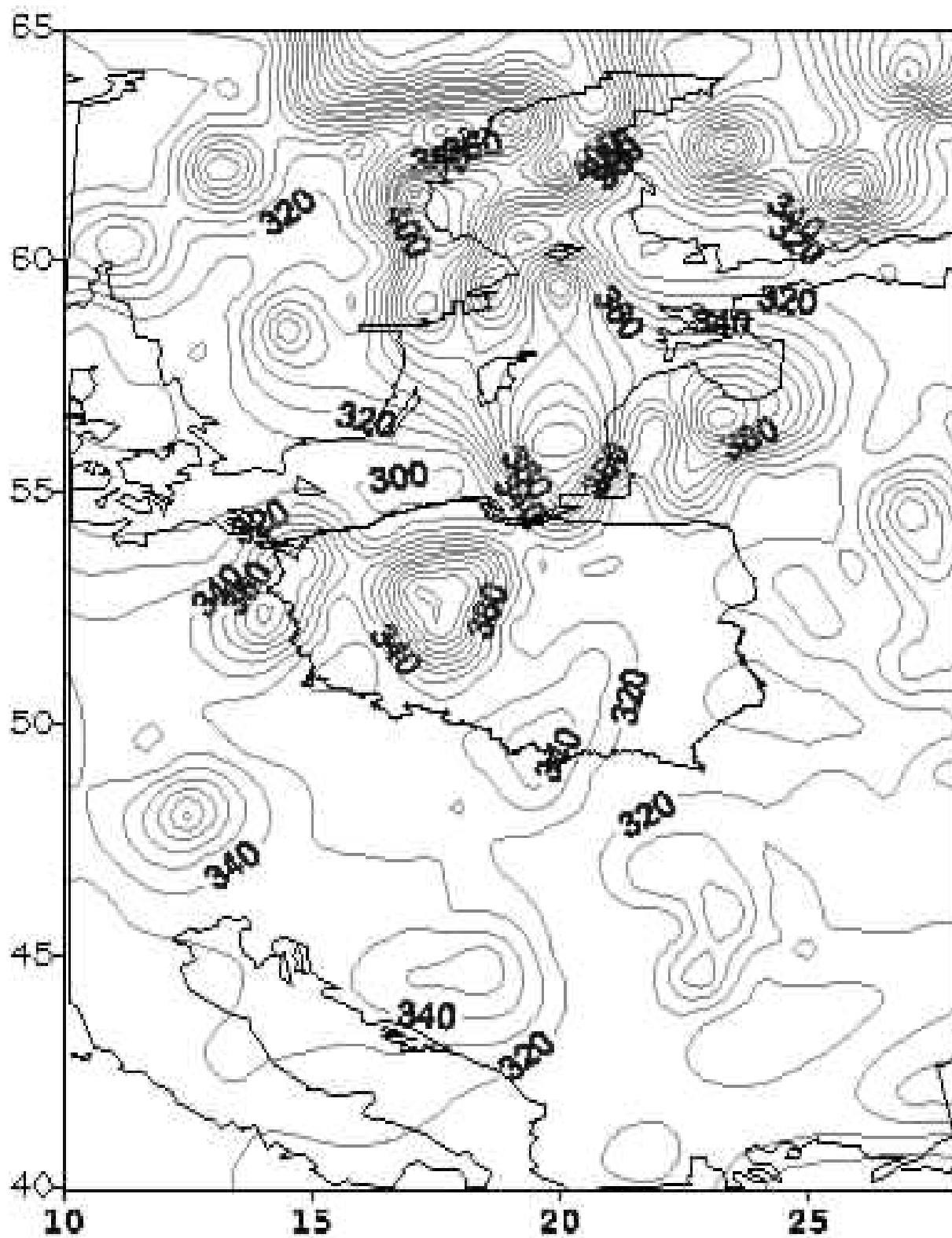
Calkowita zawartosc ozonu [D]

28.01.11 11:30 GMT



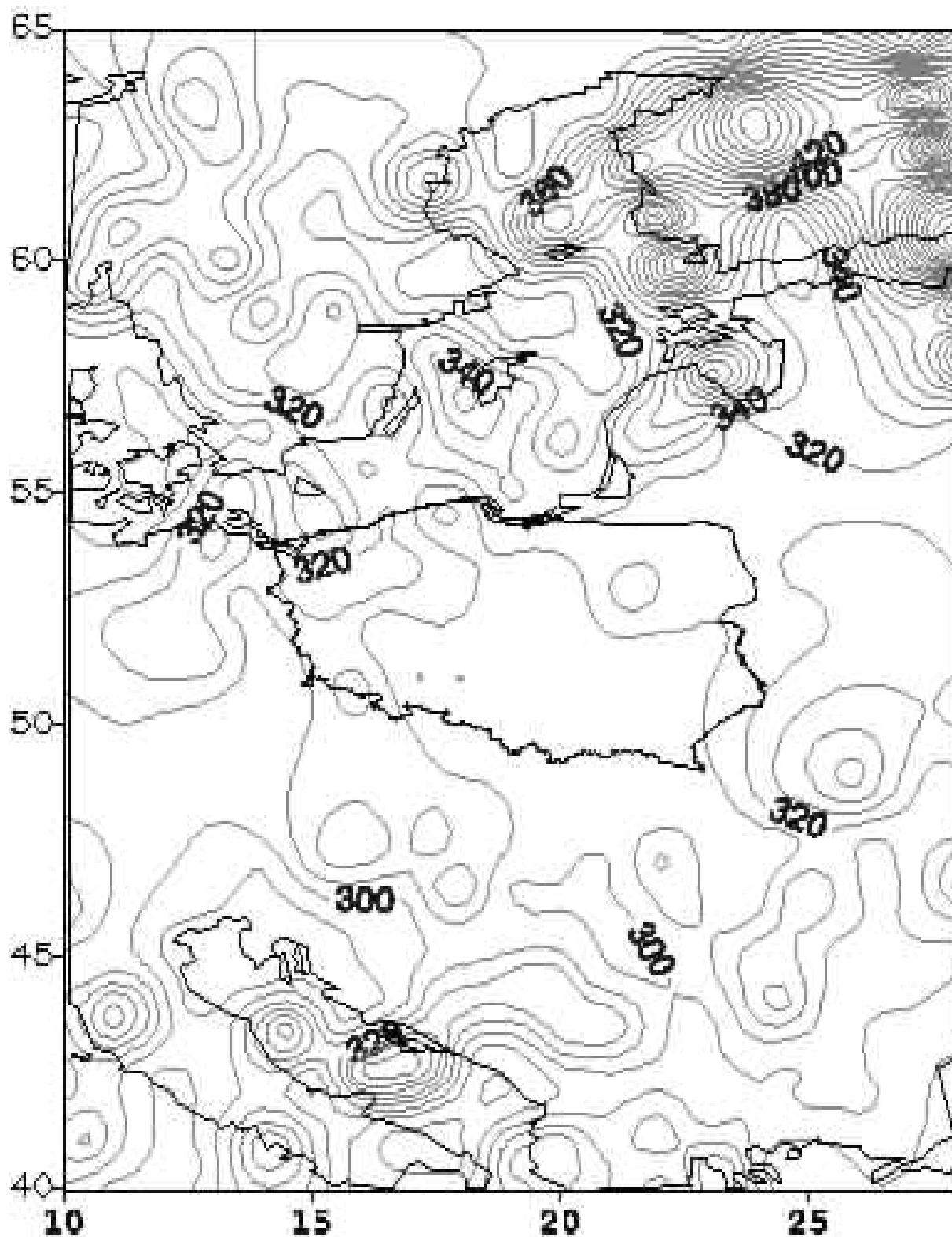
Calkowita zawartosc ozonu [D]

02.02.11 11:55 GMT



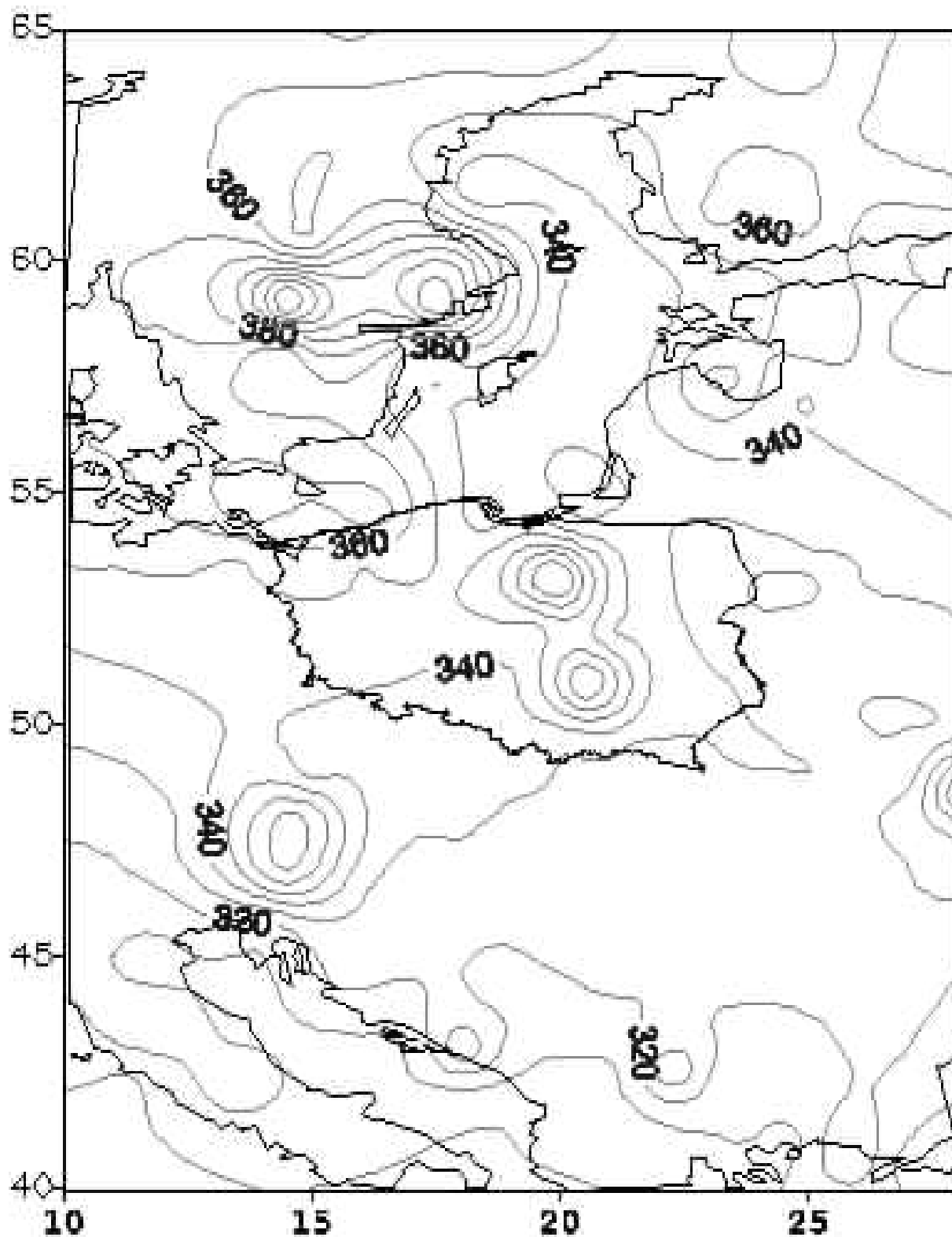
Całkowita zawartość ozonu [D]

09.02.11 12:21 GMT



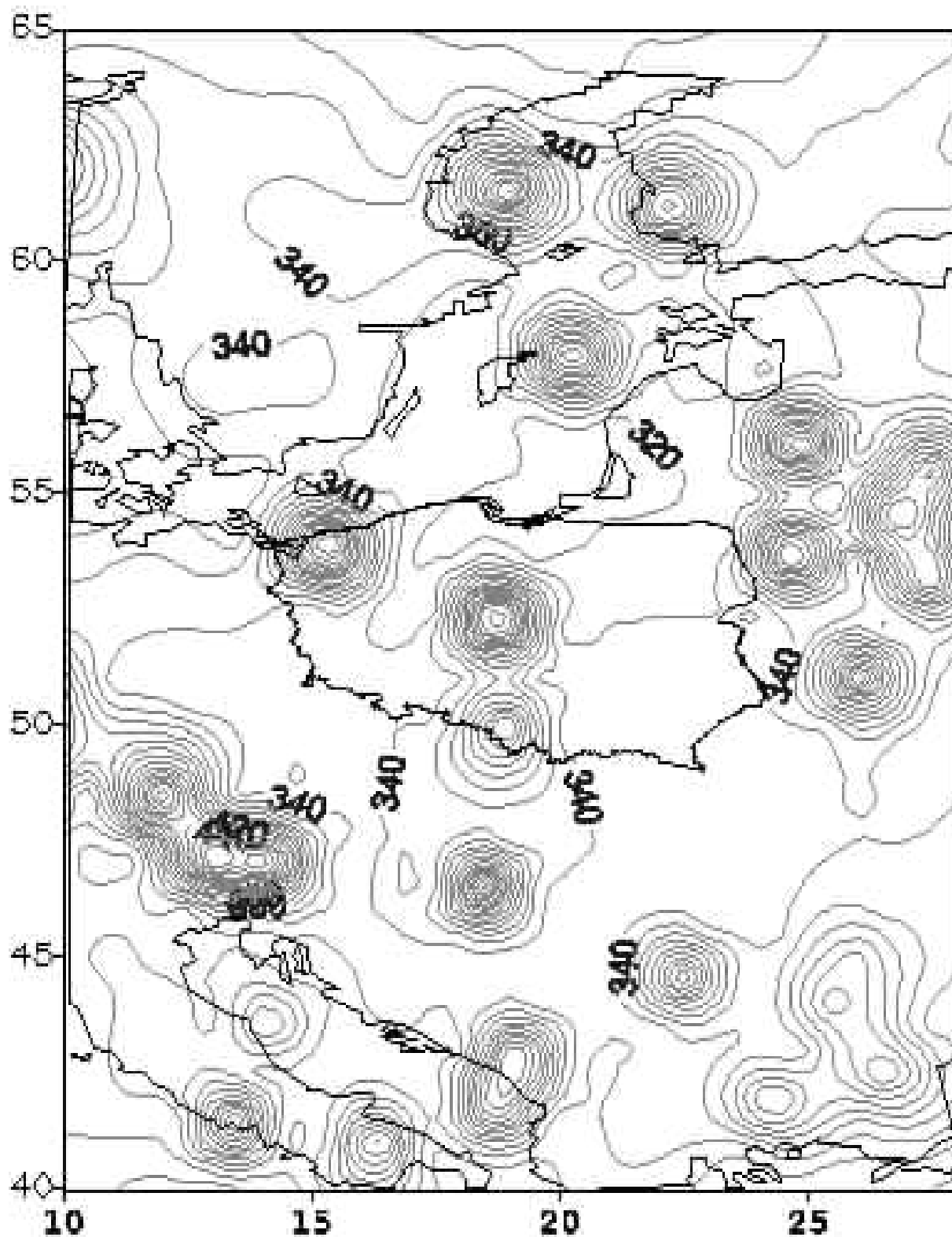
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.02.11 01:13 GMT



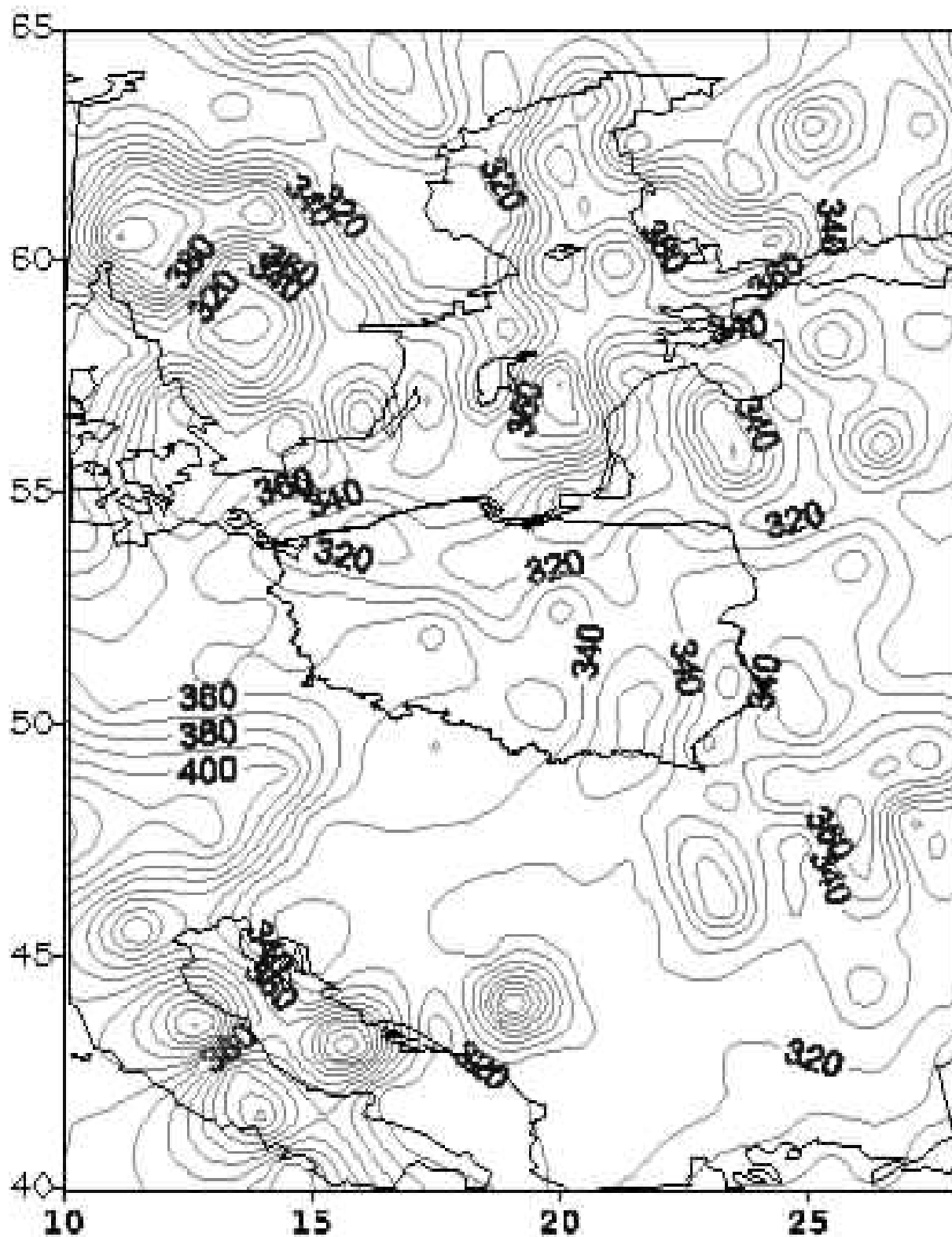
Calkowita zawartosc ozonu [D]

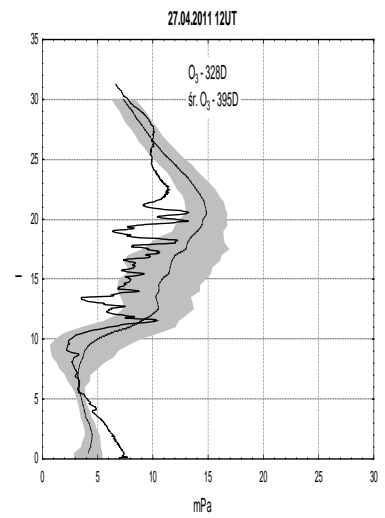
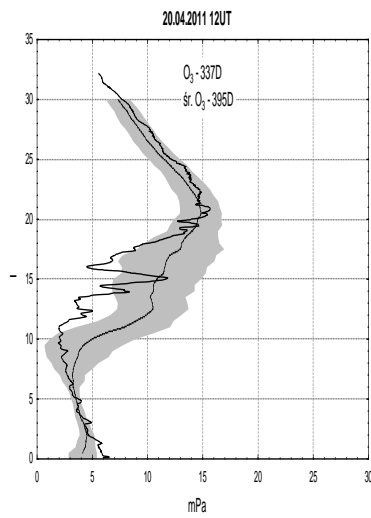
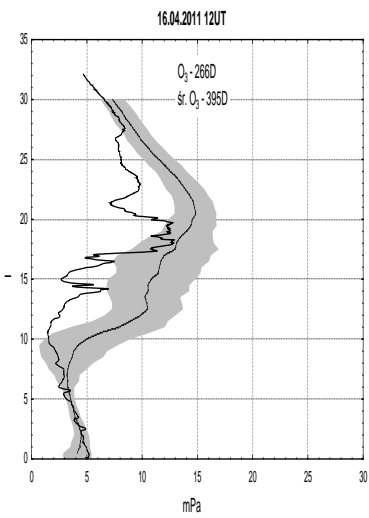
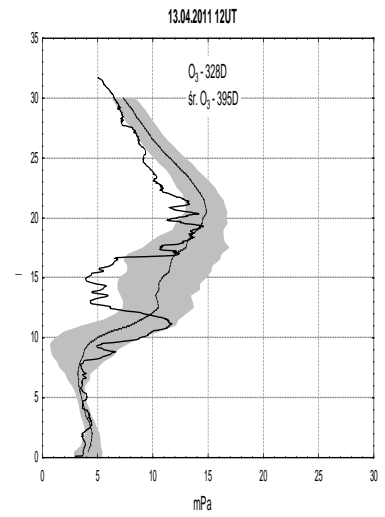
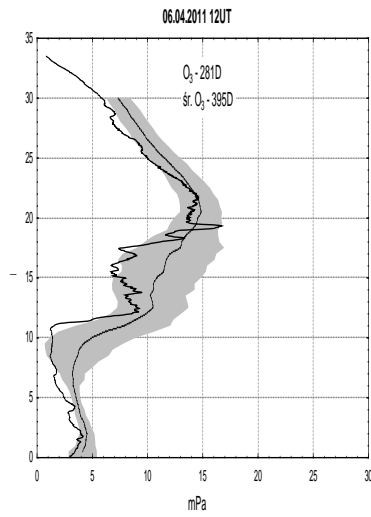
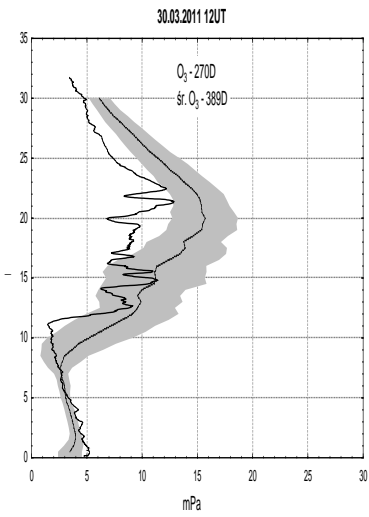
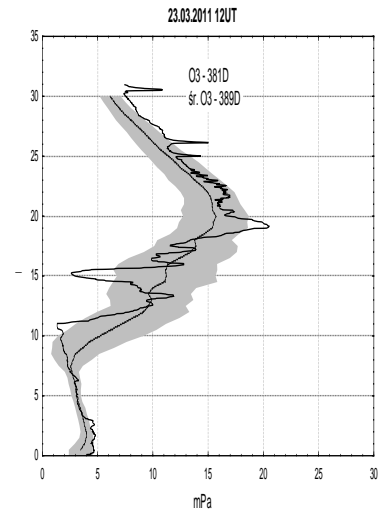
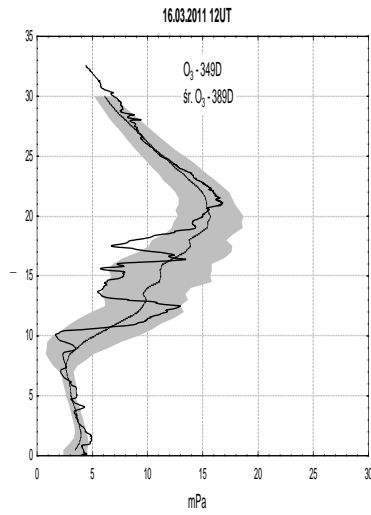
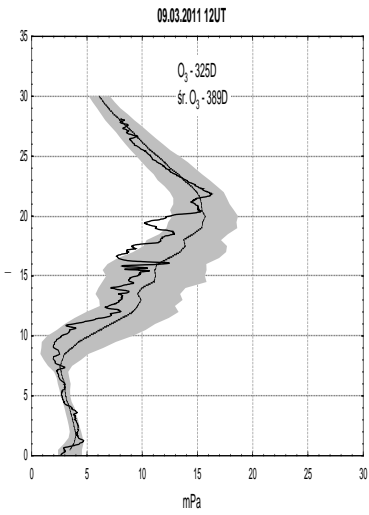
23.02.11 01:39 GMT



Calkowita zawartosc ozonu [D]

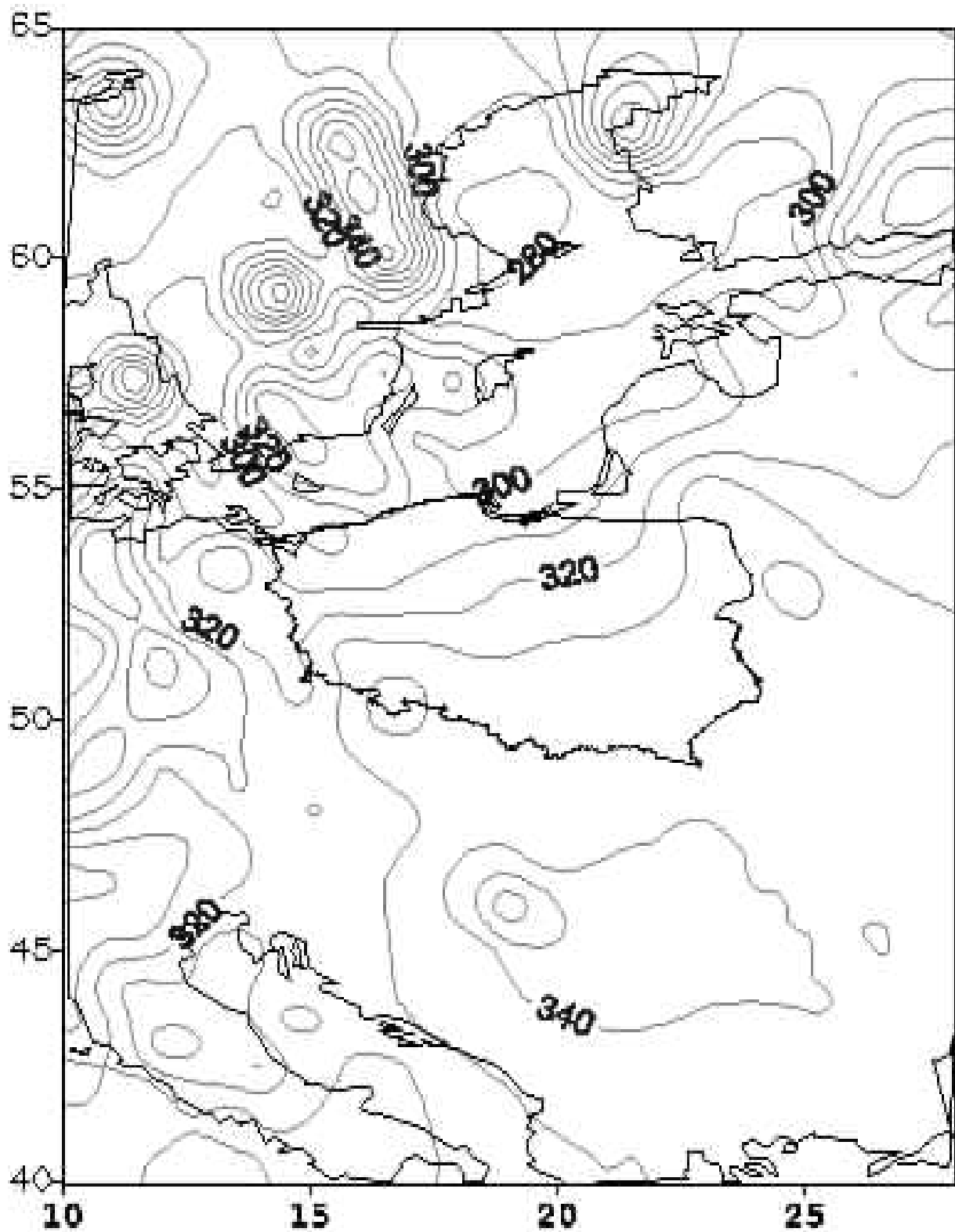
02.03.11 11:57 GMT





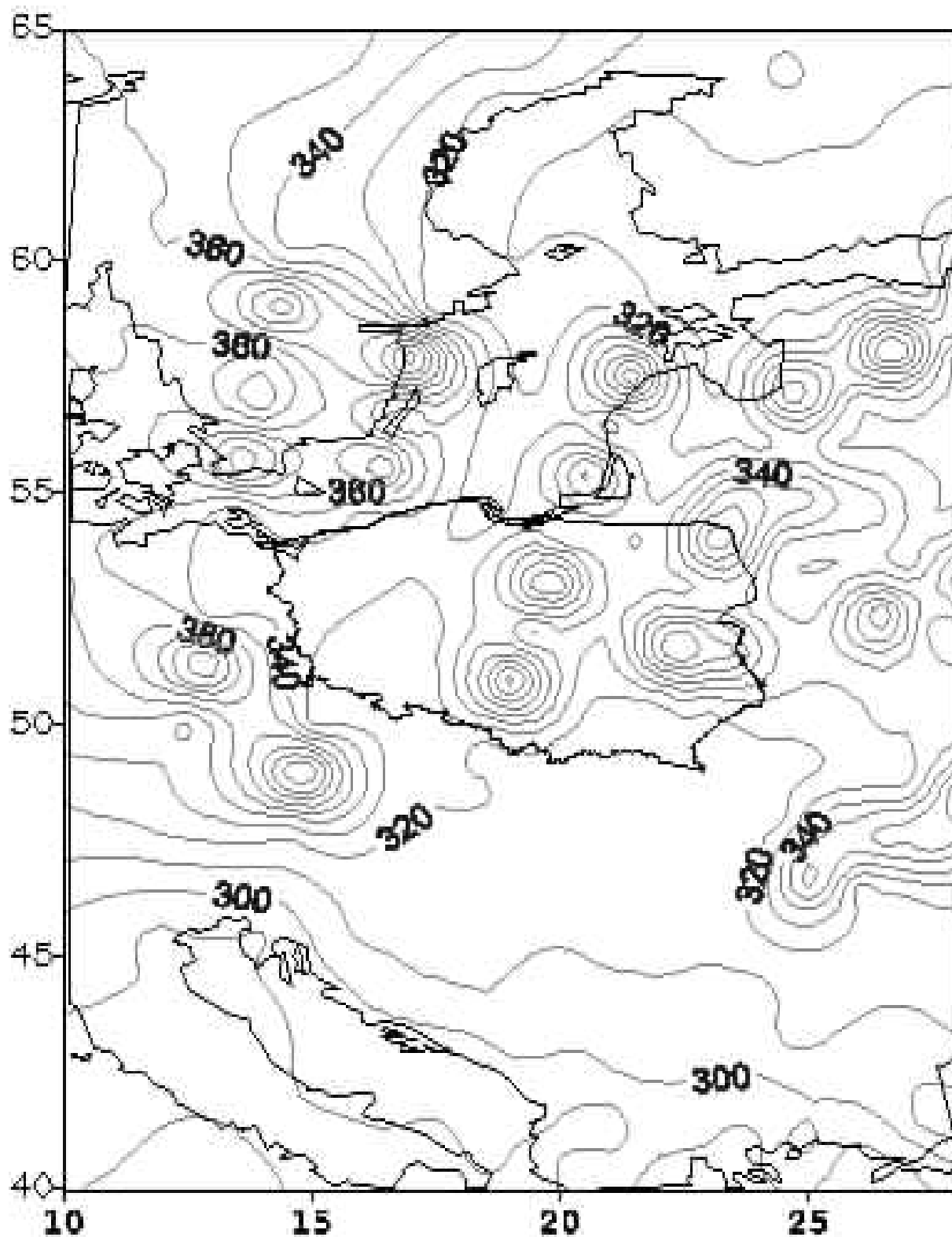
Calkowita zawartosc ozonu [D]

09.03.11 02:30 GMT



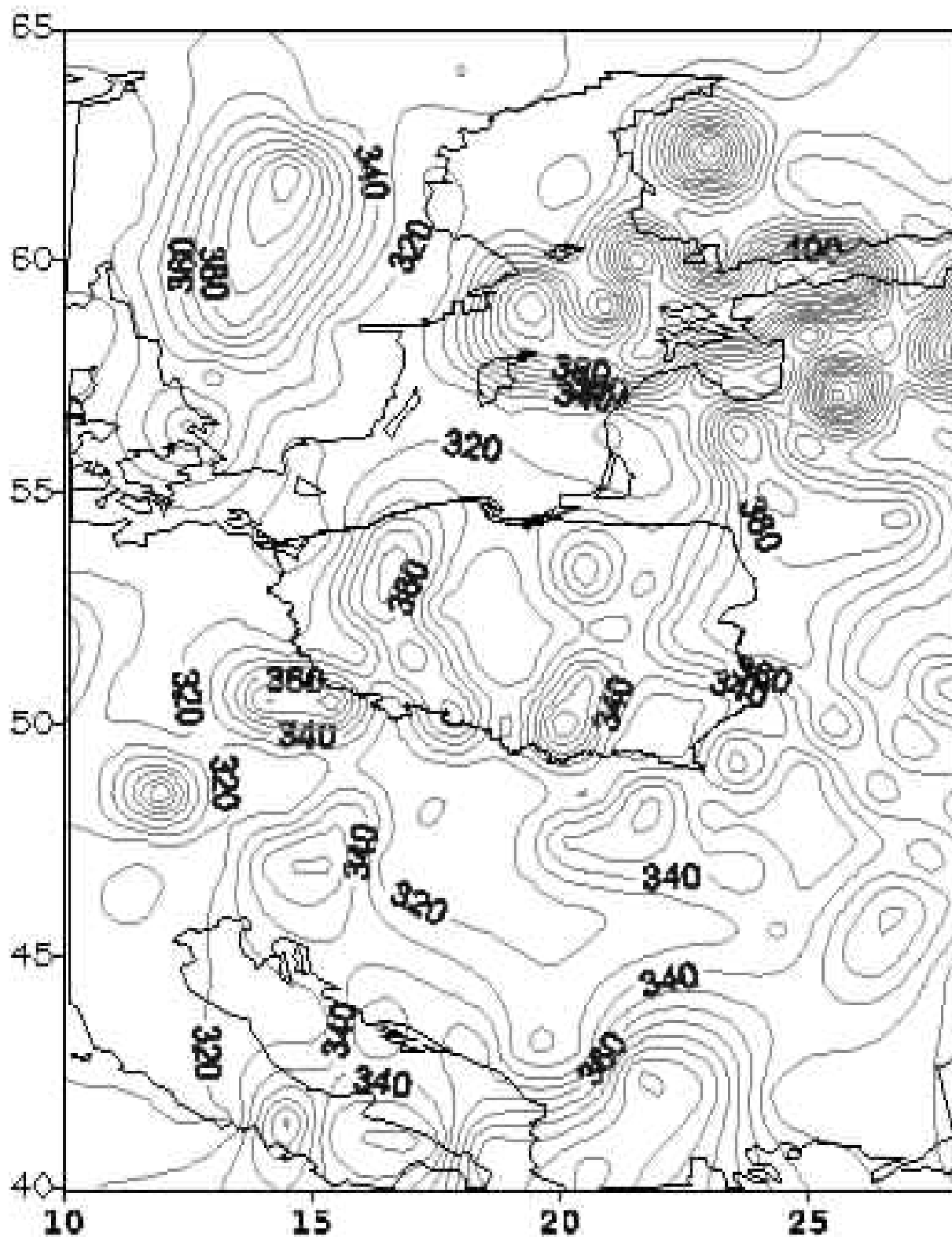
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.03.11 01:15 GMT



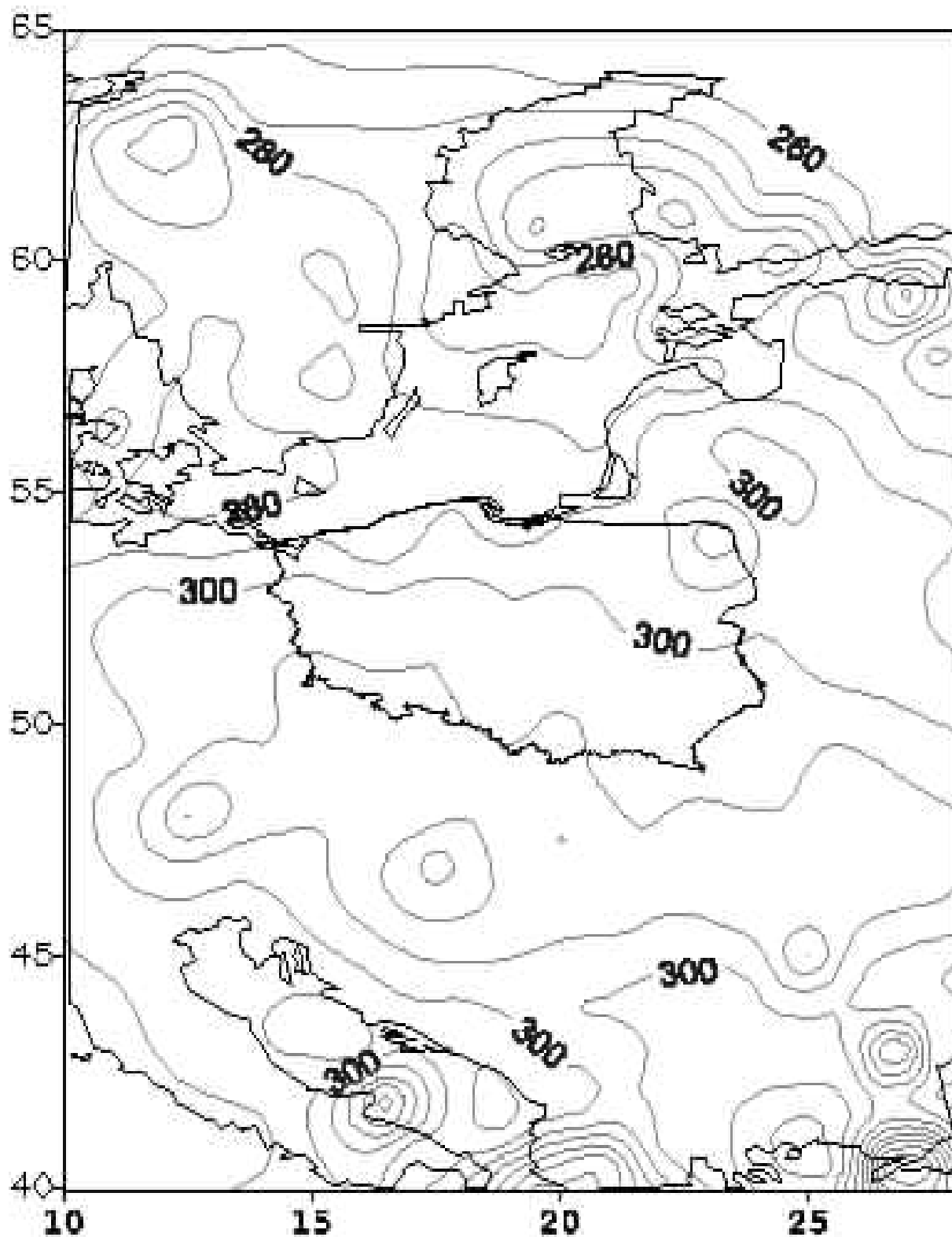
Calkowita zawartosc ozonu [D]

23.03.11 01:40 GMT



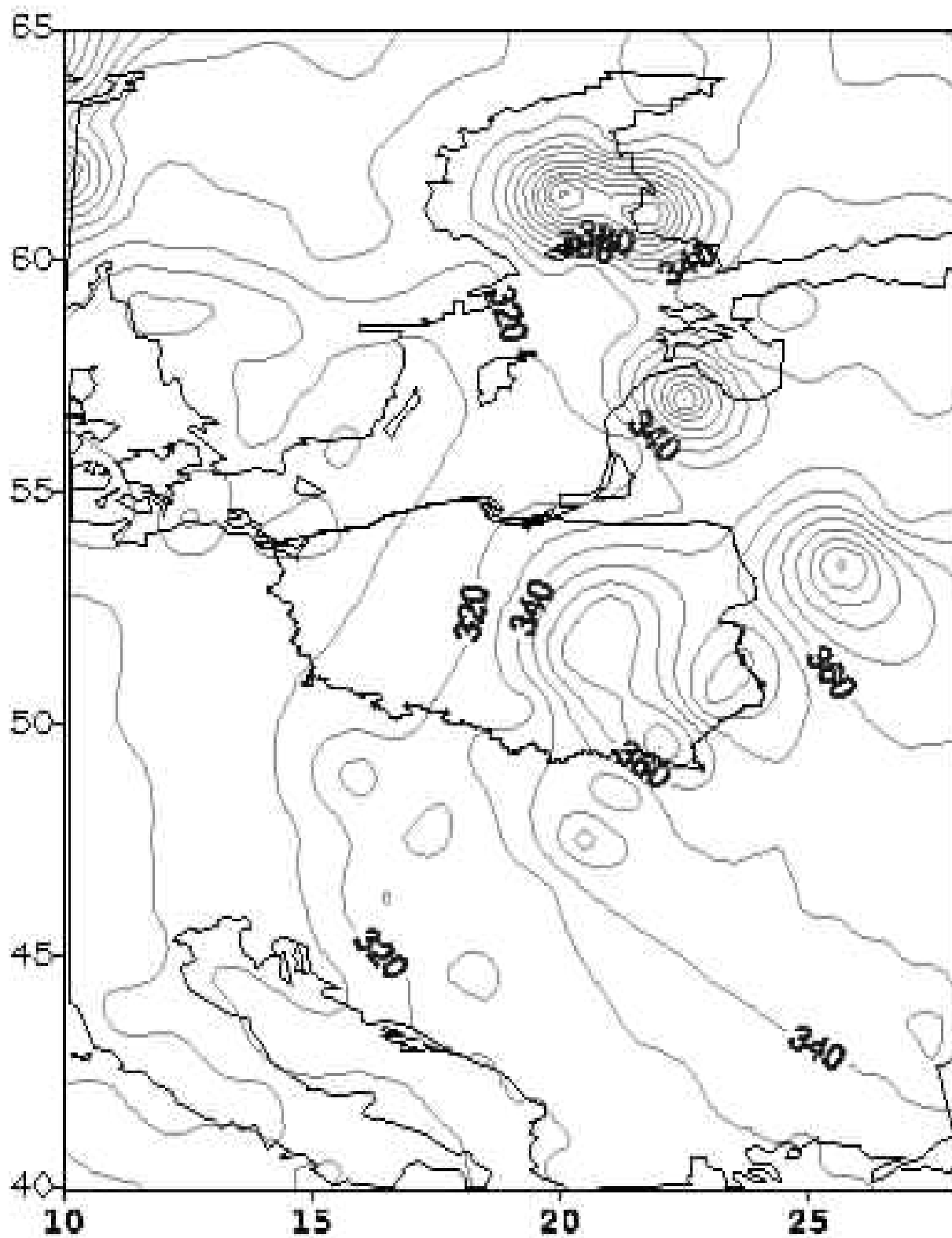
Calkowita zawartosc ozonu [D]

30.03.11 11:58 GMT



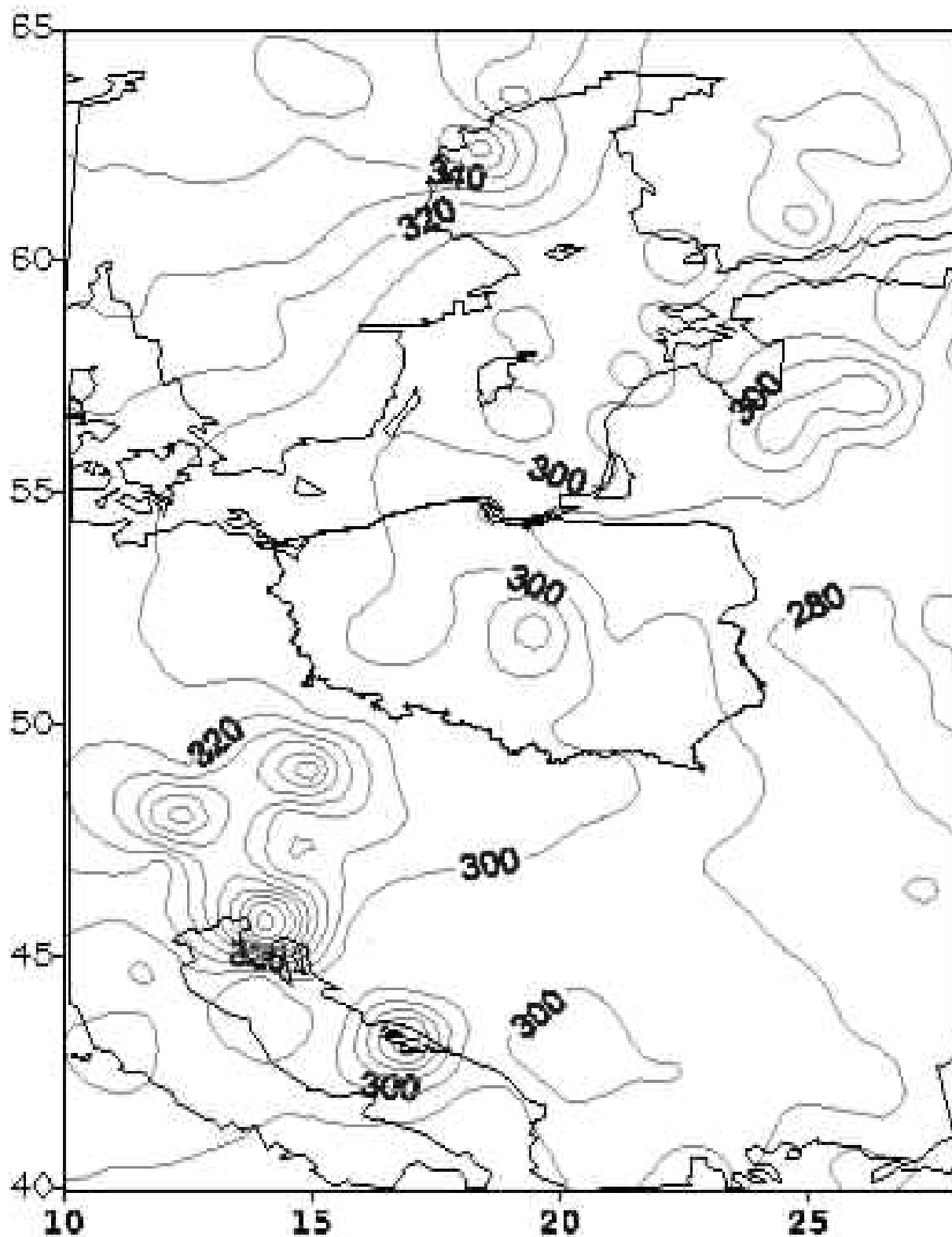
Całkowita zawartość ozonu [D]

08.04.11 02:31 GMT



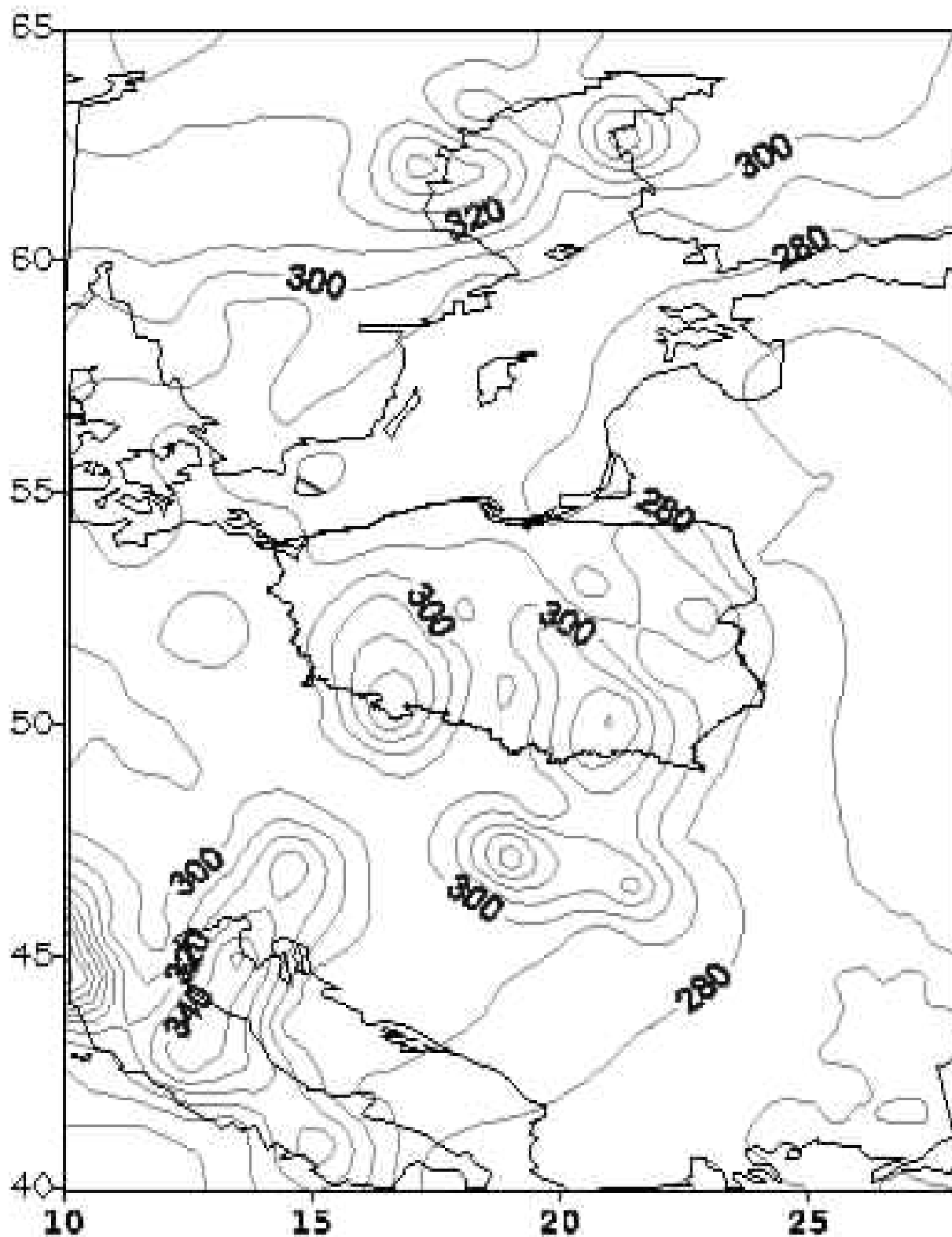
Calkowita zawartosc ozonu [D]

13.04.11 01:18 GMT



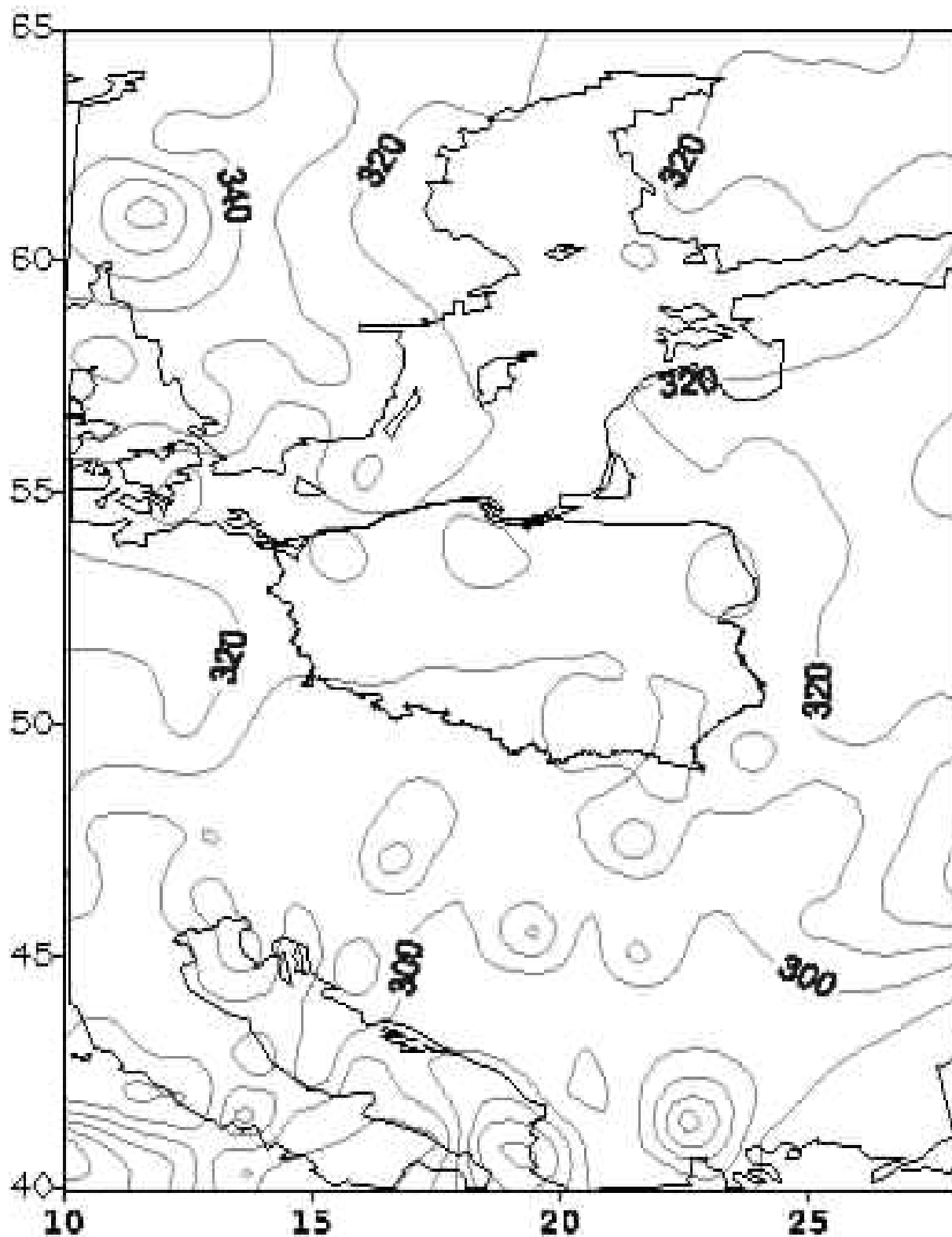
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.04.11 02:25 GMT



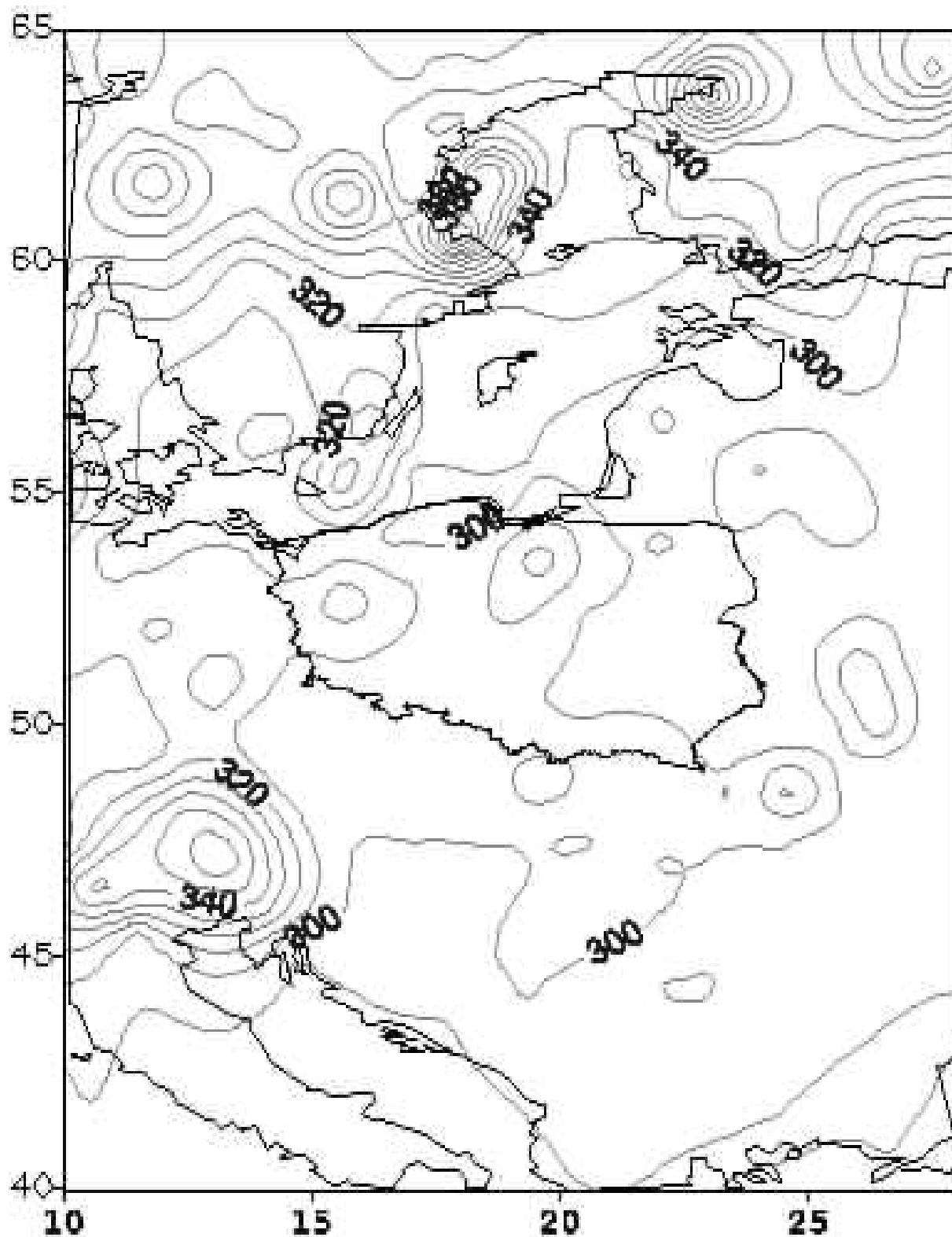
Całkowita zawartość ozonu [D]

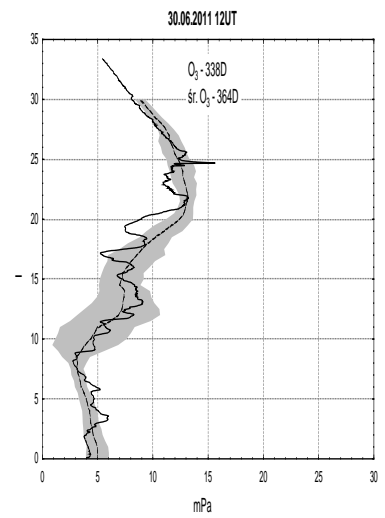
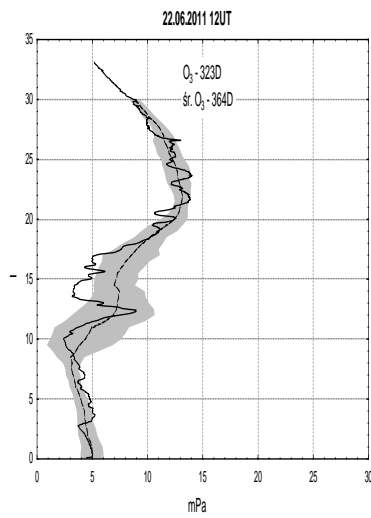
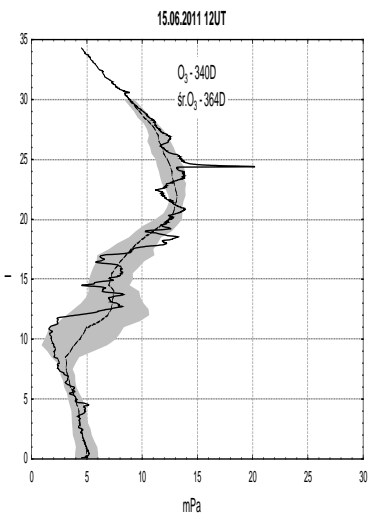
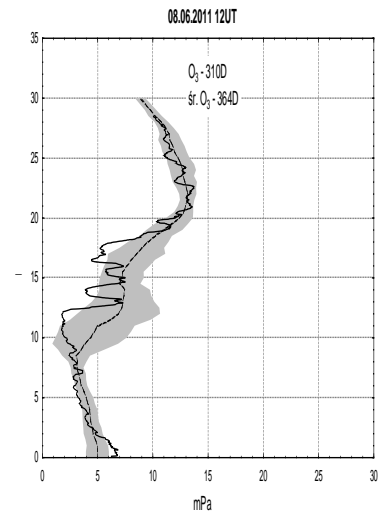
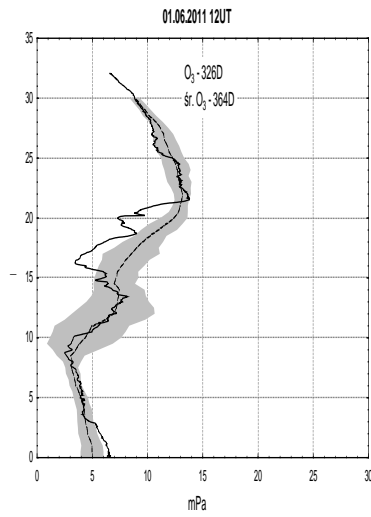
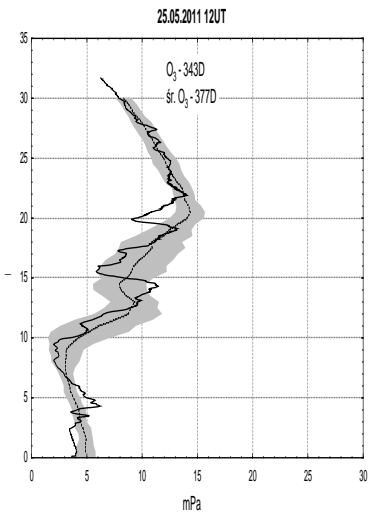
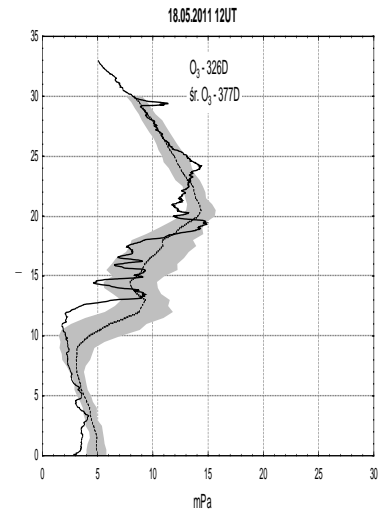
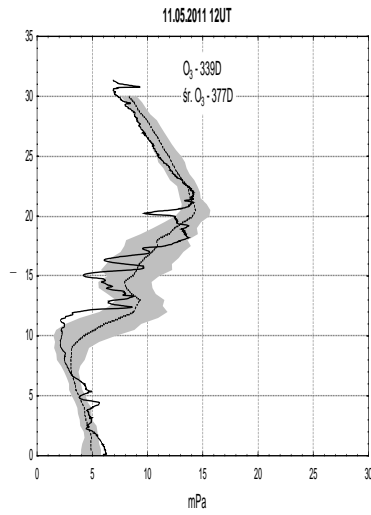
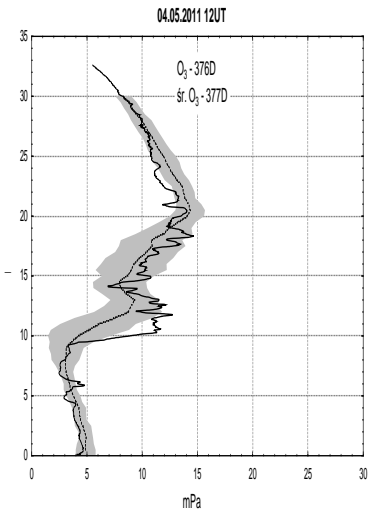
20.04.11 01:42 GMT



Calkowita zawartosc ozonu [D]

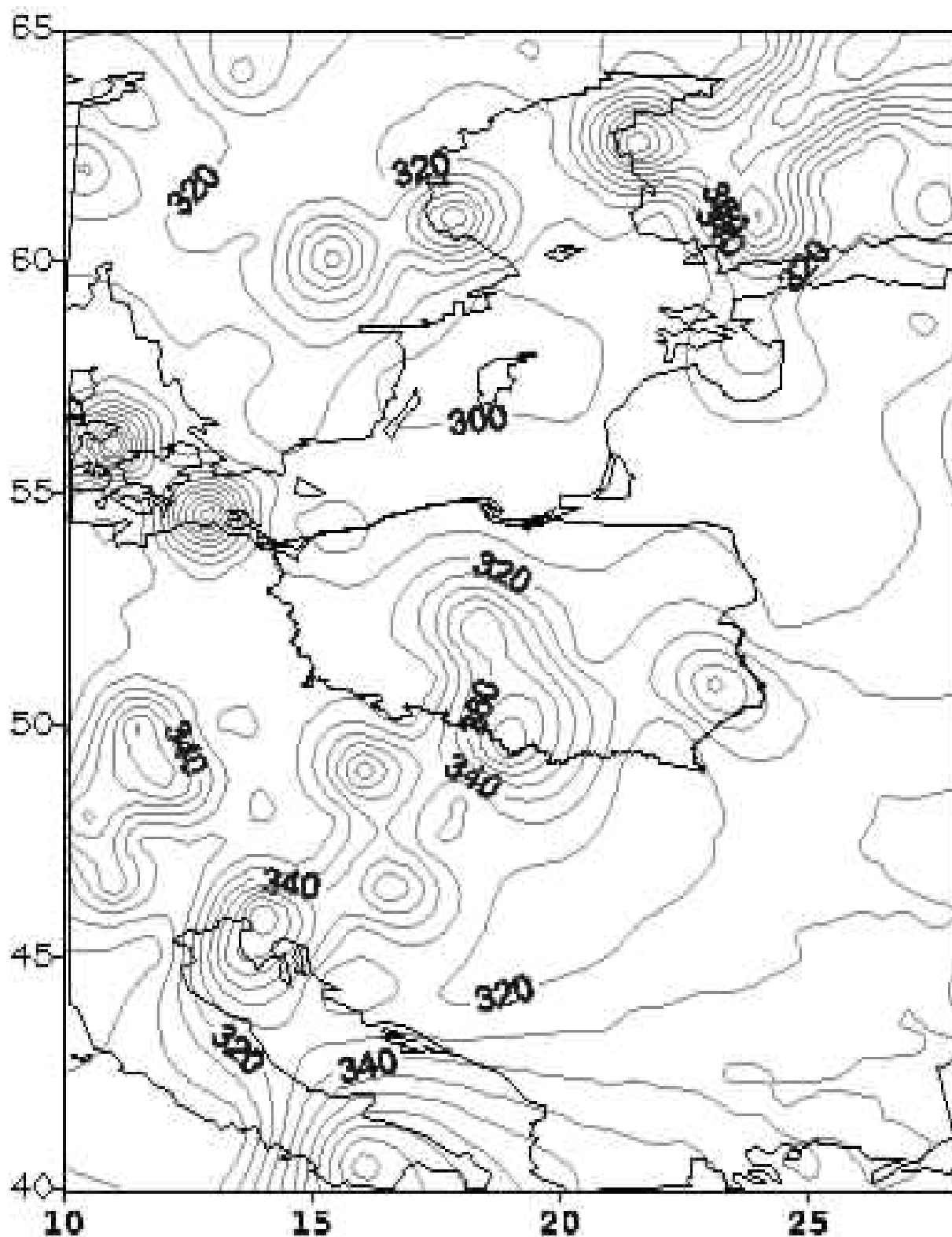
27.04.11 12:00 GMT





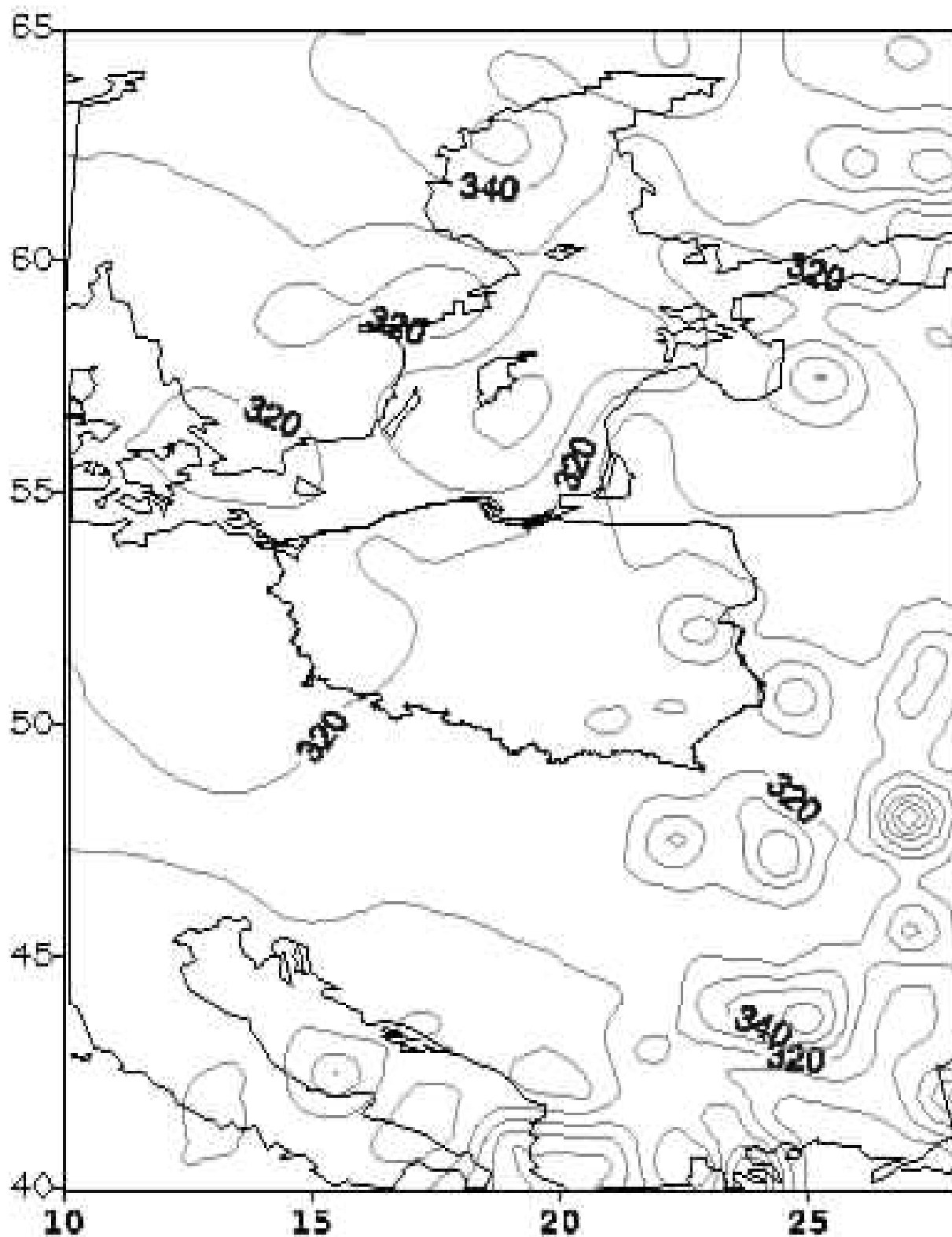
Calkowita zawartosc ozonu [D]

04.05.11 02:33 GMT



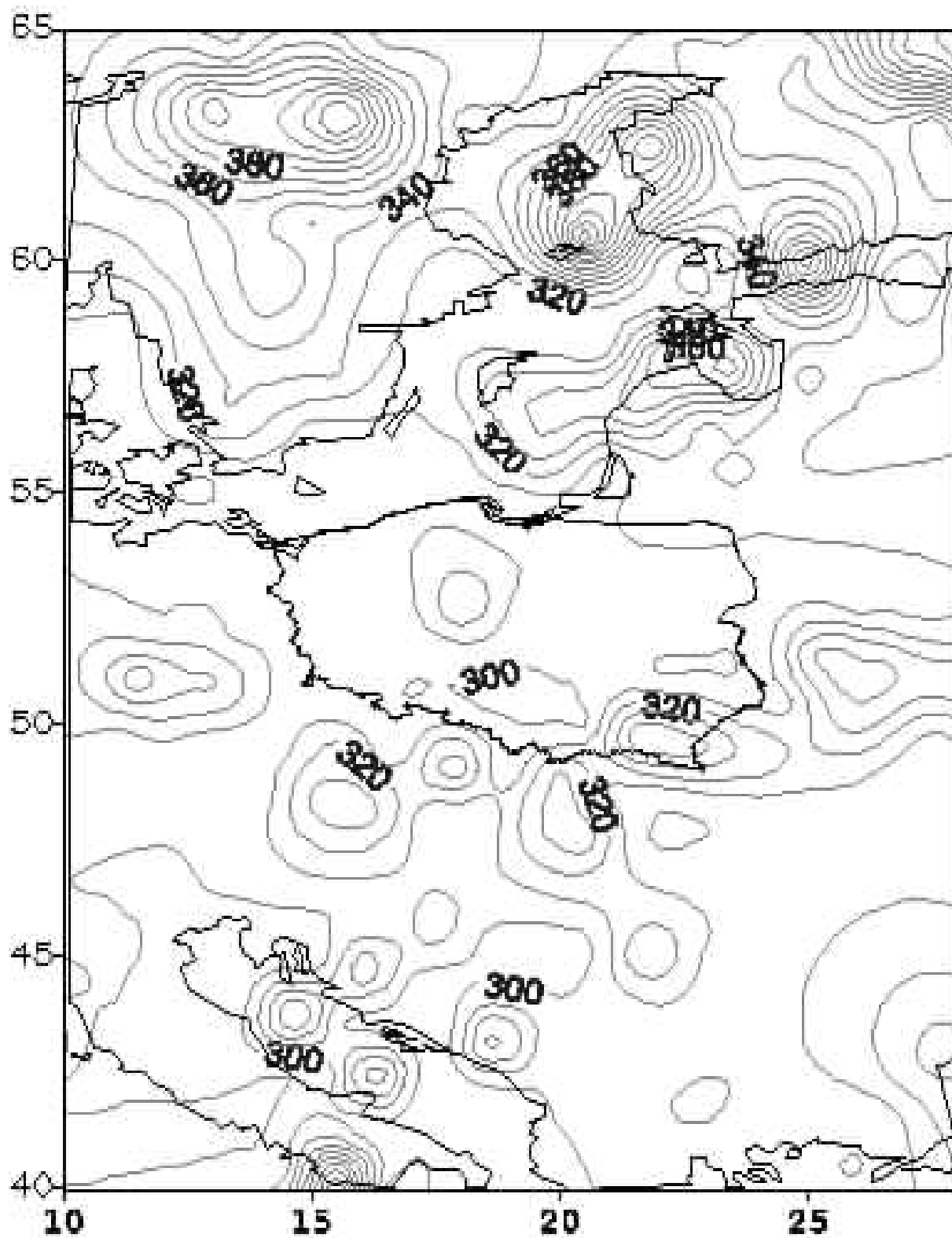
Calkowita zawartosc ozonu [D]

11.05.11 01:18 GMT



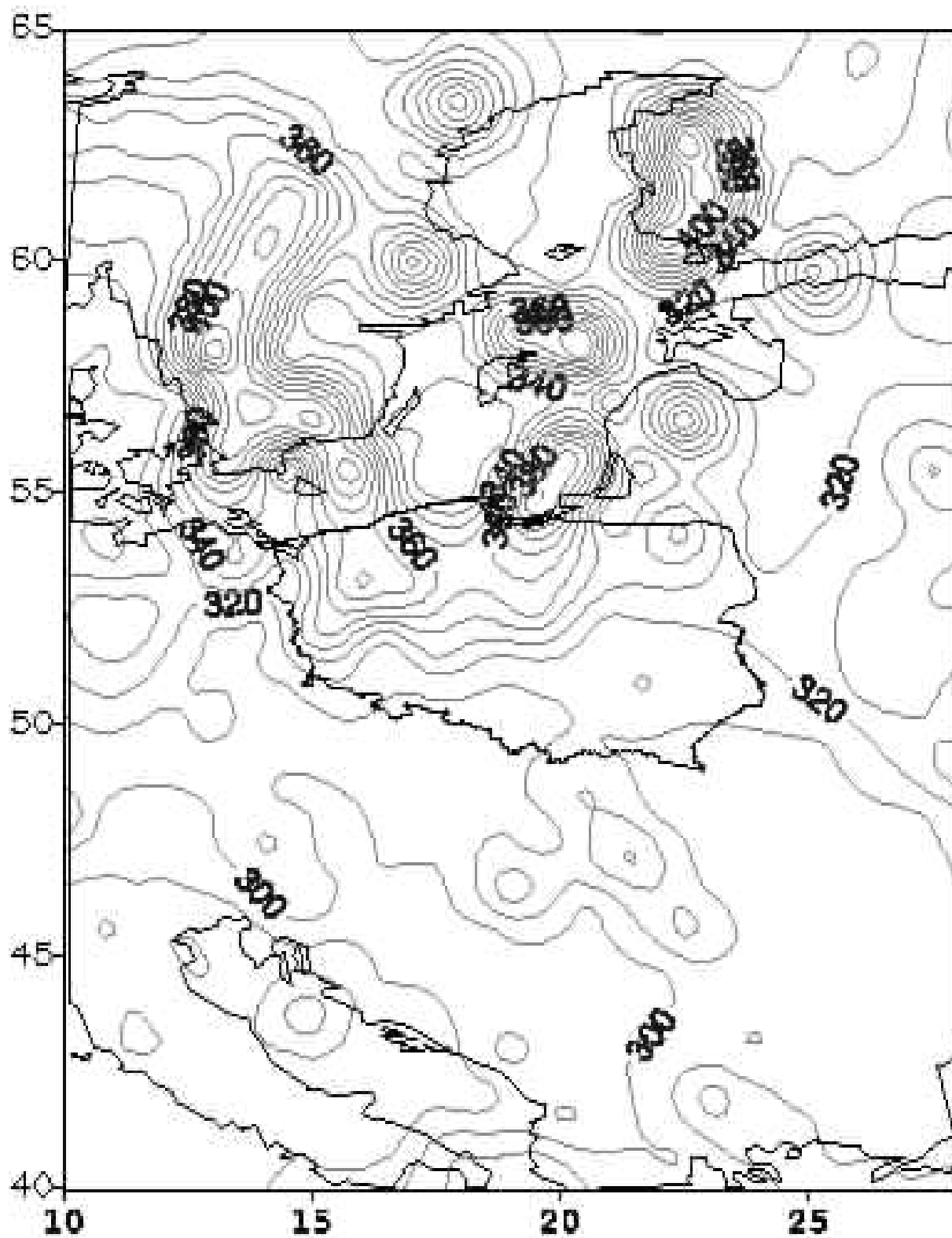
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.05.11 01:42 GMT



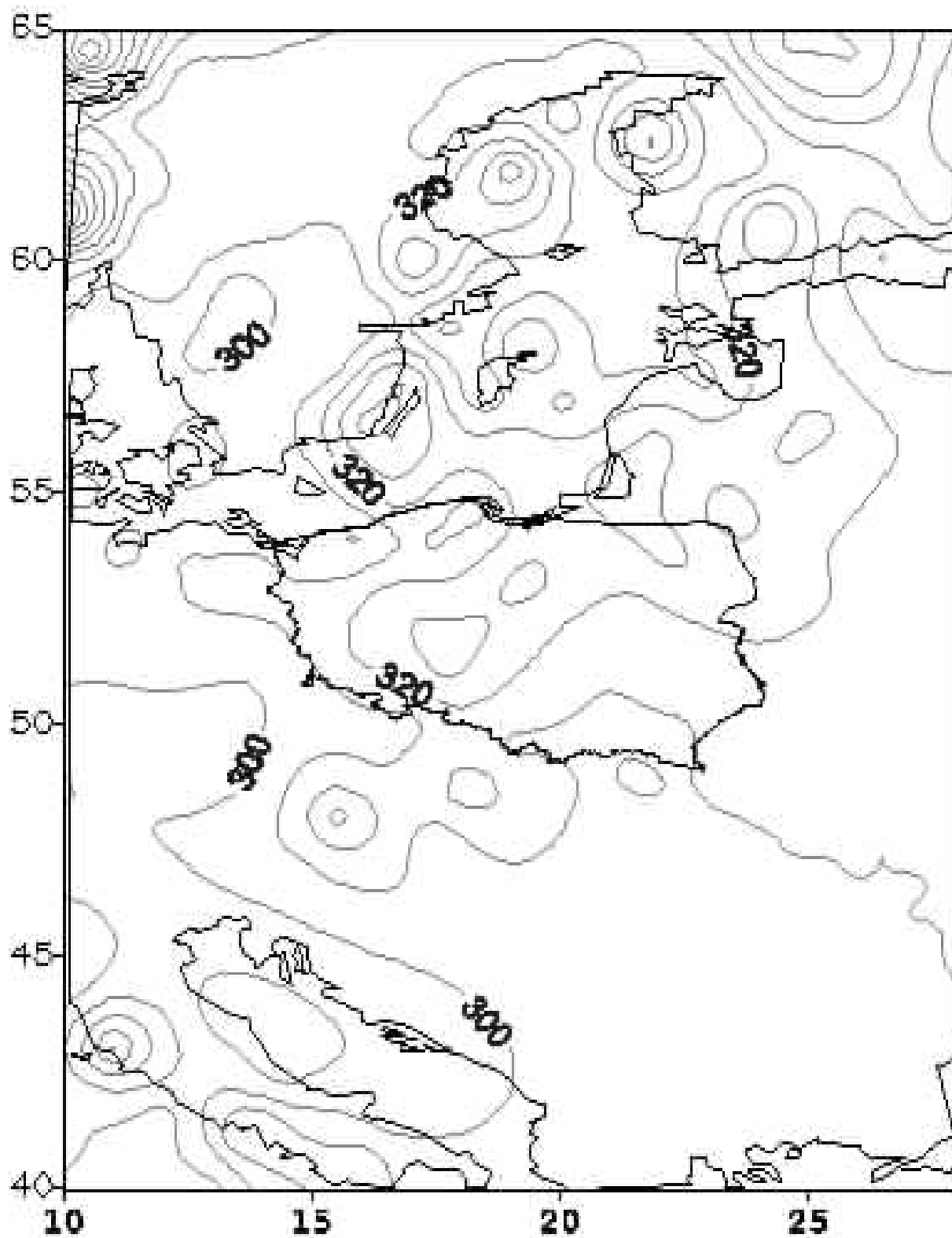
Calkowita zawartosc ozonu [D]

25.05.11 02:07 GMT



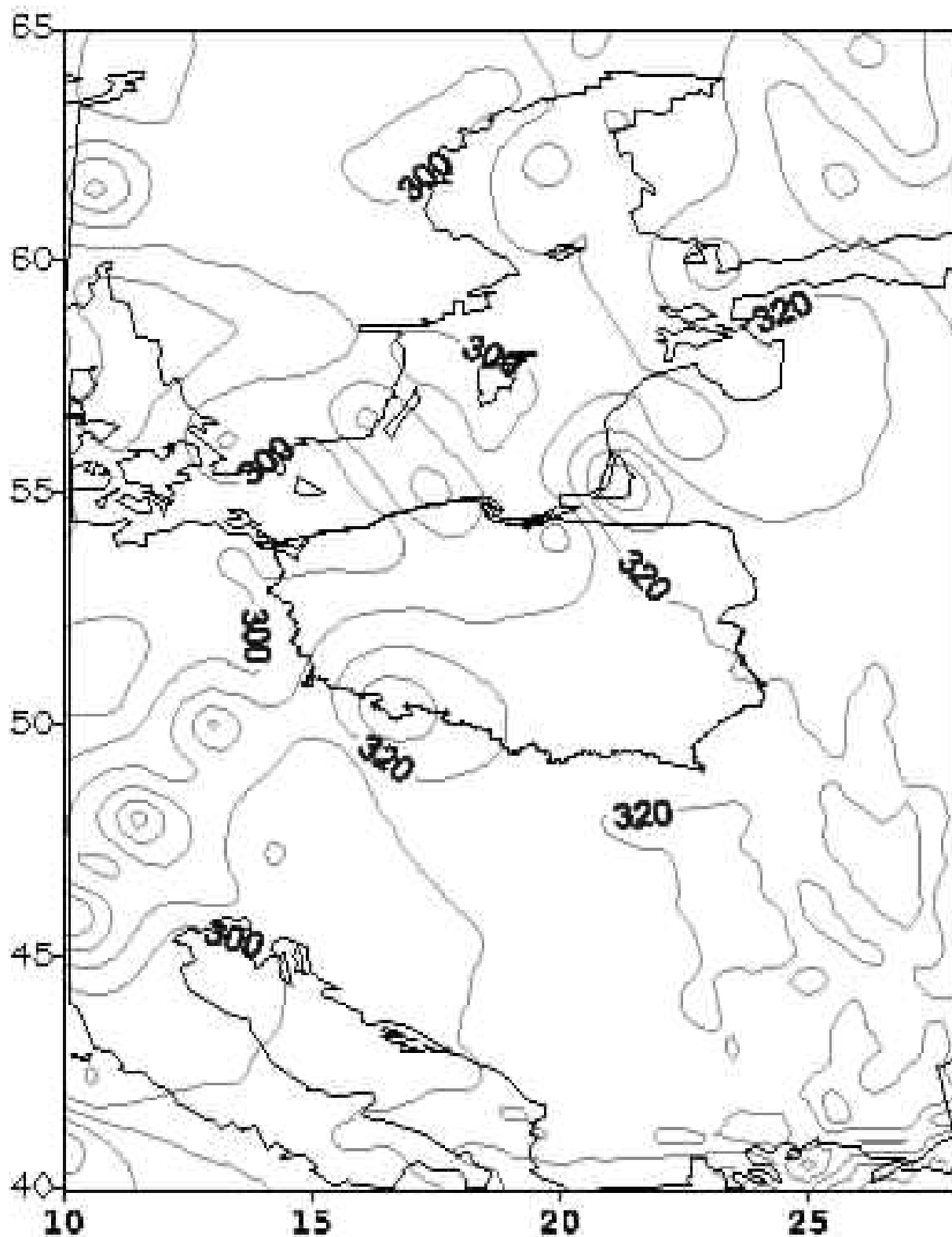
Calkowita zawartosc ozonu [D]

01.08.11 02:33 GMT



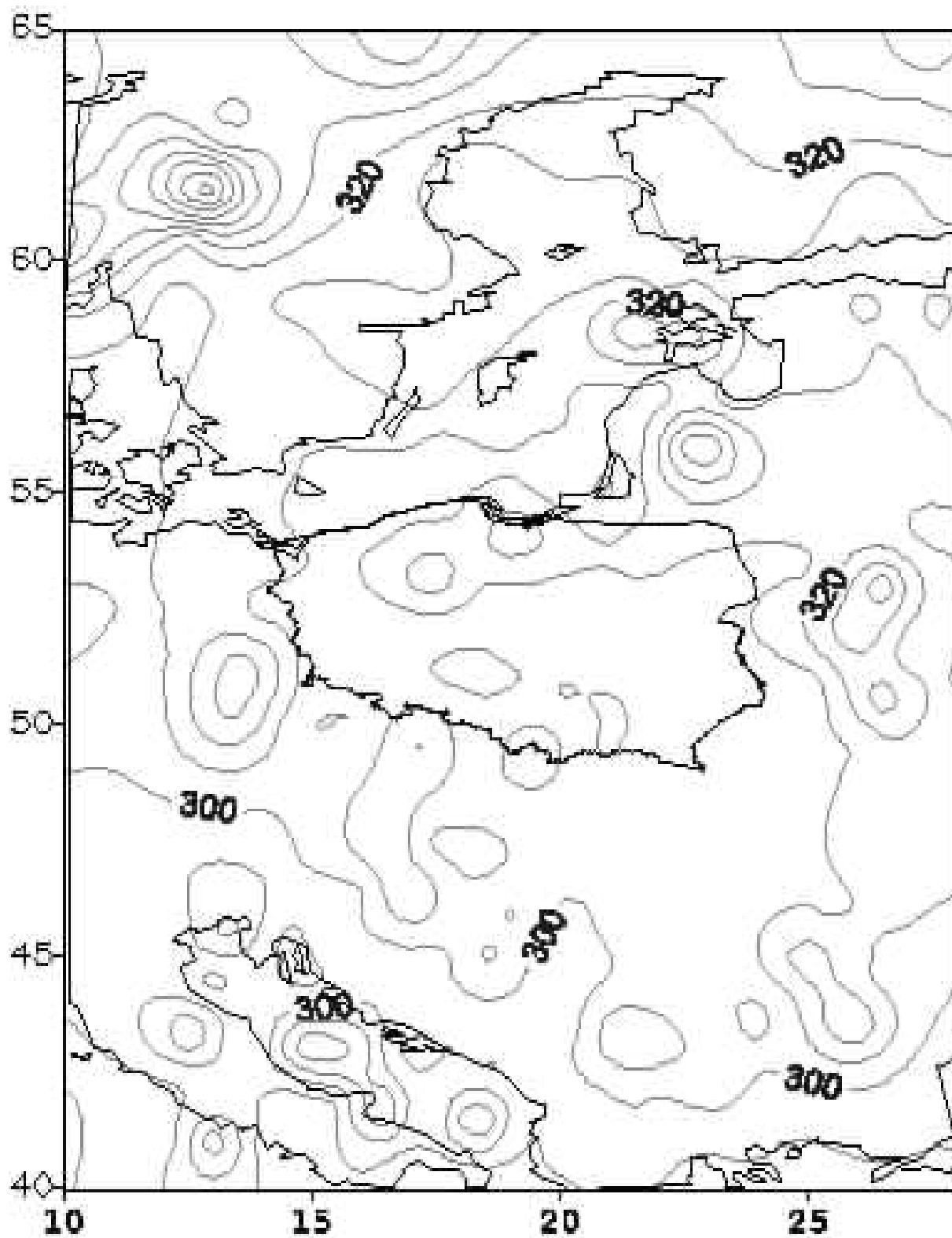
Calkowita zawartosc ozonu [D]

08.08.11 02:58 GMT



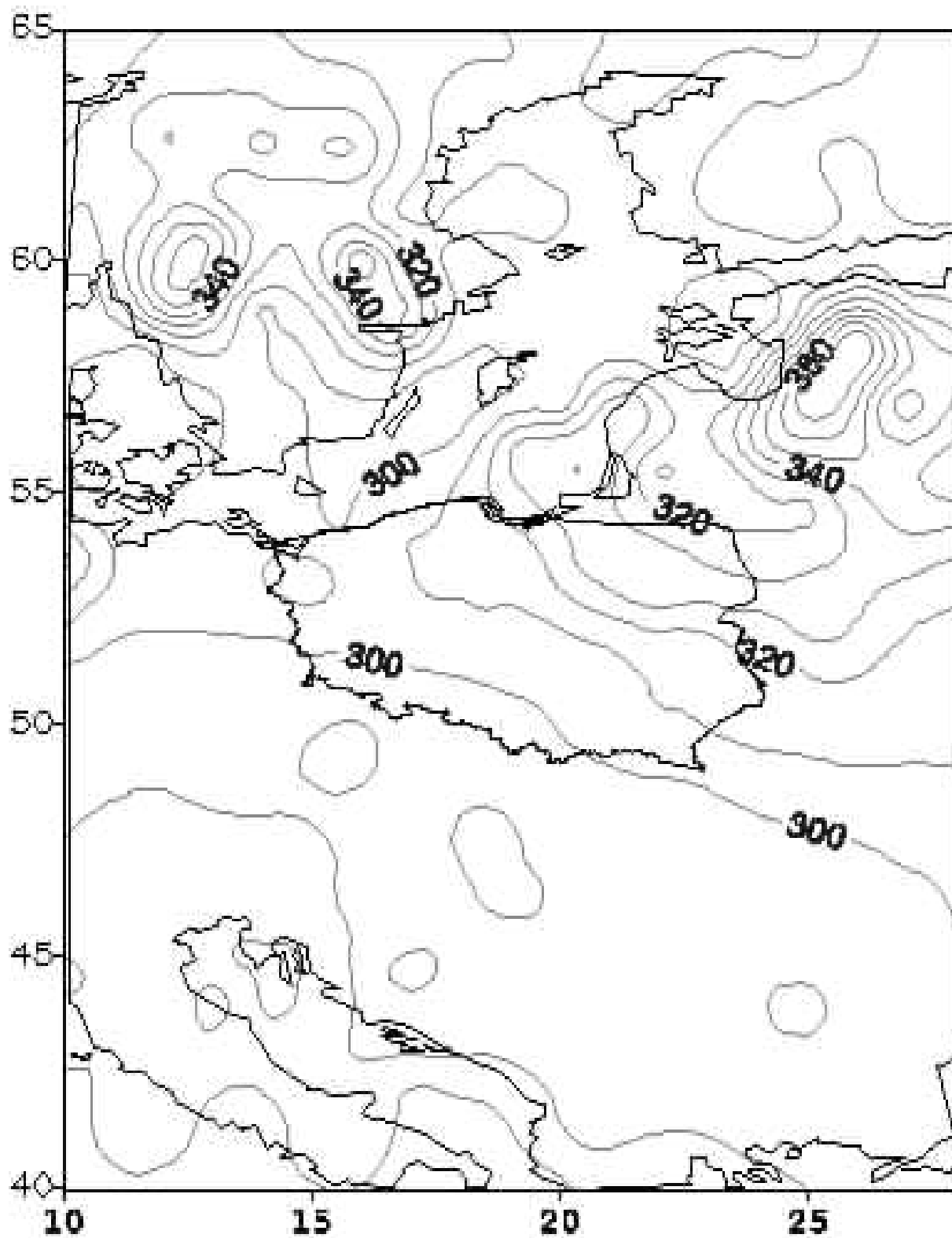
Calkowita zawartosc ozonu [D]

15.08.11 01:43 GMT



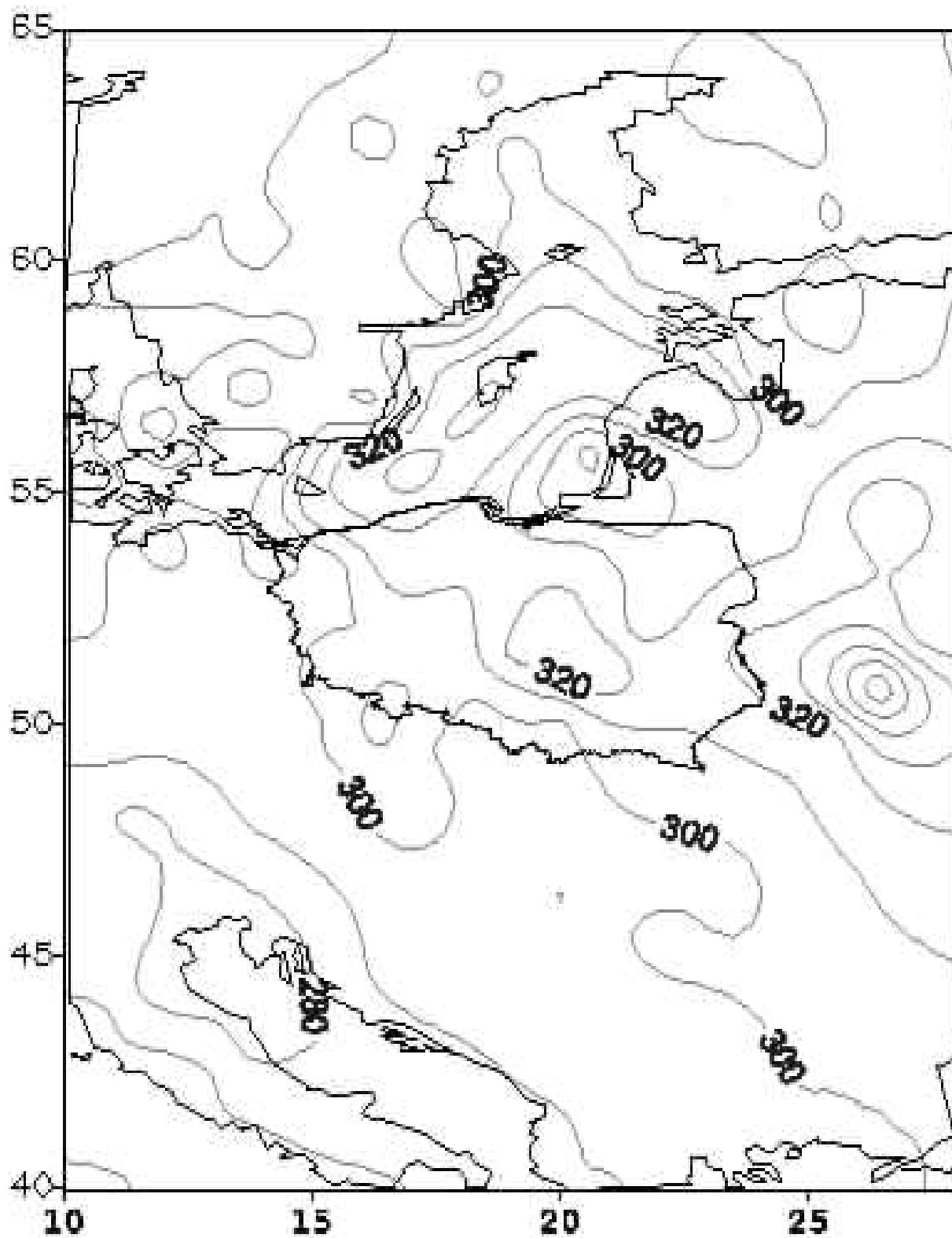
Całkowita zawartość ozonu [D]

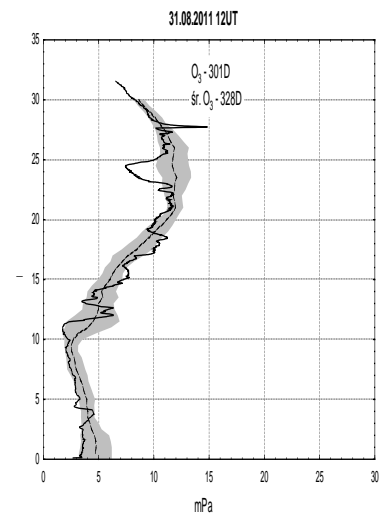
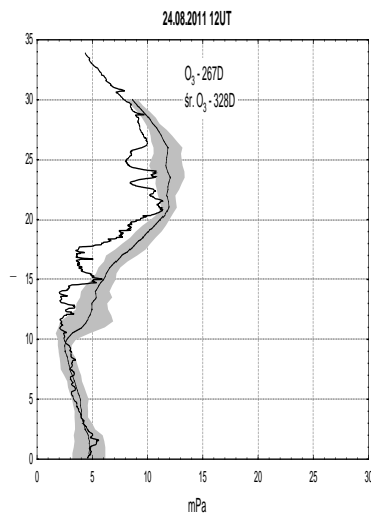
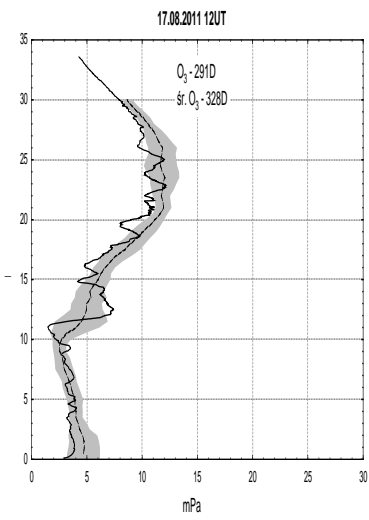
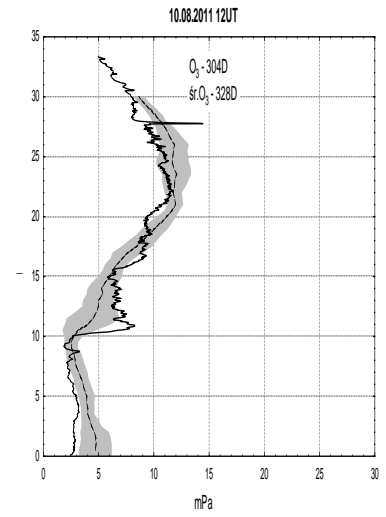
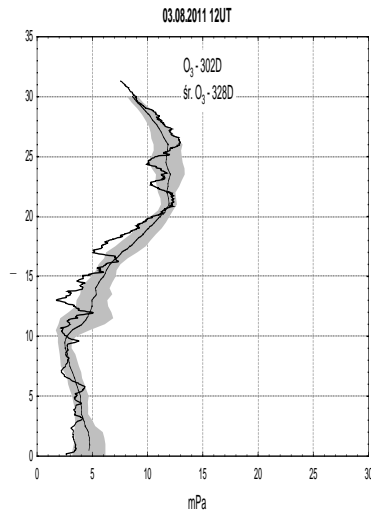
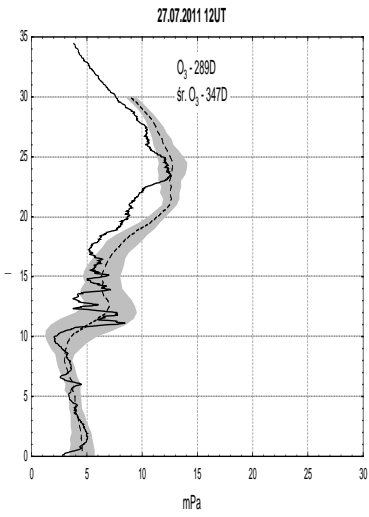
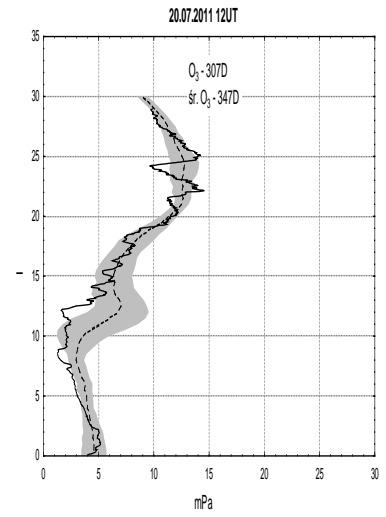
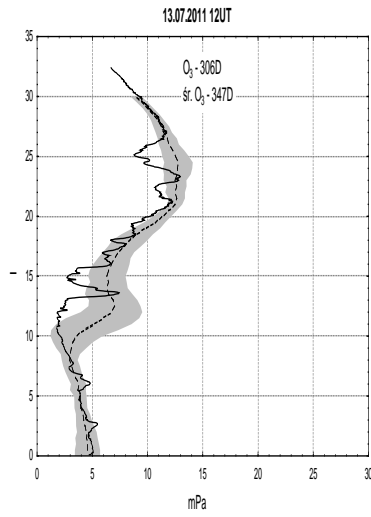
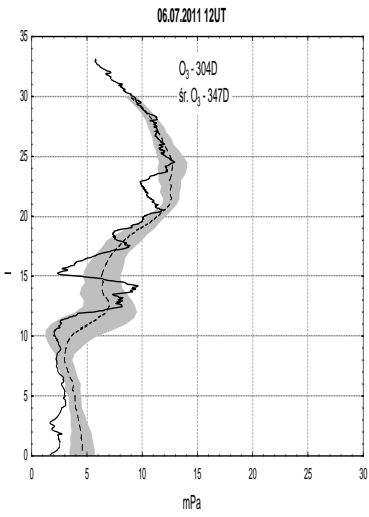
22.08.11 02:08 GMT



Całkowita zawartość ozonu [D]

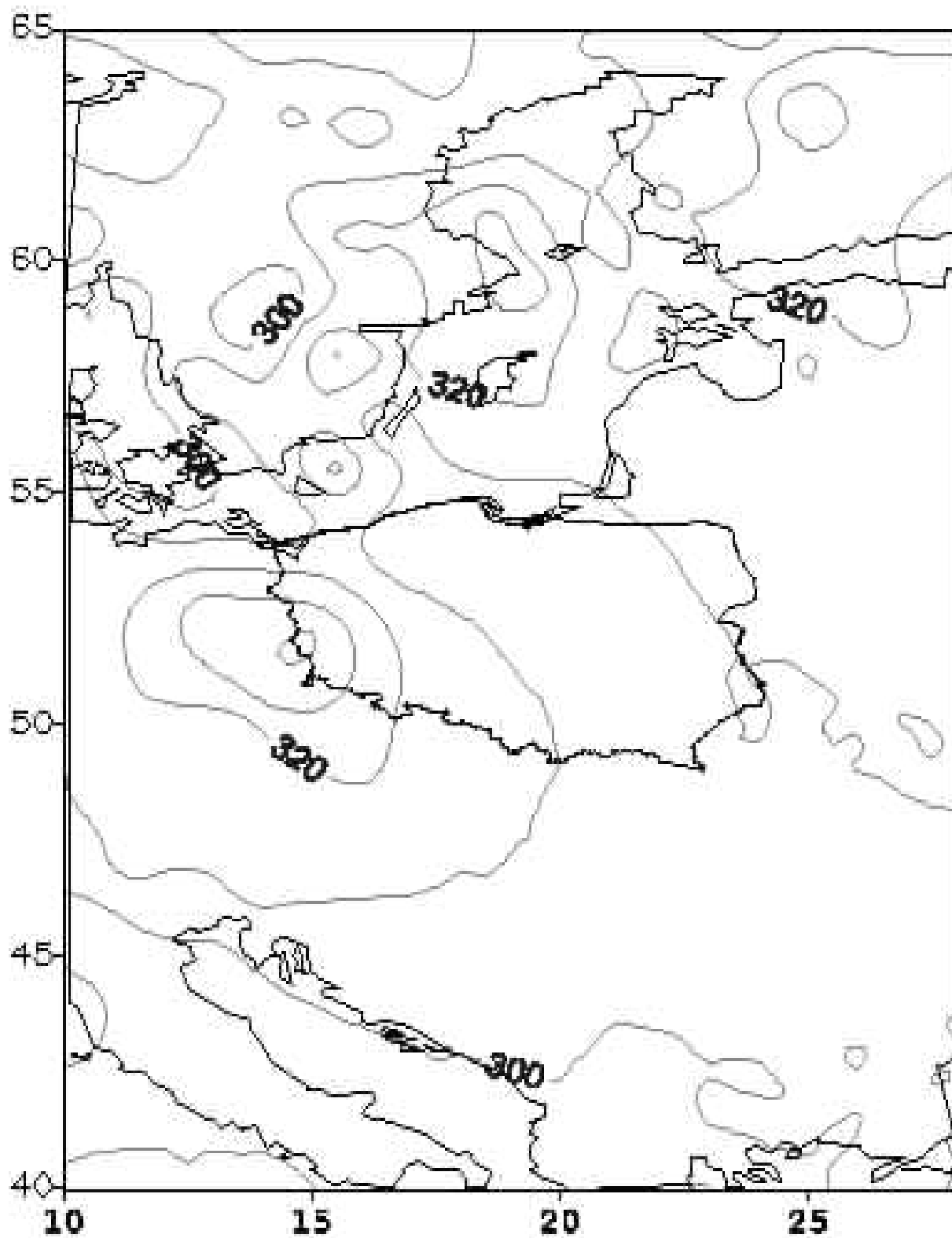
30.08.11 02:23 GMT





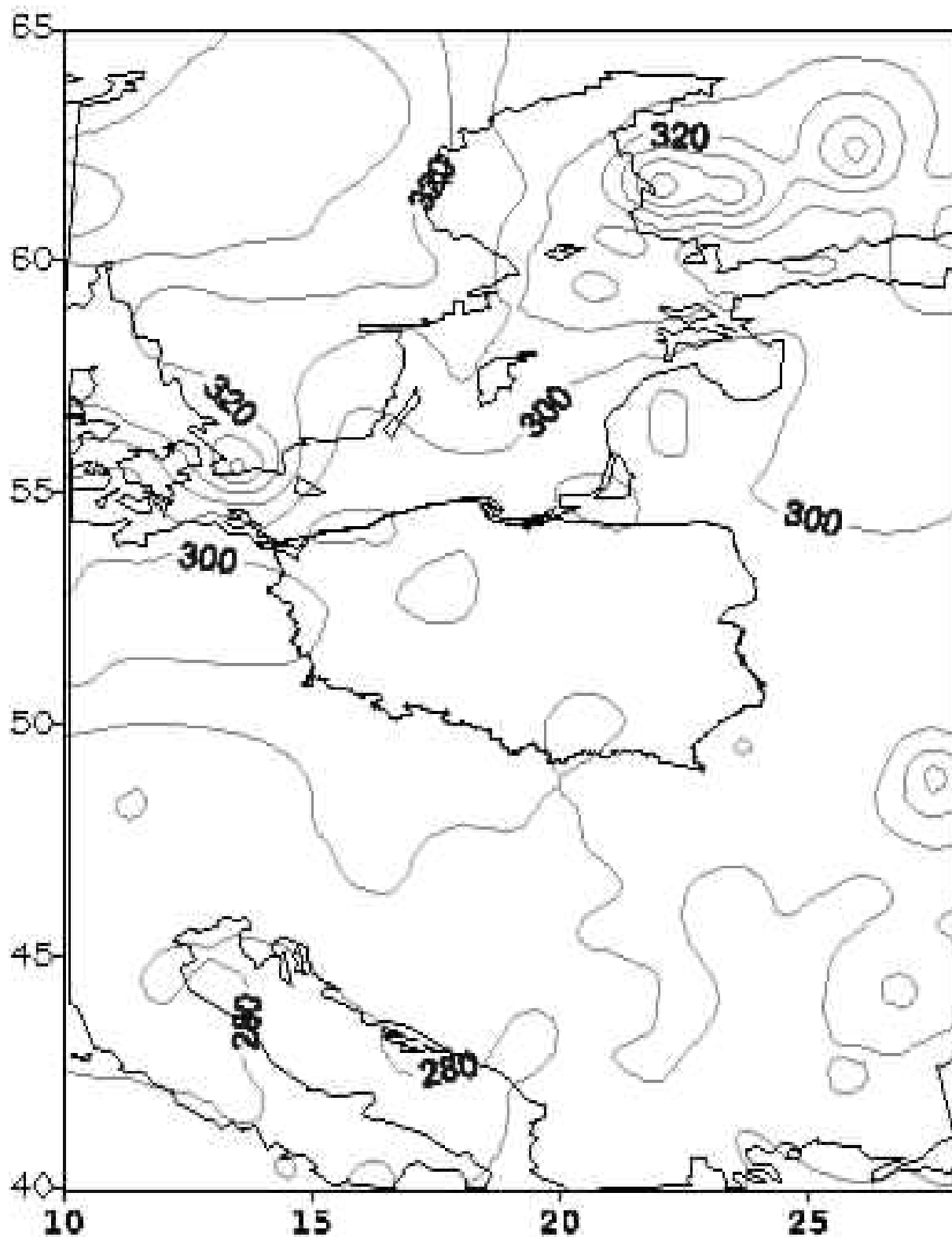
Calkowita zawartosc ozonu [D]

08.07.11 02:58 GMT



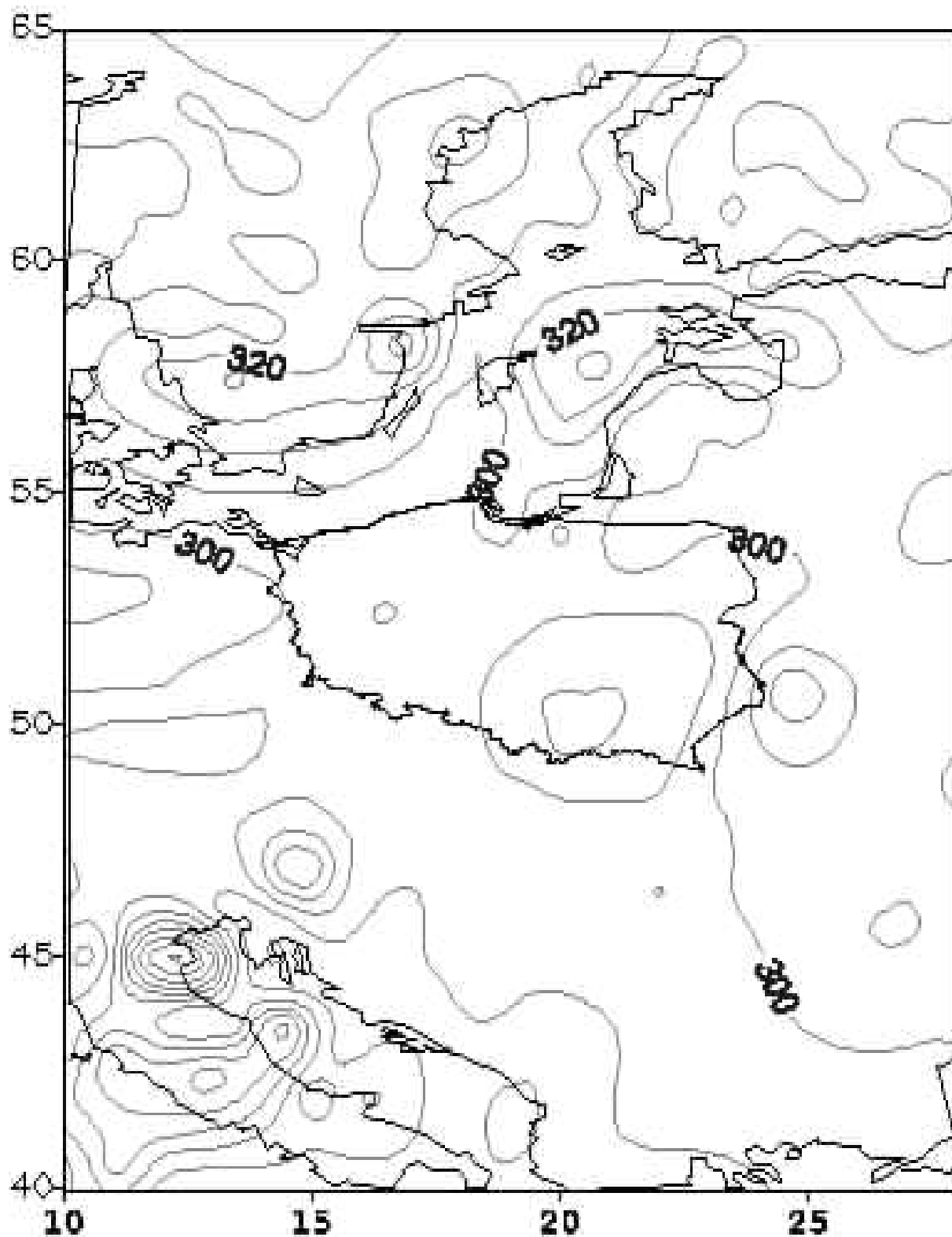
Calkowita zawartosc ozonu [D]

13.07.11 01:43 GMT



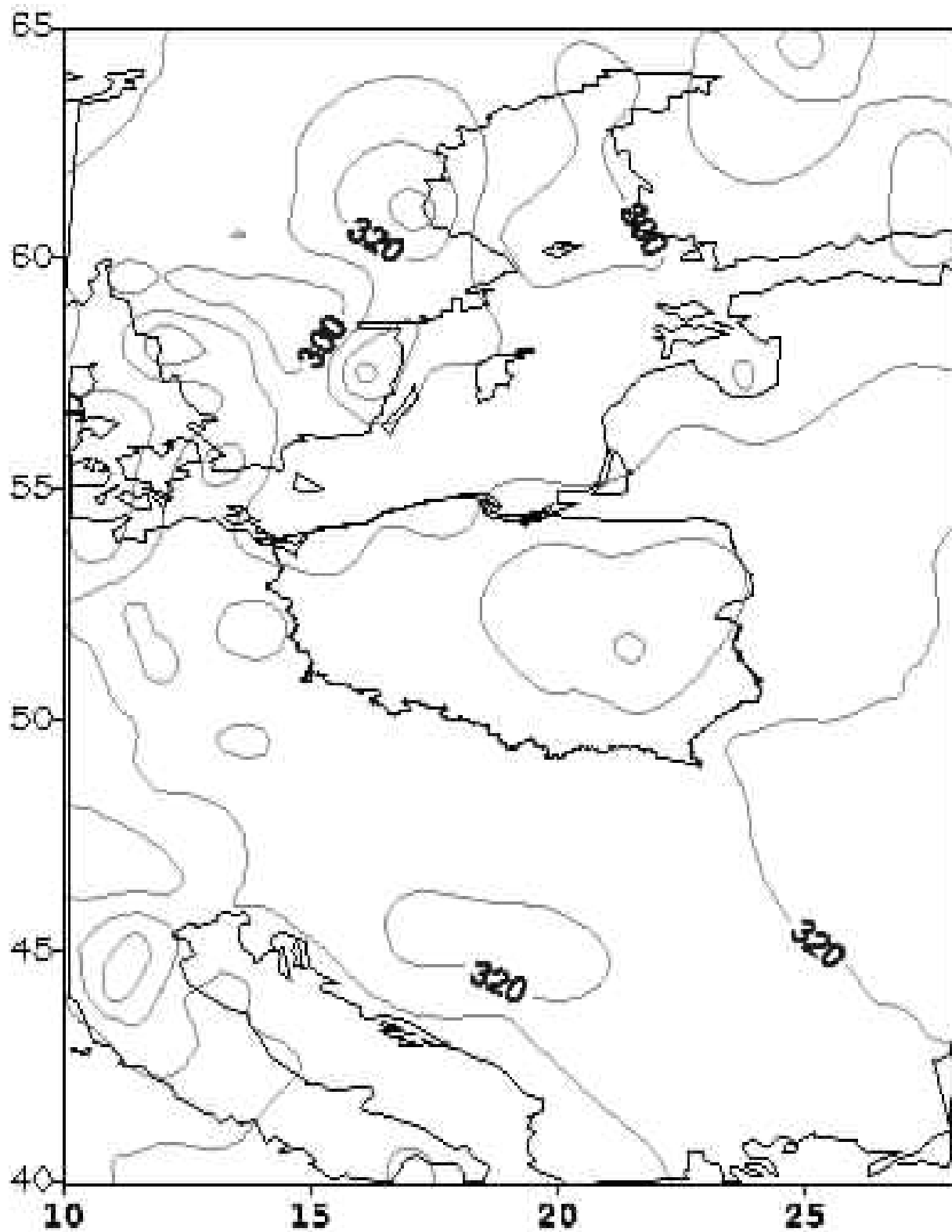
Calkowita zawartosc ozonu [D]

20.07.11 02:09 GMT



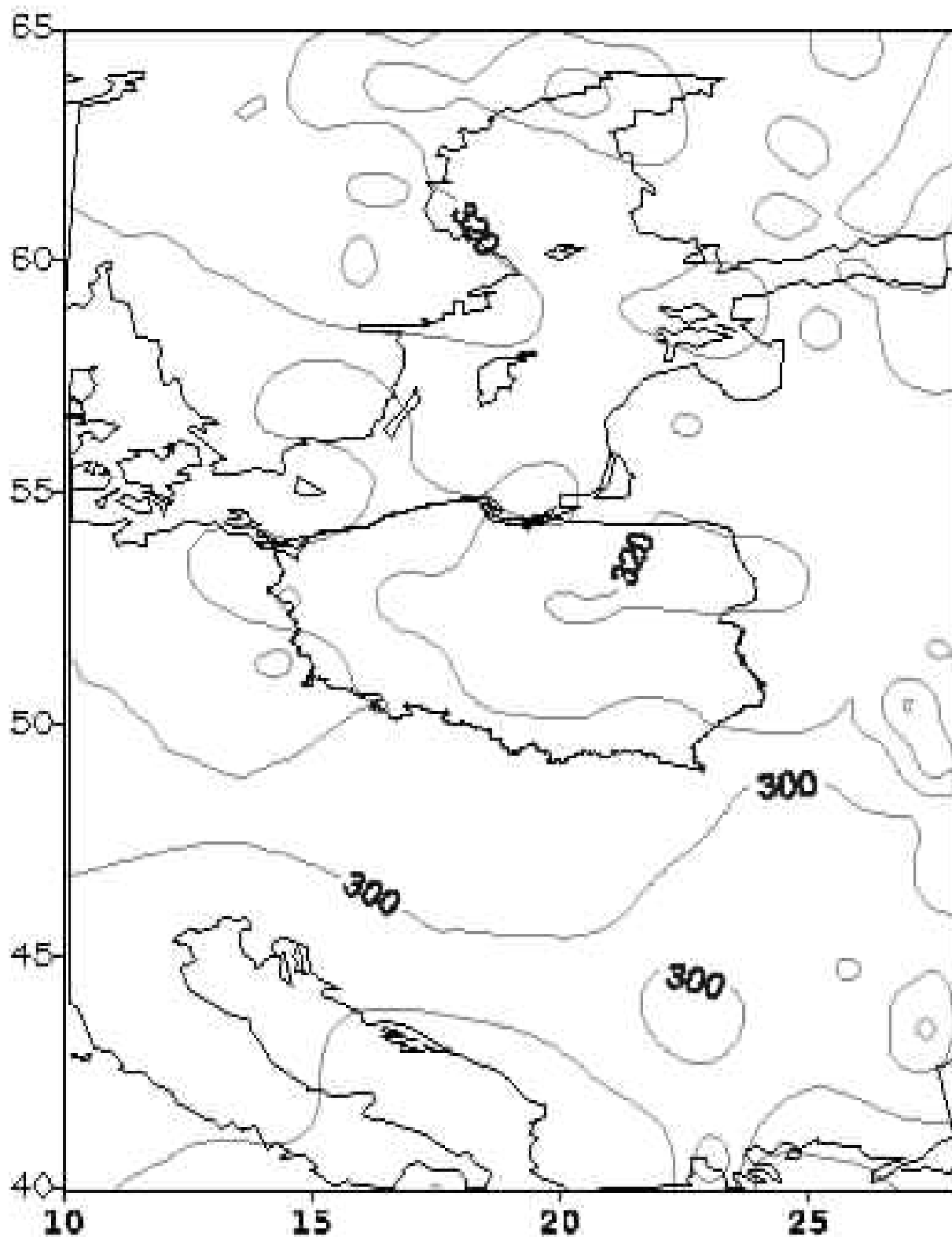
Calkowita zawartosc ozonu [D]

27.07.11 02:34 GMT



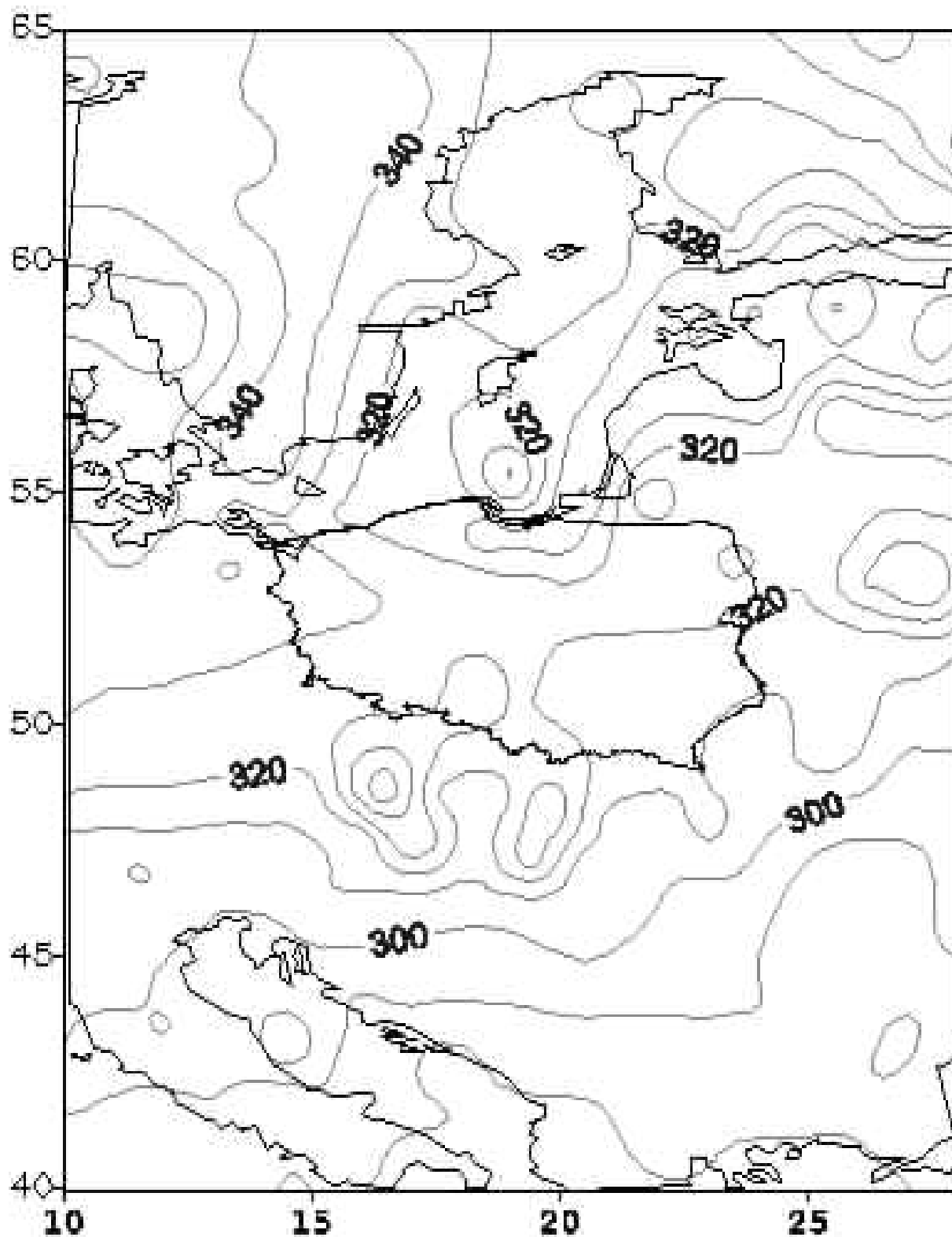
Calkowita zawartosc ozonu [D]

03.08.11 01:18 GMT



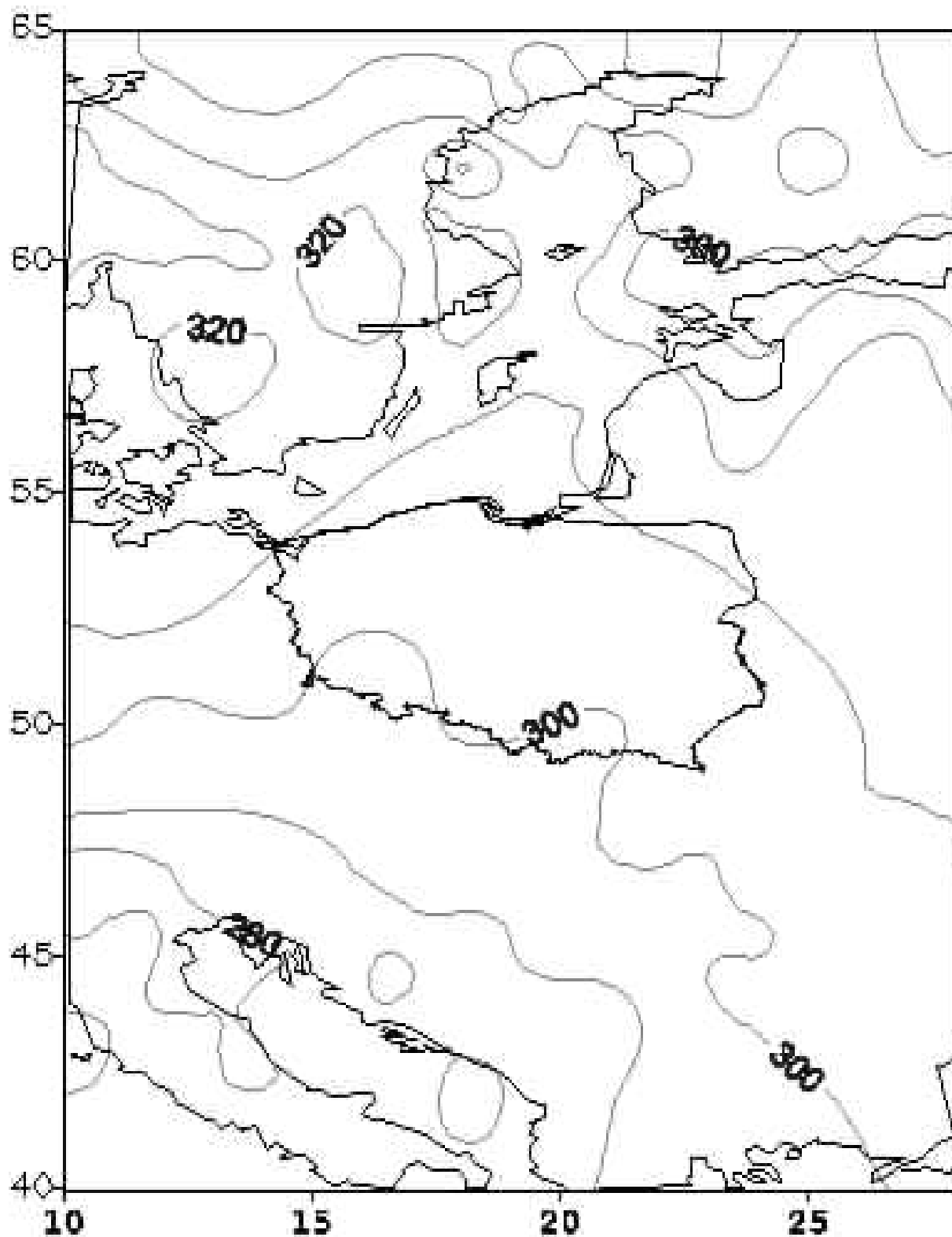
Całkowita zawartość ozonu [D]

10.08.11 01:43 GMT



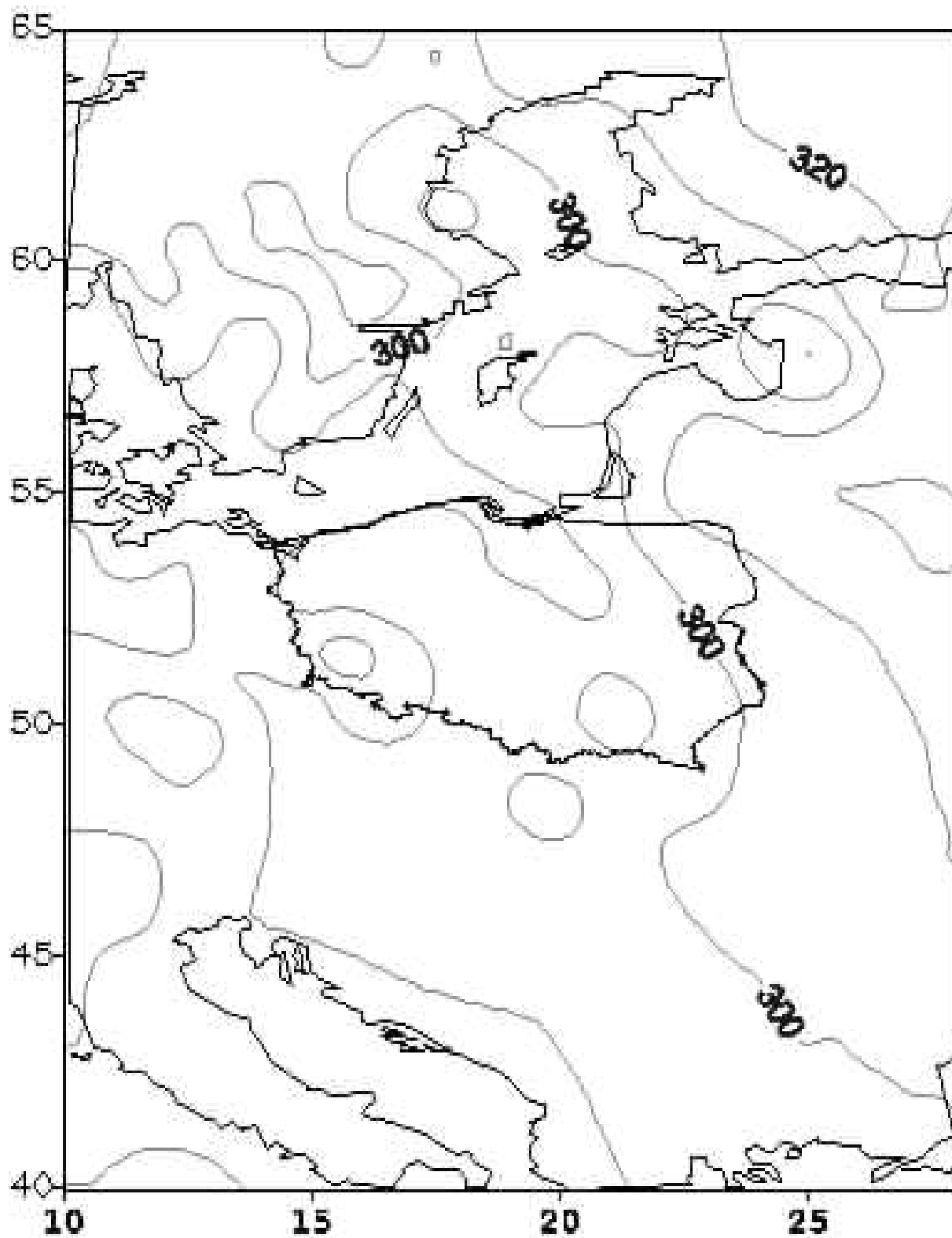
Calkowita zawartosc ozonu [D]

17.08.11 02:08 GMT



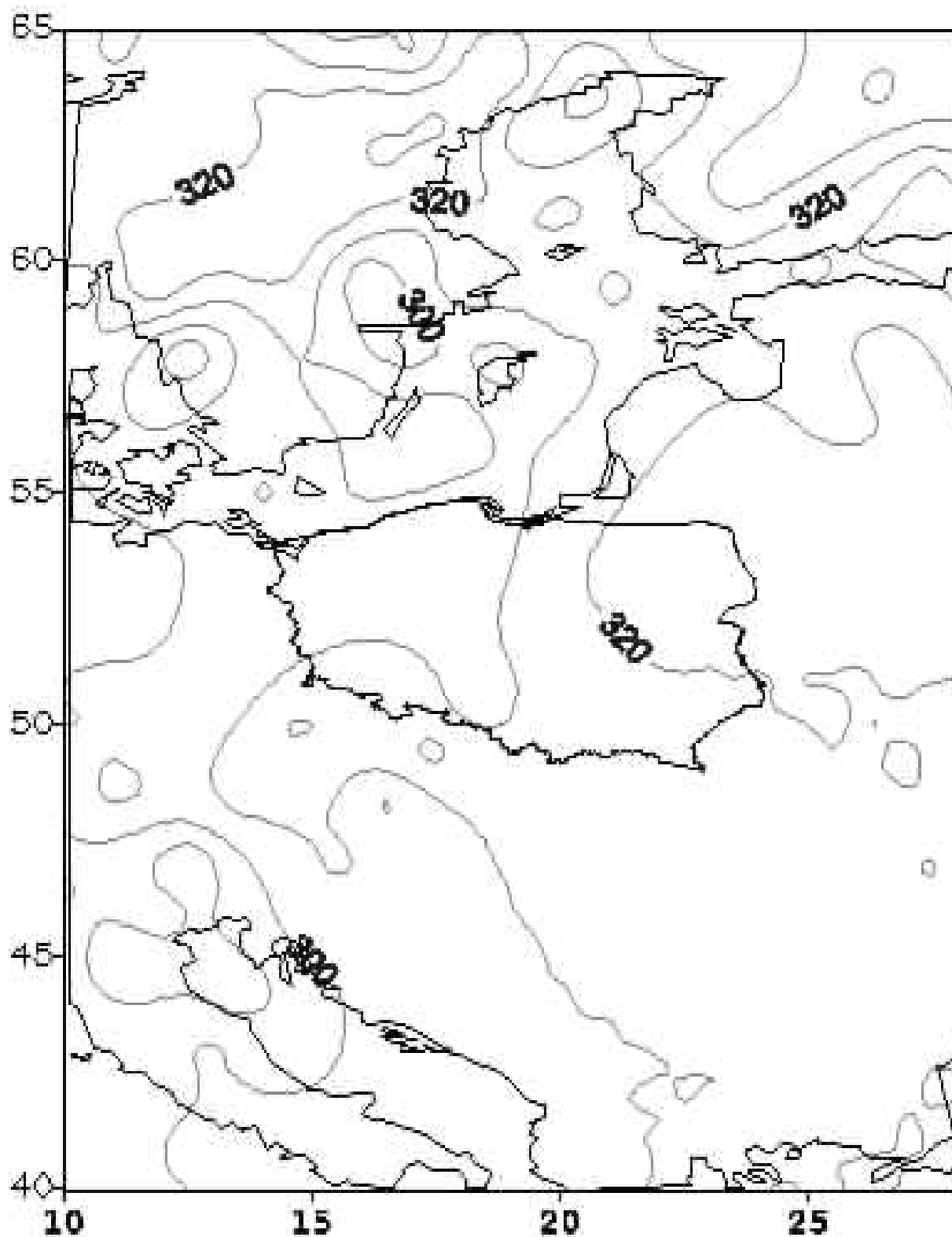
Calkowita zawartosc ozonu [D]

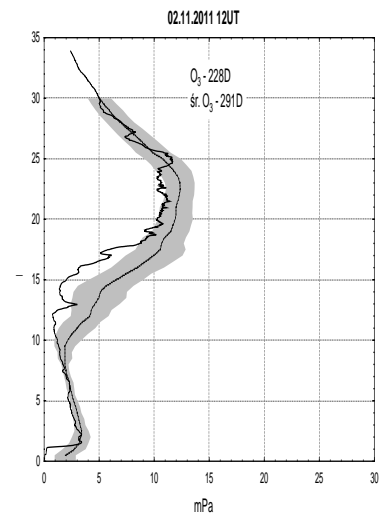
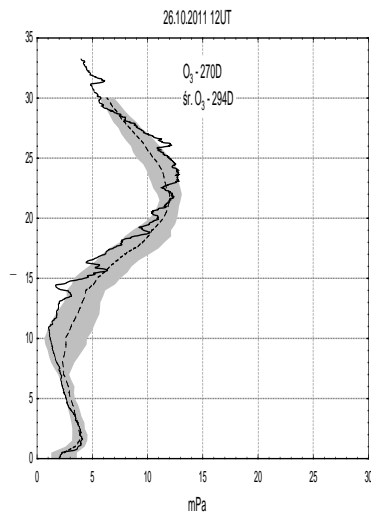
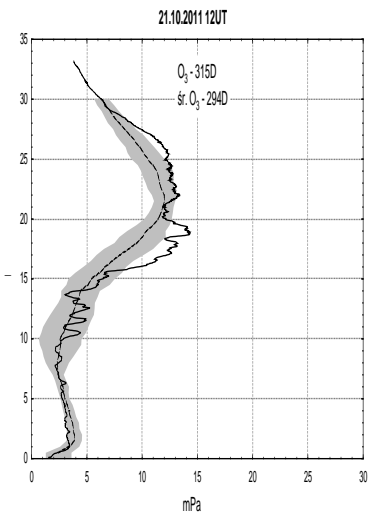
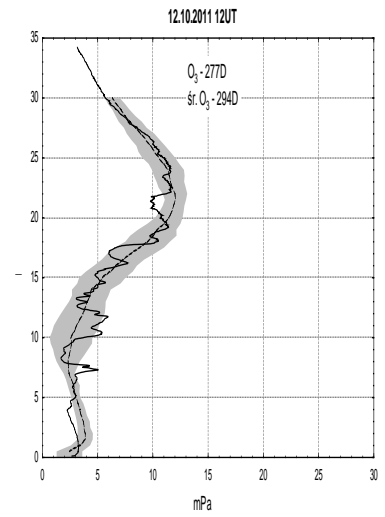
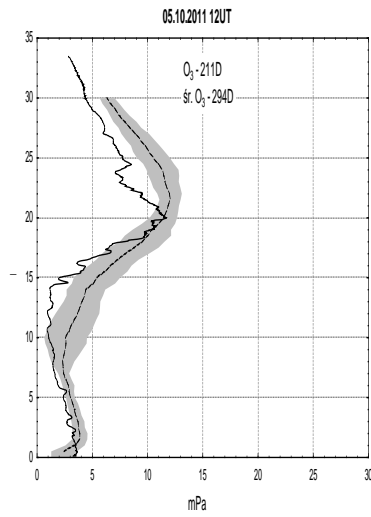
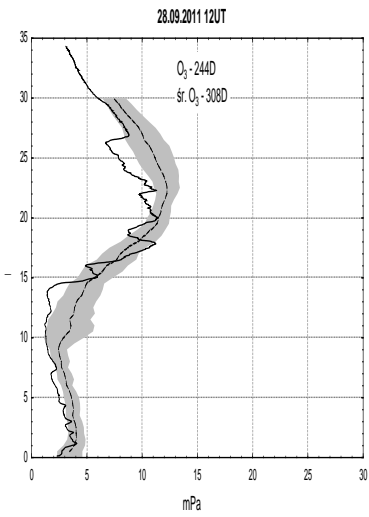
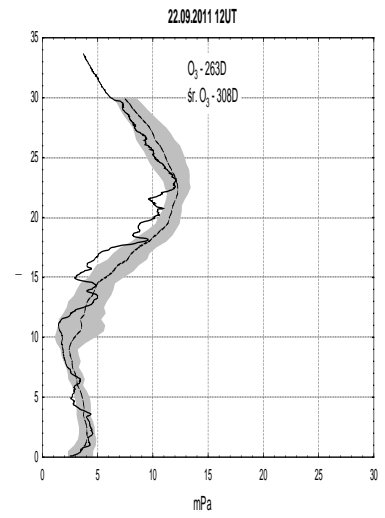
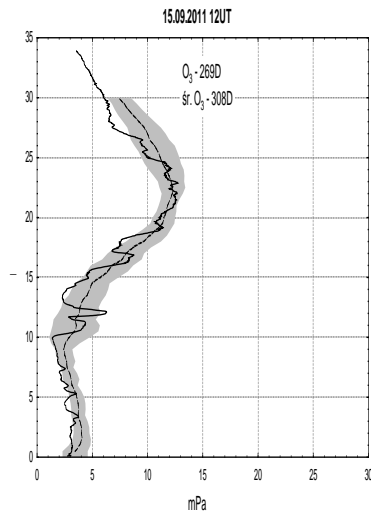
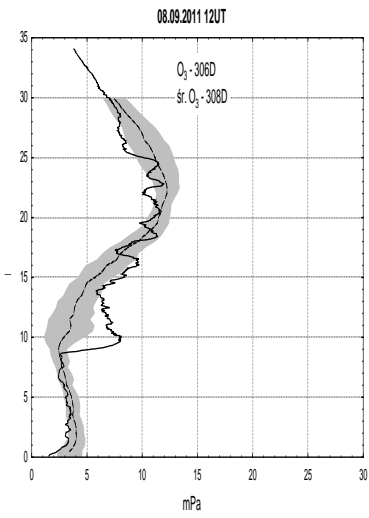
24.08.11 02:34 GMT



Calkowita zawartosc ozonu [D]

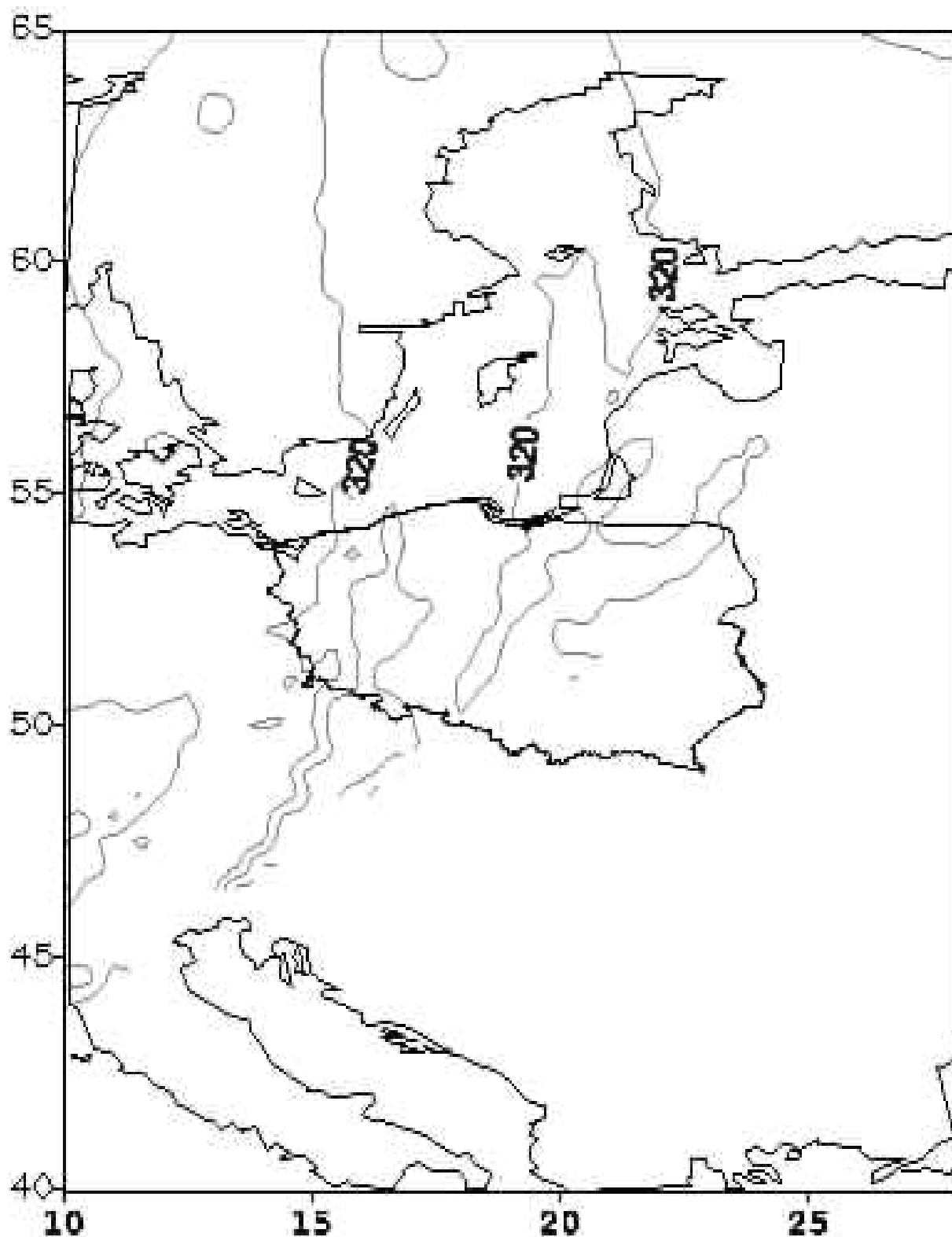
31.08.11 02:59 GMT





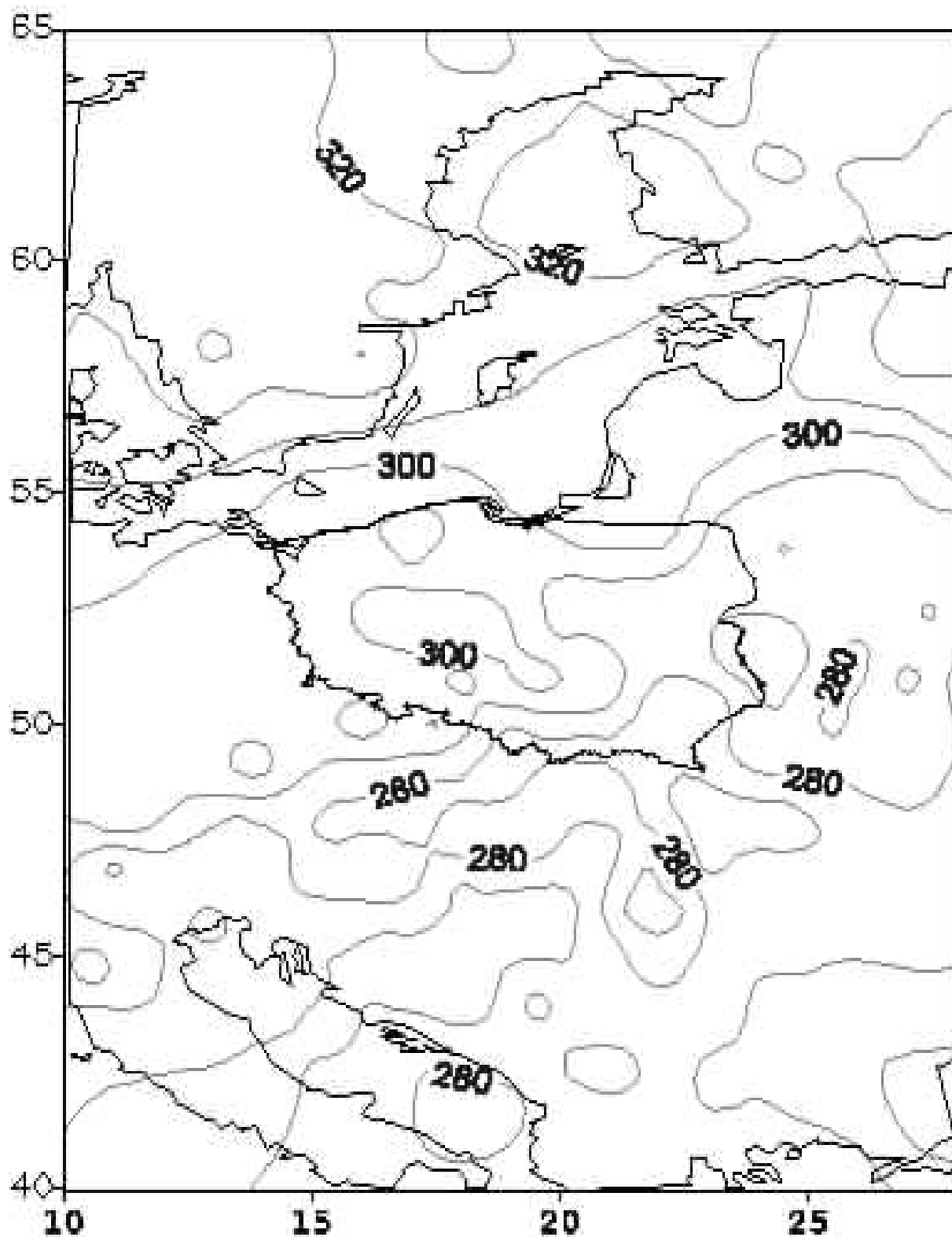
Całkowita zawartość ozonu [D]

08.09.11 03:38 GMT



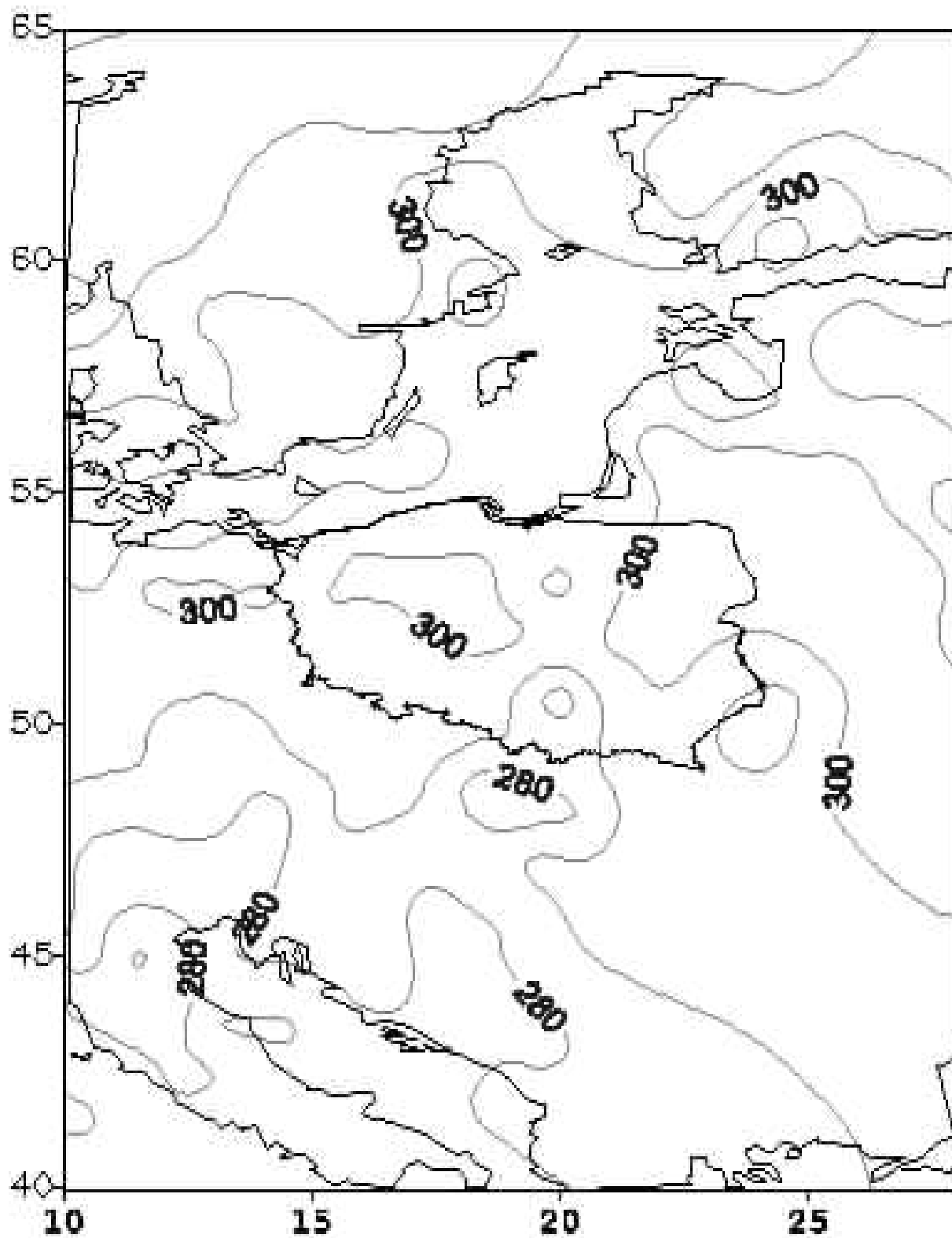
Calkowita zawartosc ozonu [D]

15.09.11 00:42 GMT



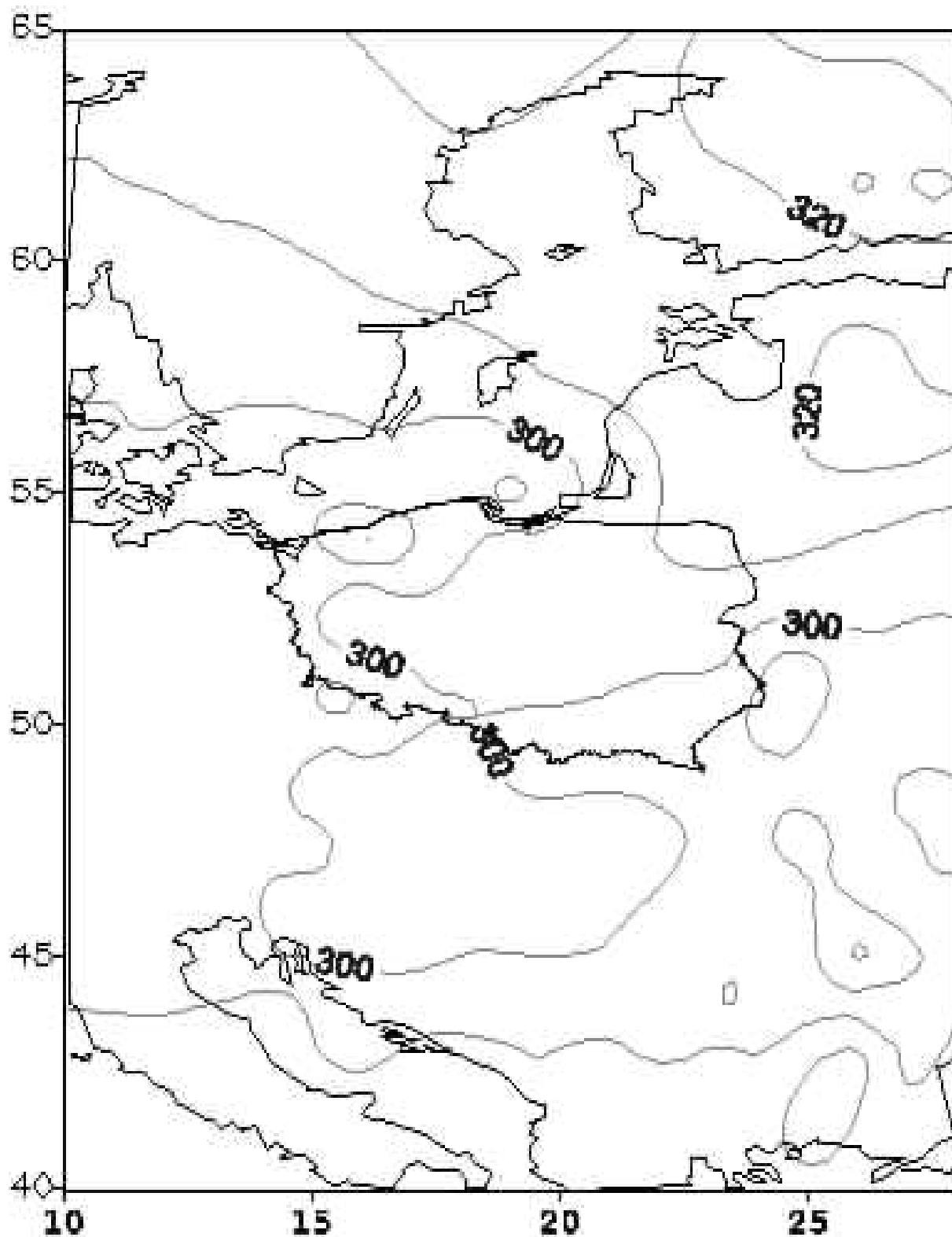
Calkowita zawartosc ozonu [D]

22.09.11 02:22 GMT



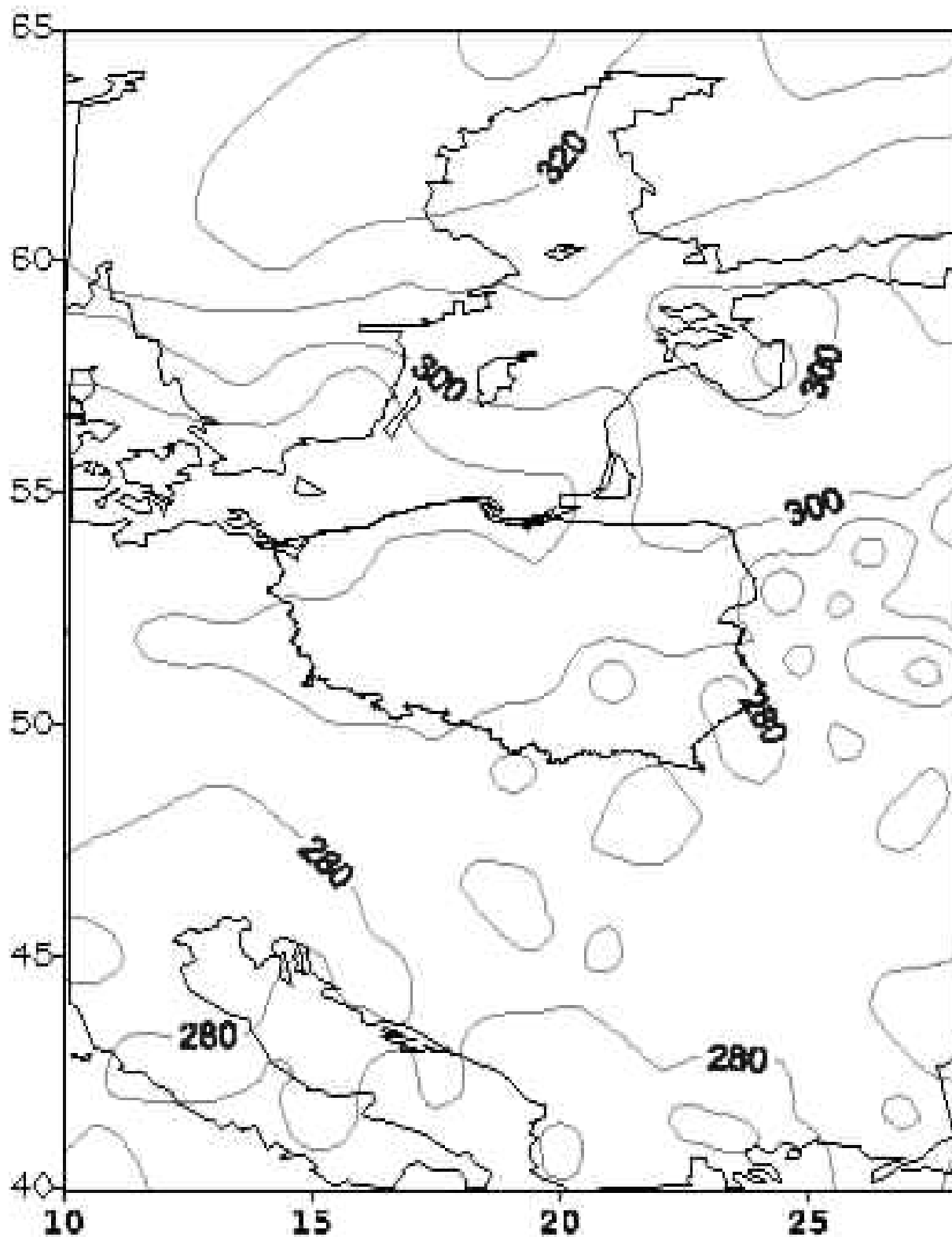
Całkowita zawartość ozonu [D]

28.09.11 01:18 GMT



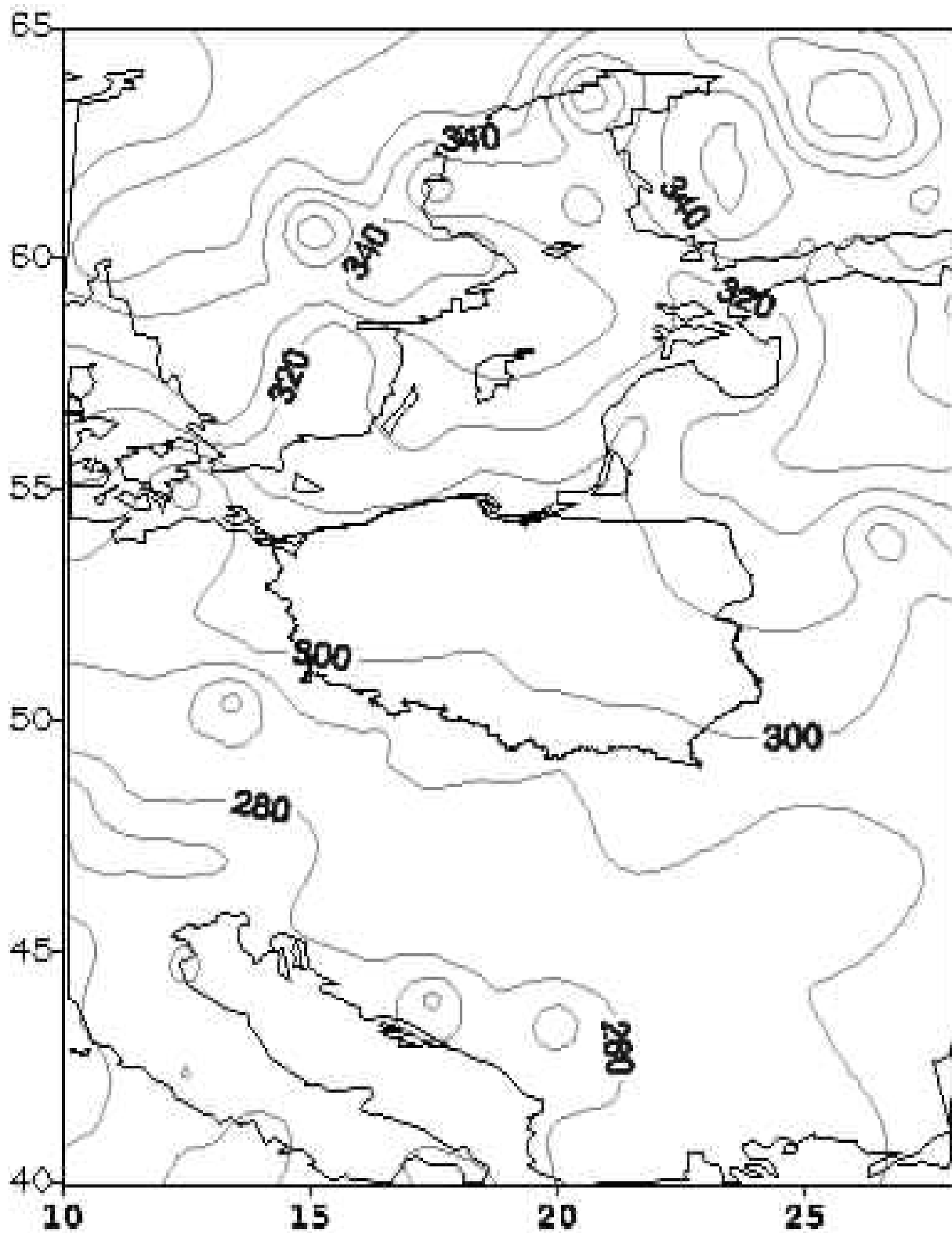
Calkowita zawartosc ozonu [D]

05.10.11 01:42 GMT



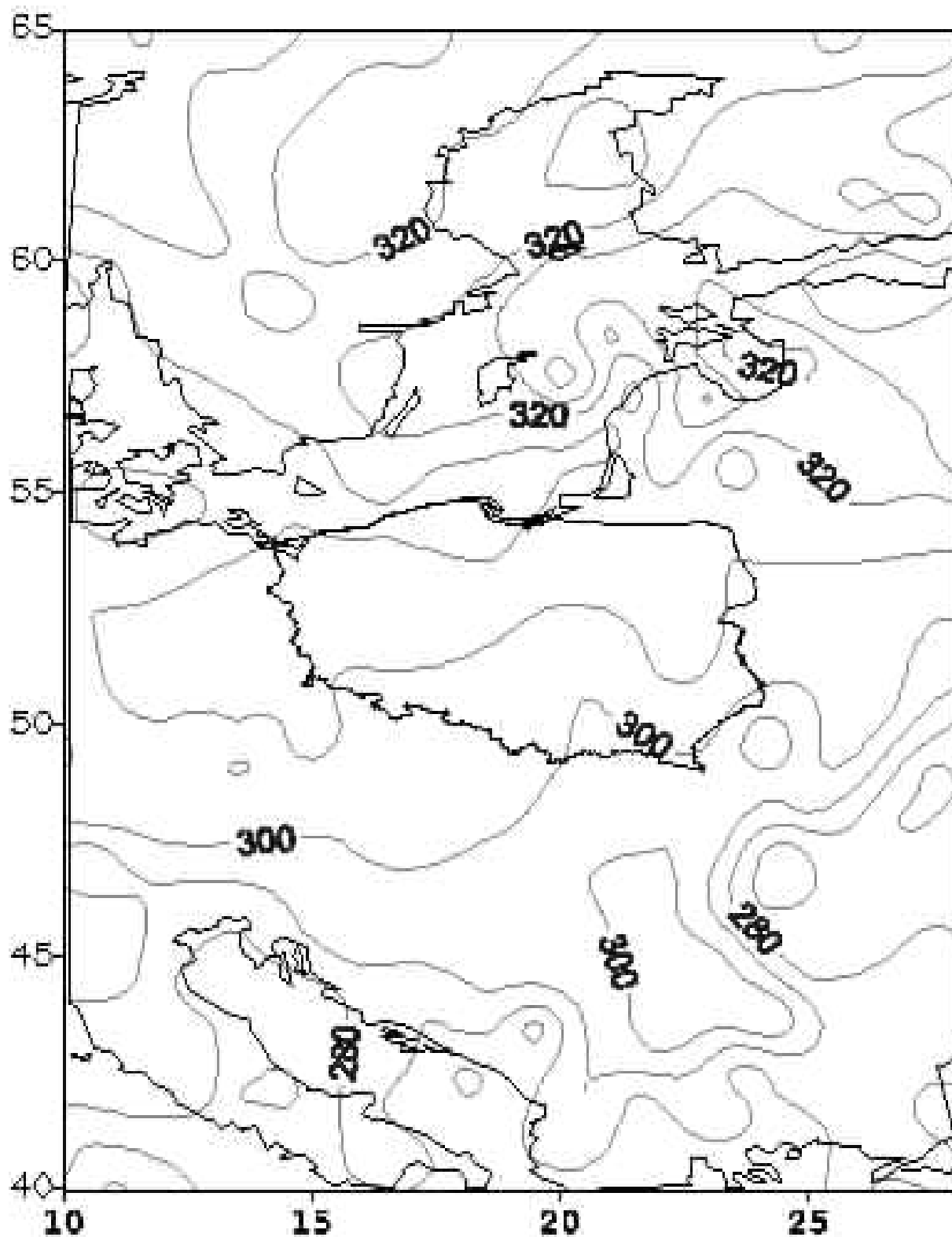
Całkowita zawartość ozonu [D]

12.10.11 02:10 GMT



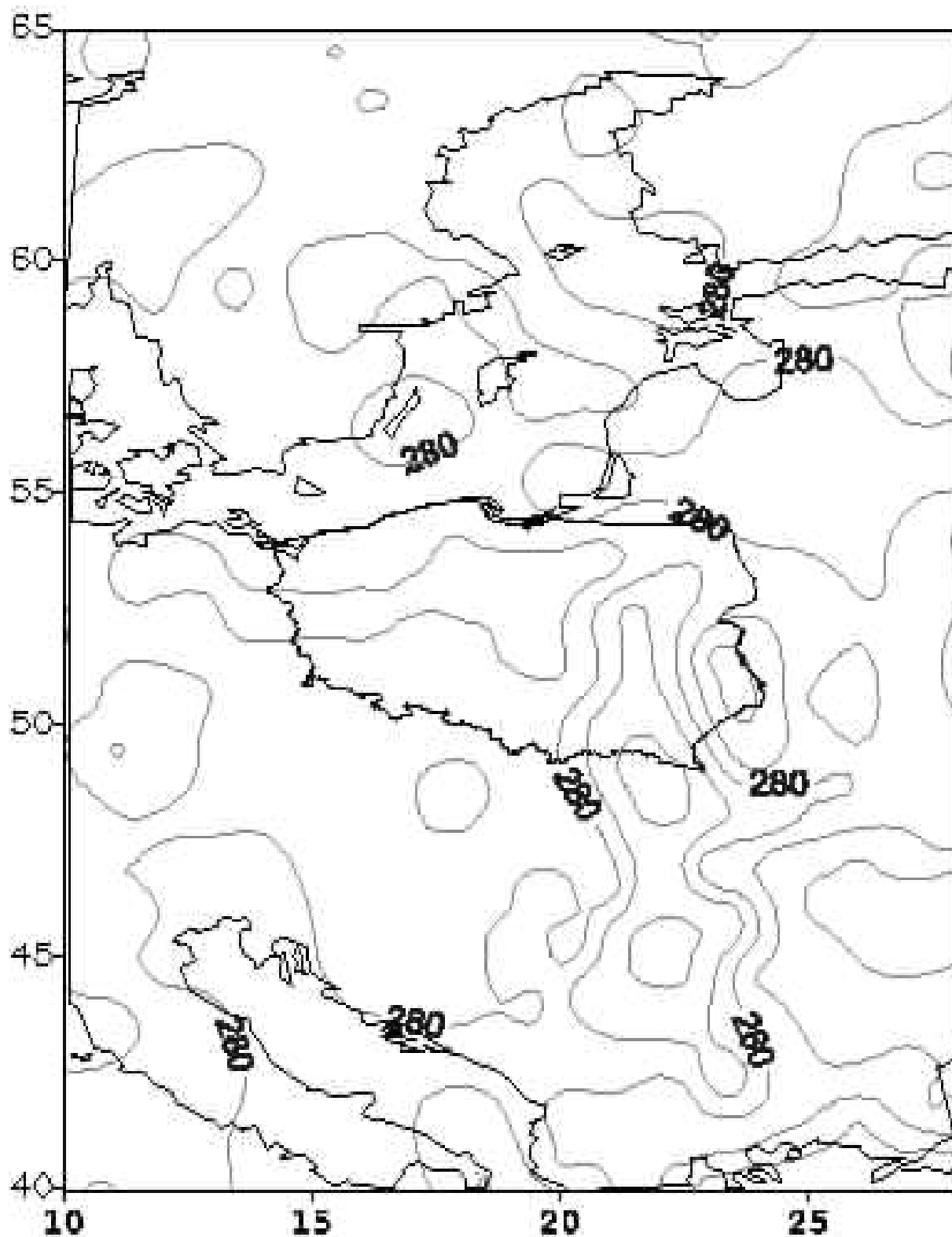
Calkowita zawartosc ozonu [D]

21.10.11 01:07 GMT



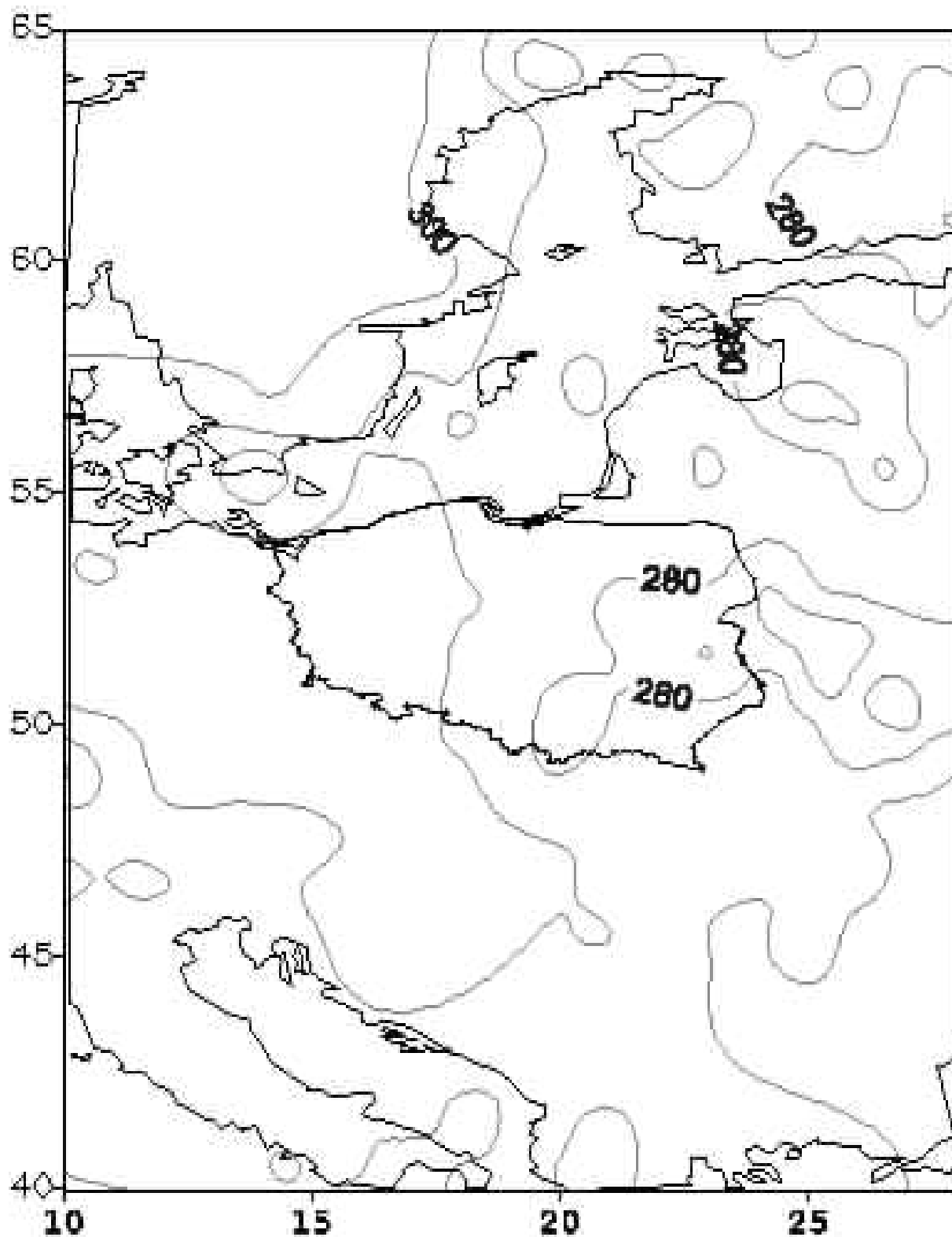
Calkowita zawartosc ozonu [D]

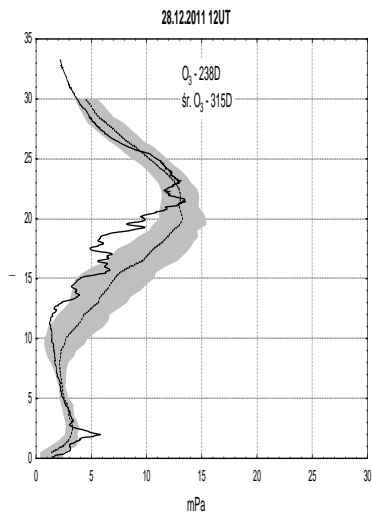
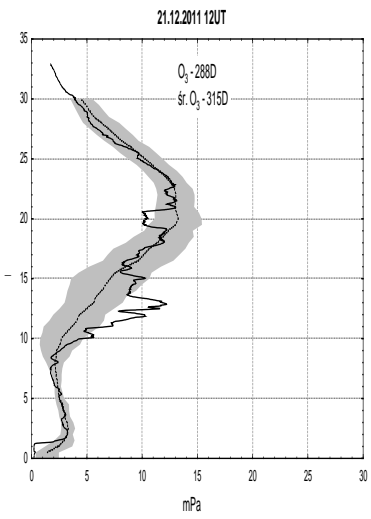
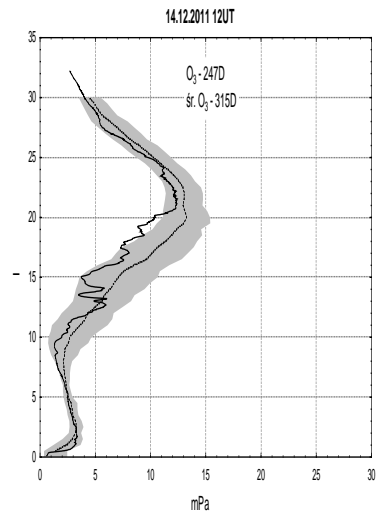
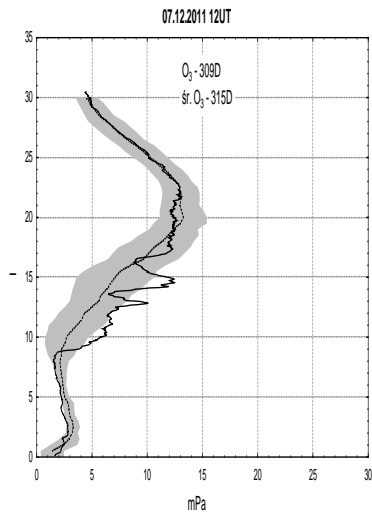
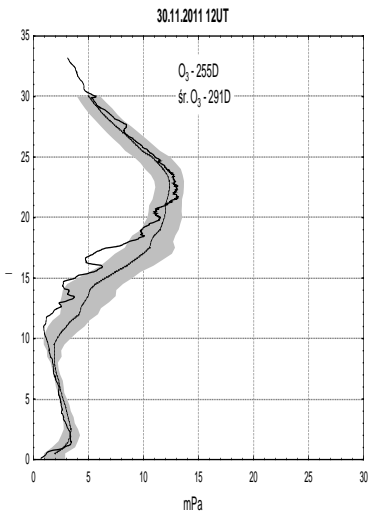
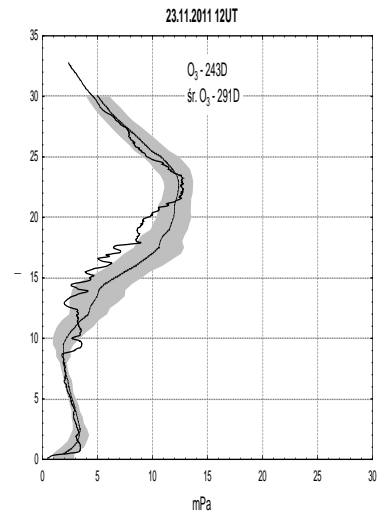
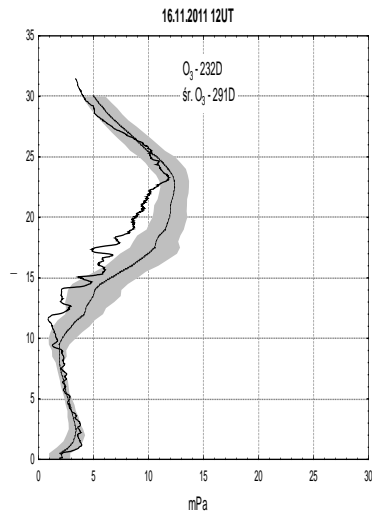
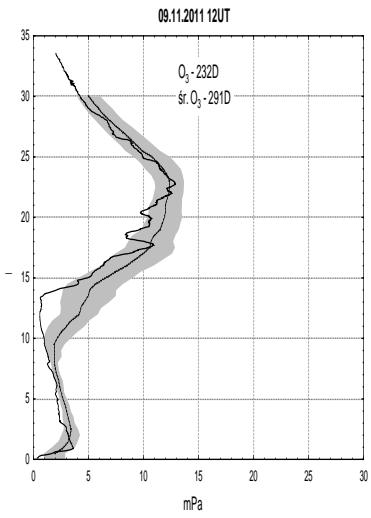
28.10.11 11:48 GMT



Całkowita zawartość ozonu [D]

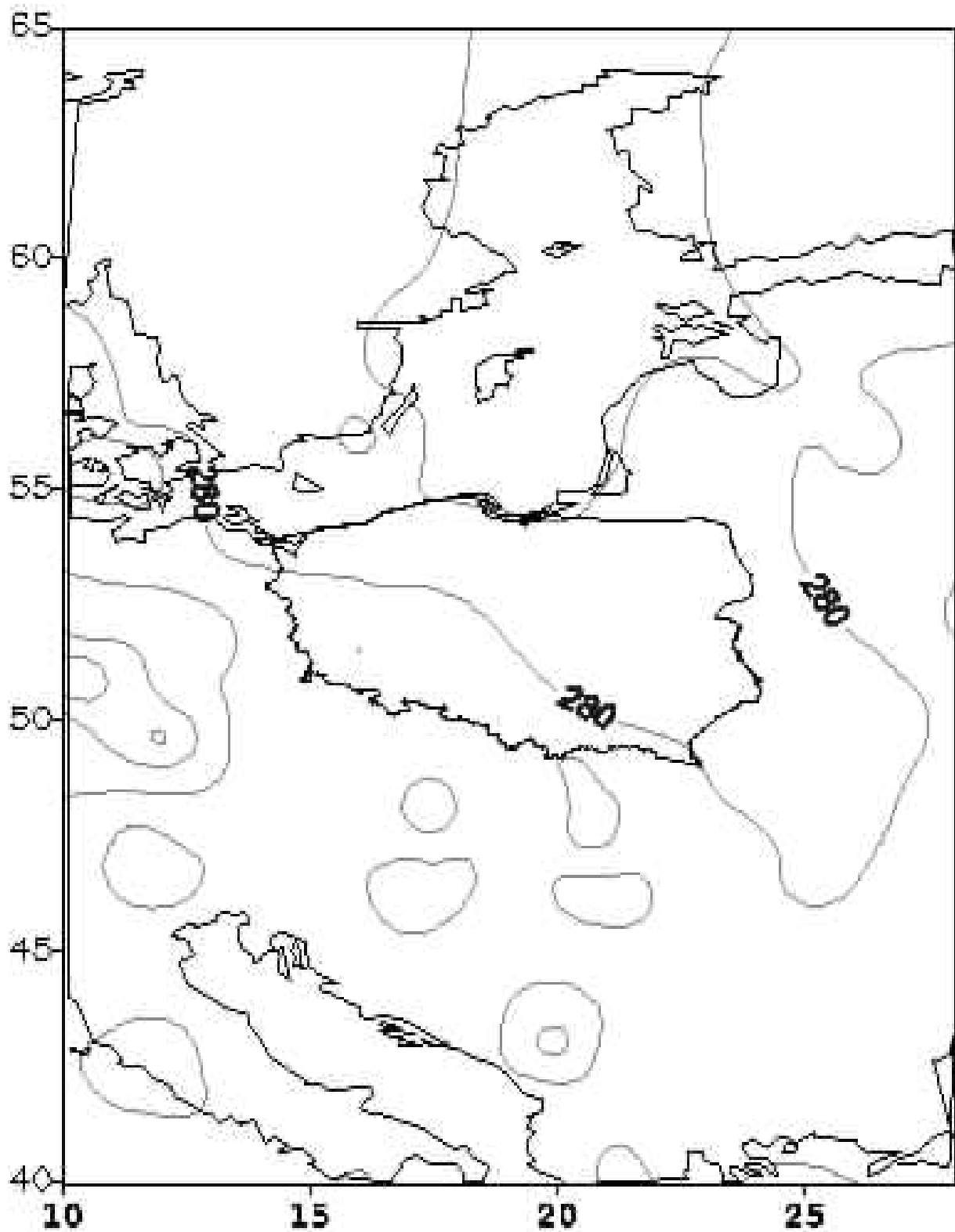
02.11.11 01:44 GMT





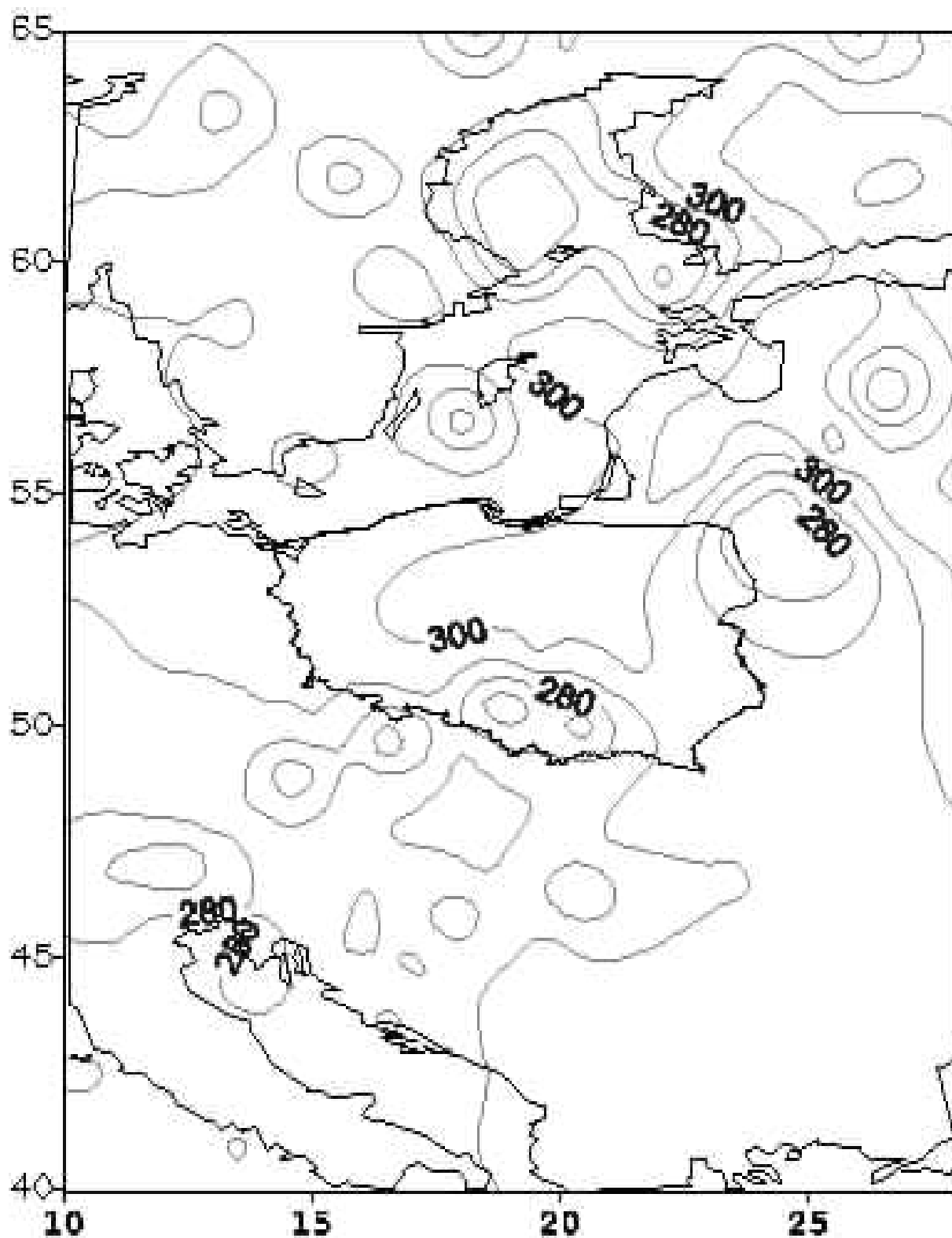
Calkowita zawartosc ozonu [D]

09.11.11 07:18 GMT



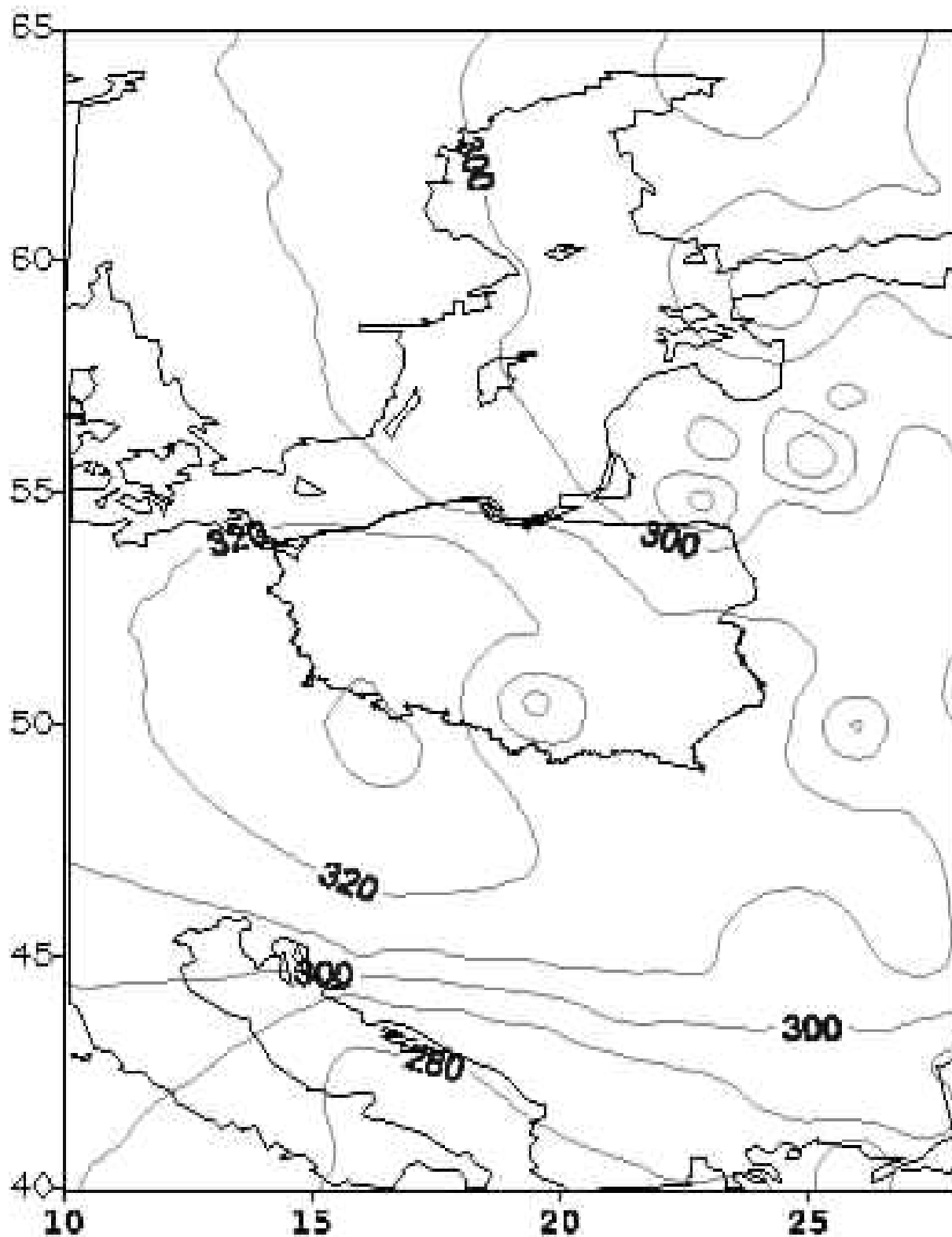
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.11.11 02:34 GMT



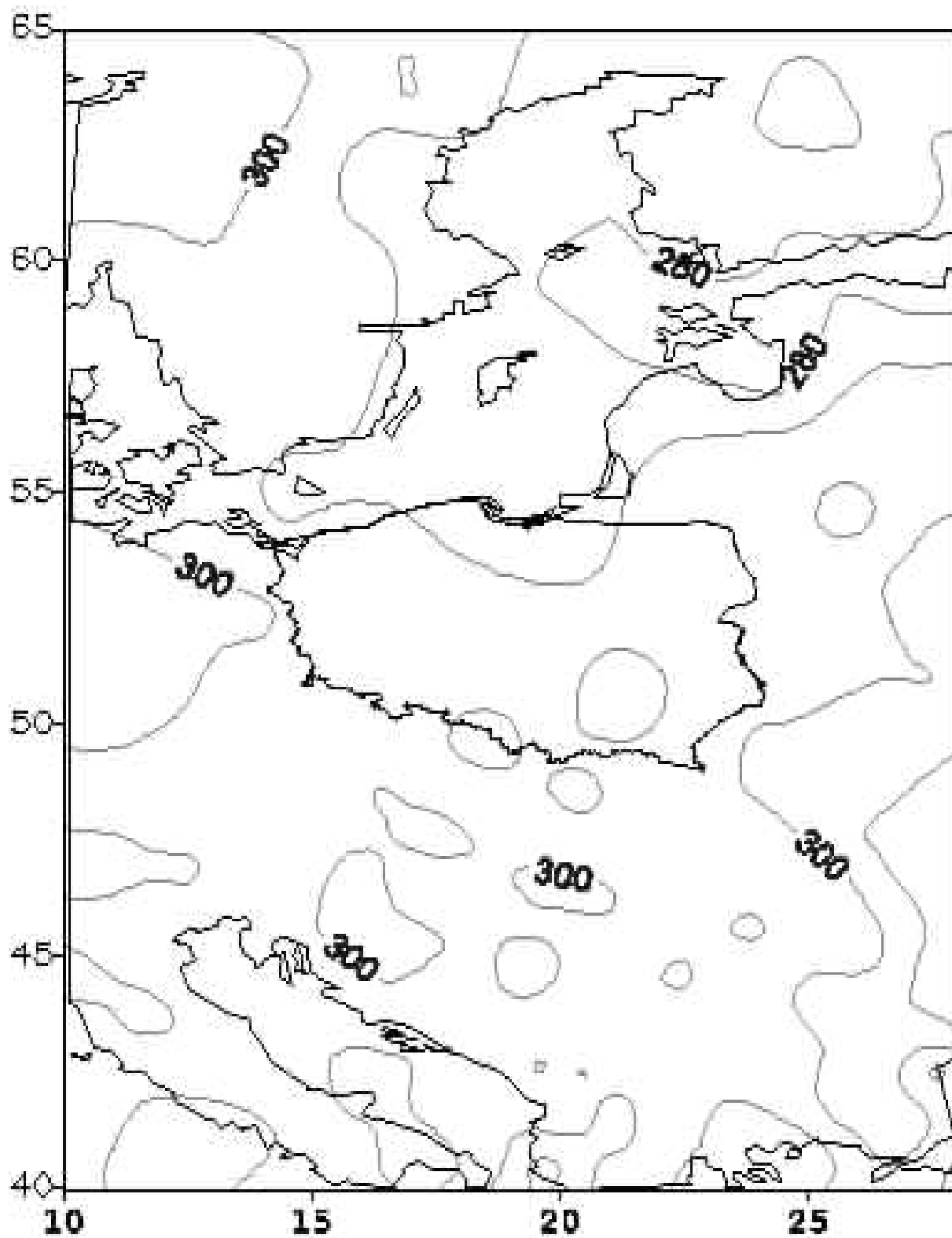
Calkowita zawartosc ozonu [D]

23.11.11 01:15 GMT



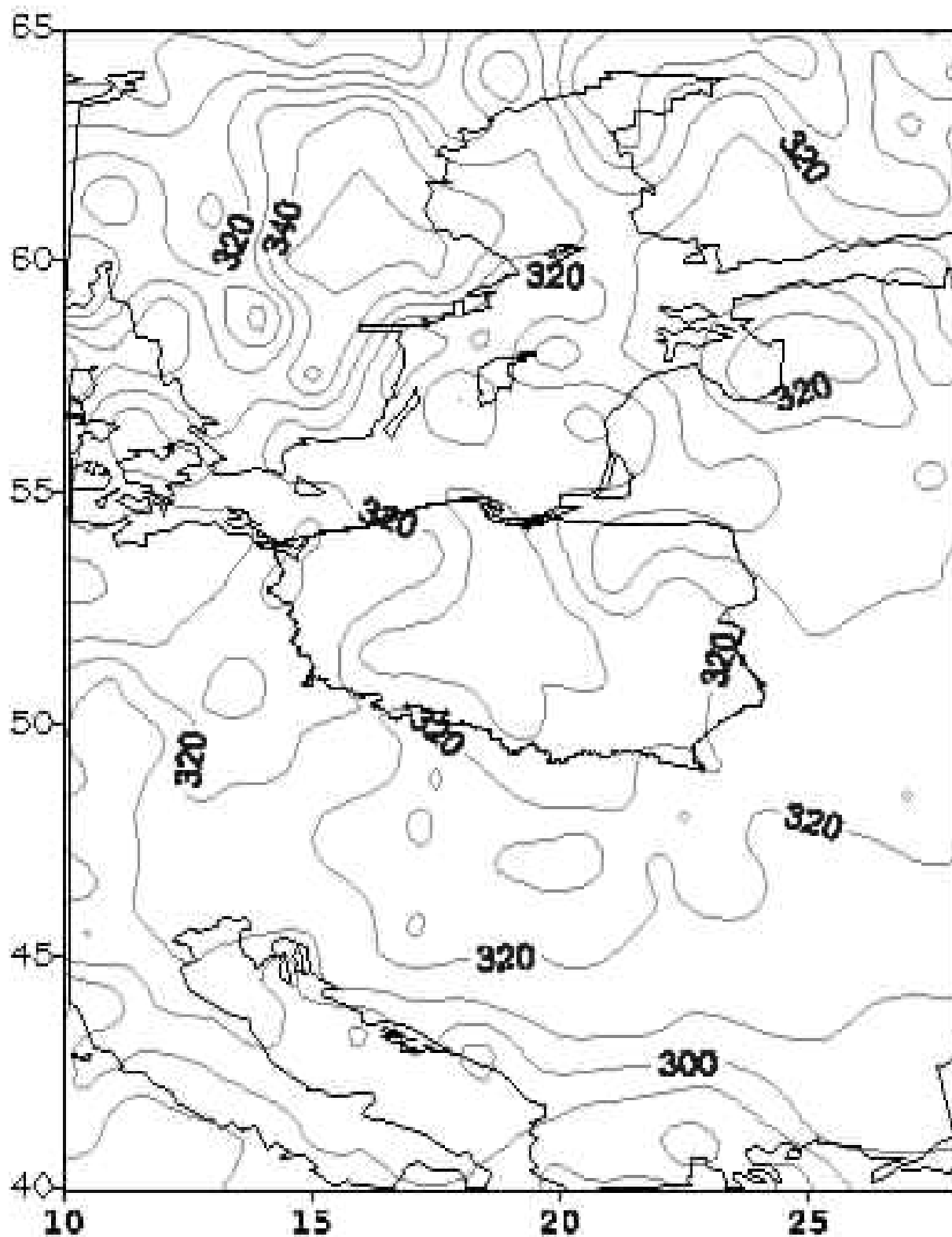
Calkowita zawartosc ozonu [D]

30.11.11 01:40 GMT



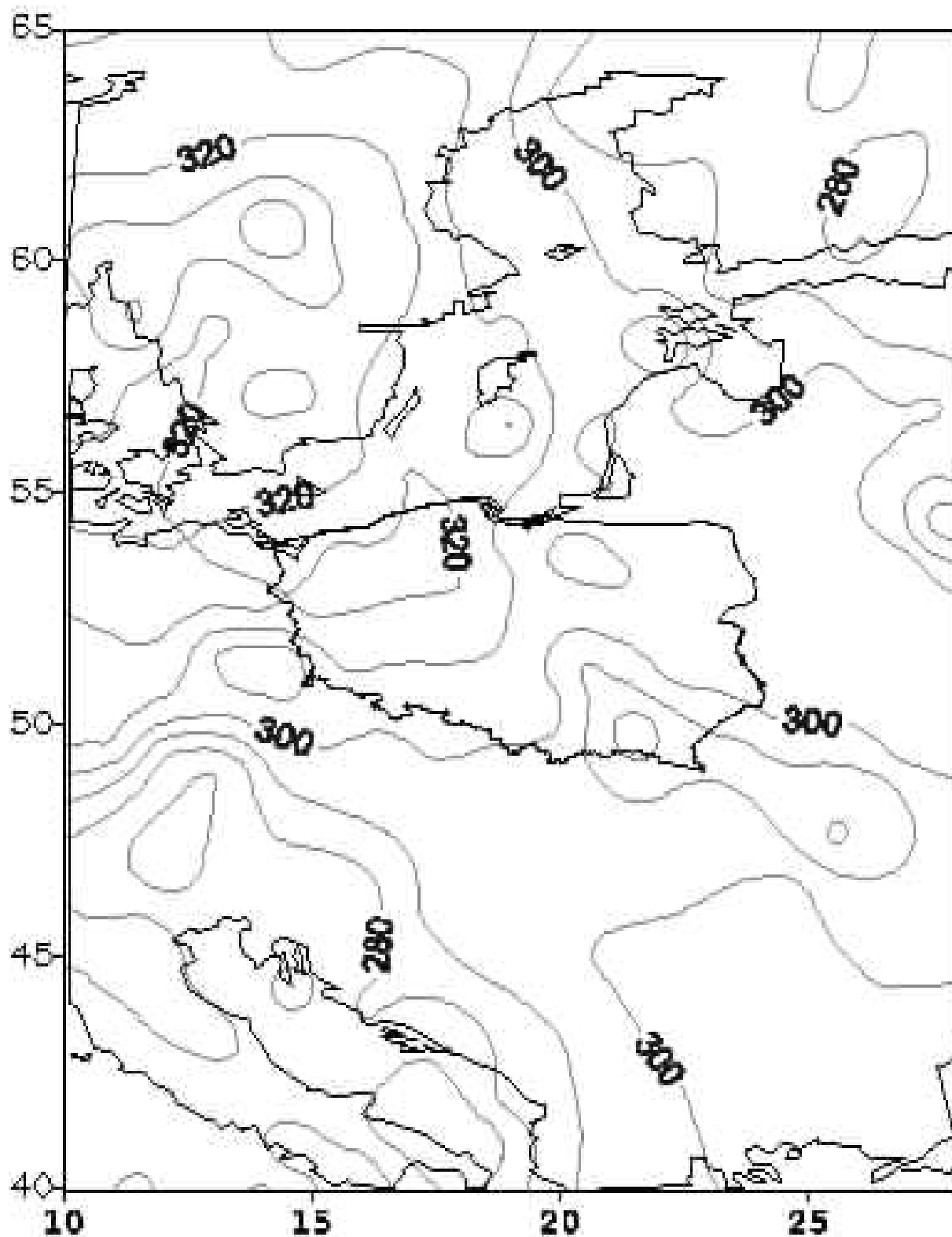
Calkowita zawartosc ozonu [D]

07.12.11 01:18 GMT



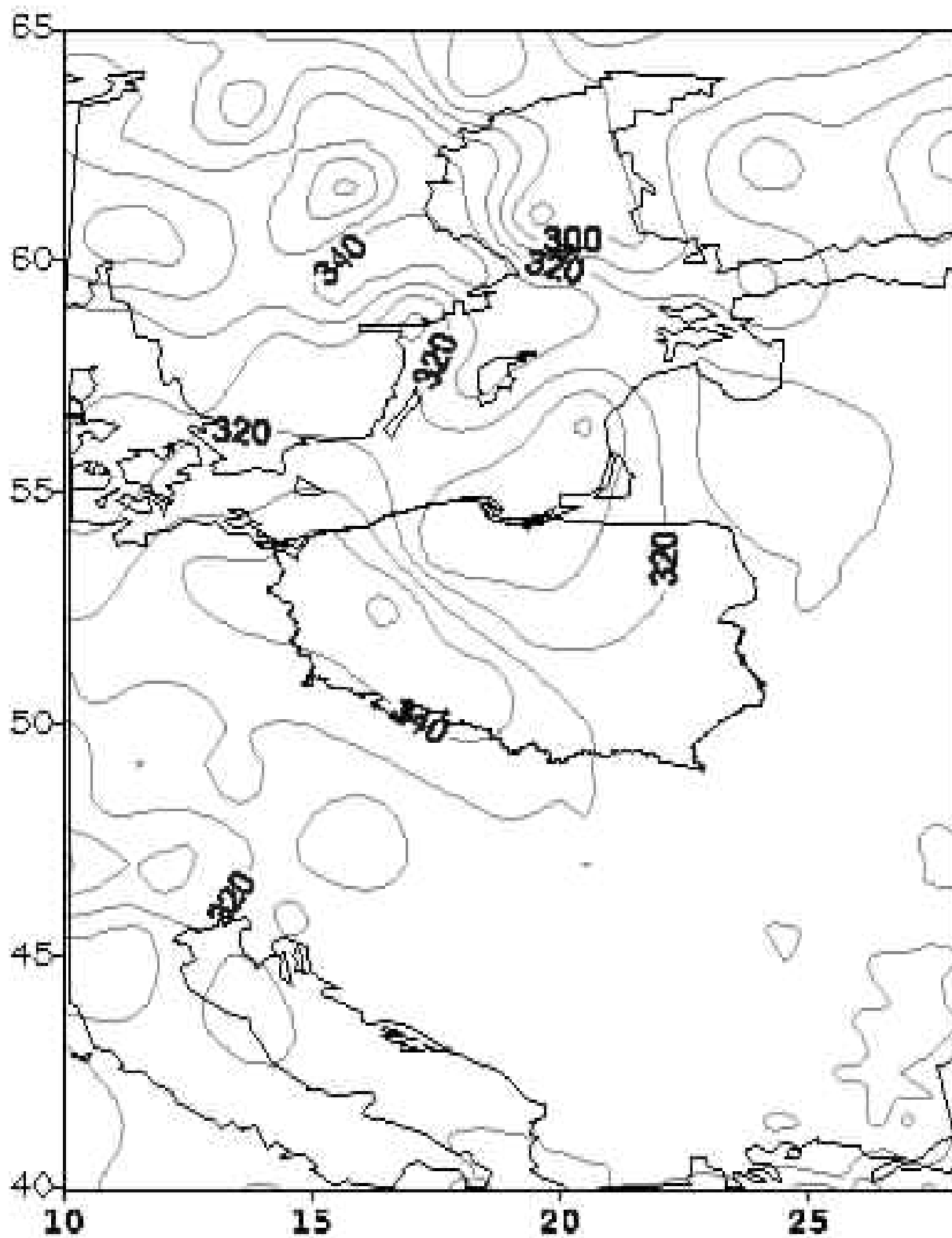
Calkowita zawartosc ozonu [D]

14.12.11 02:30 GMT



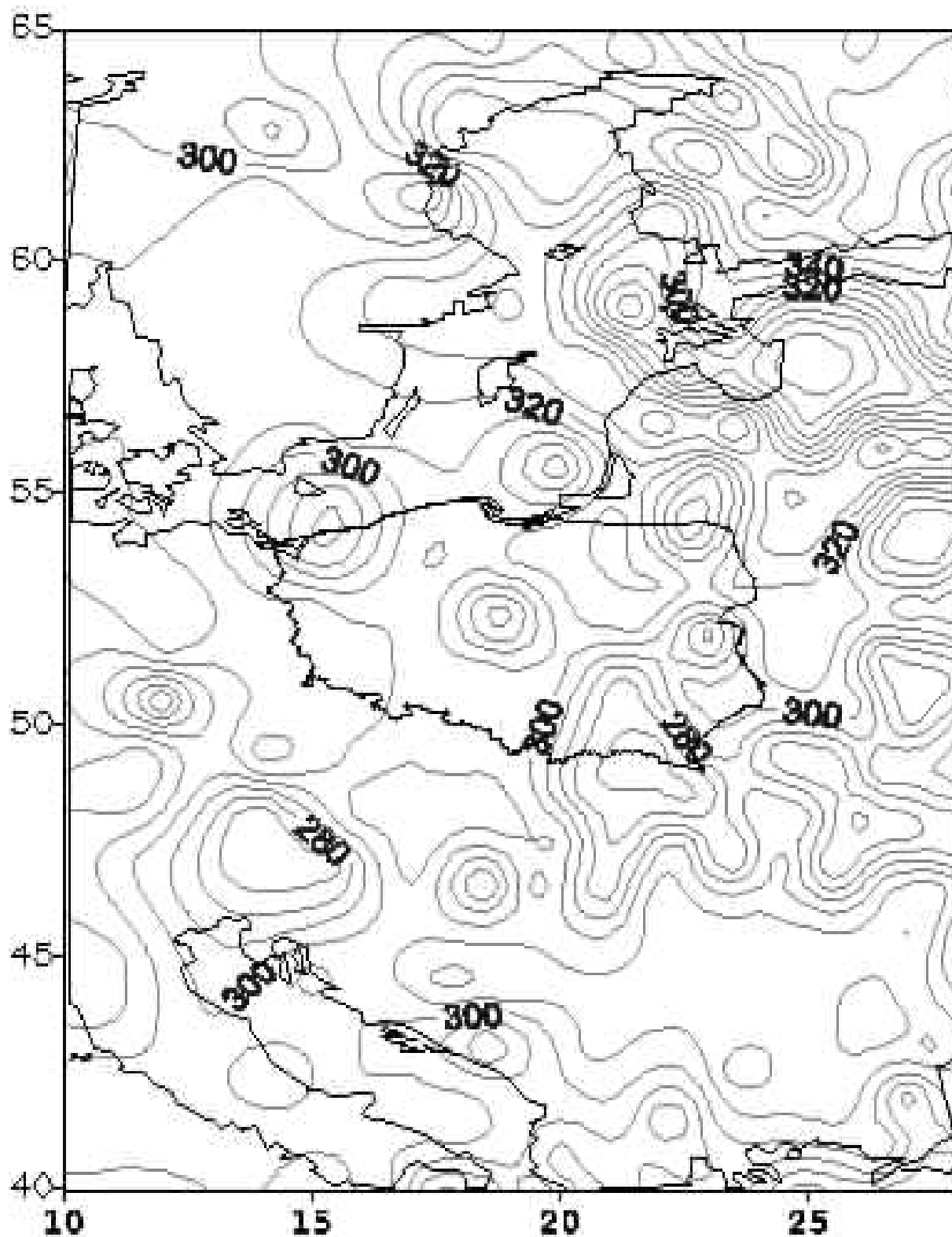
Całkowita zawartość ozonu [D]

21.12.11 02:11 GMT



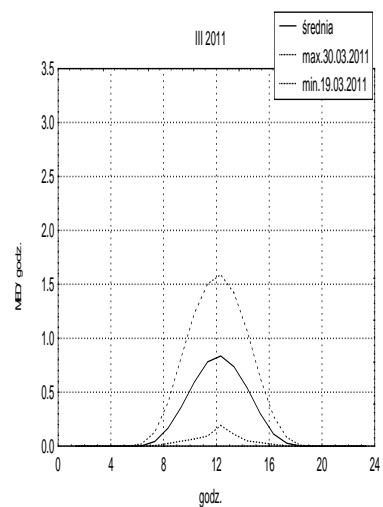
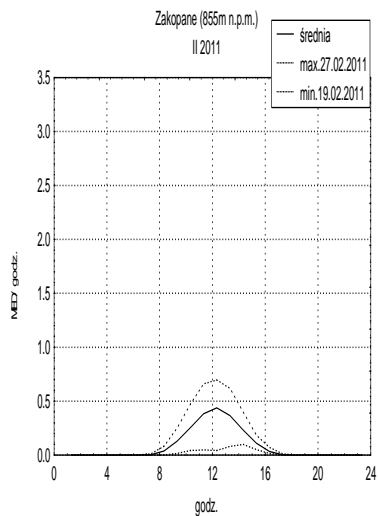
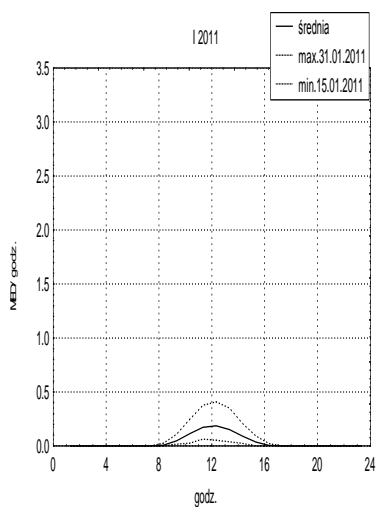
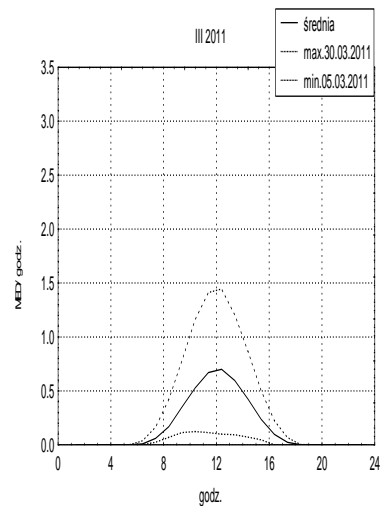
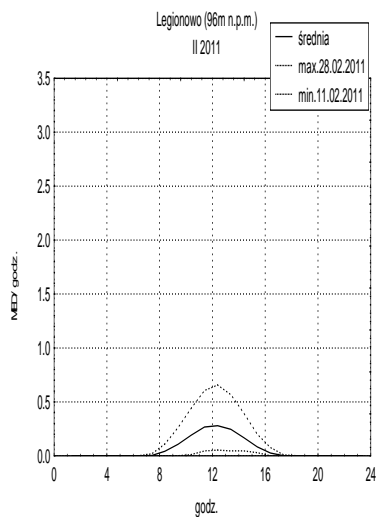
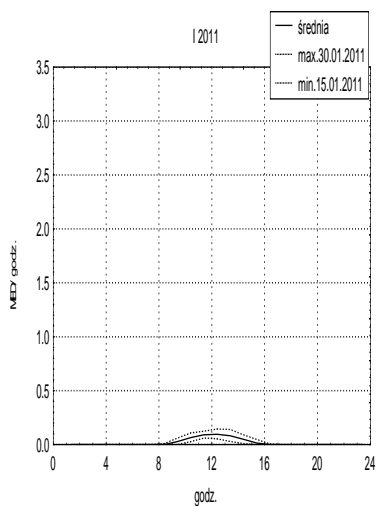
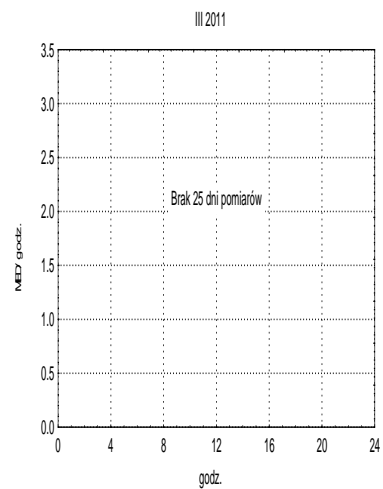
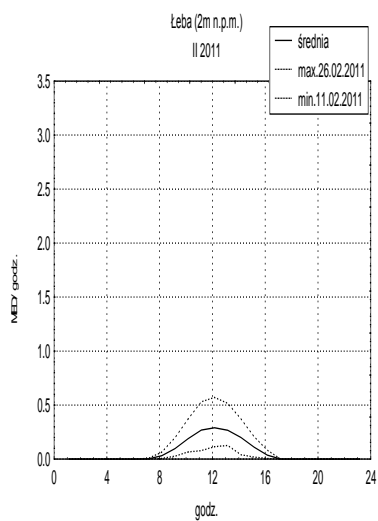
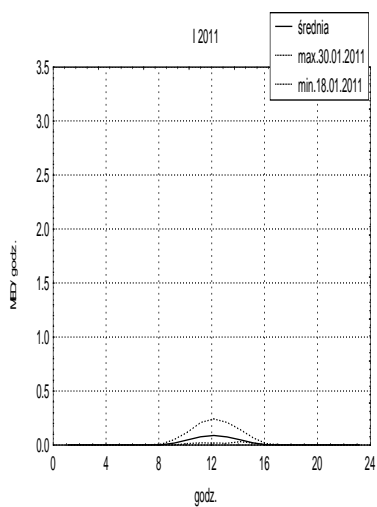
Calkowita zawartosc ozonu [D]

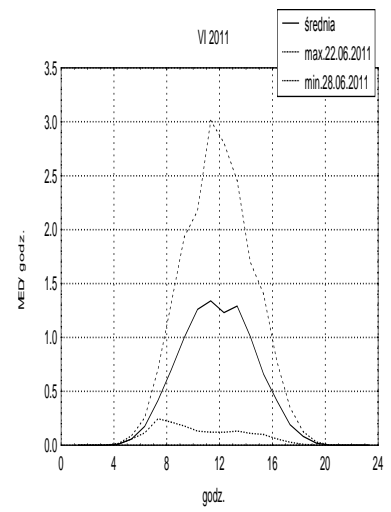
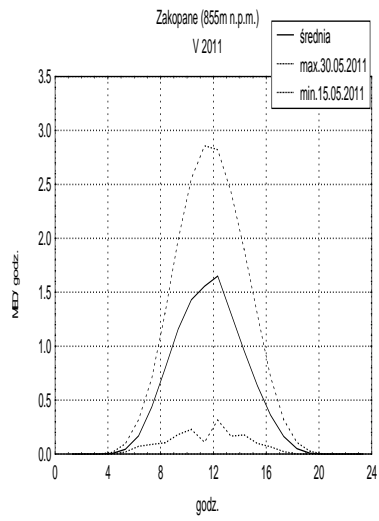
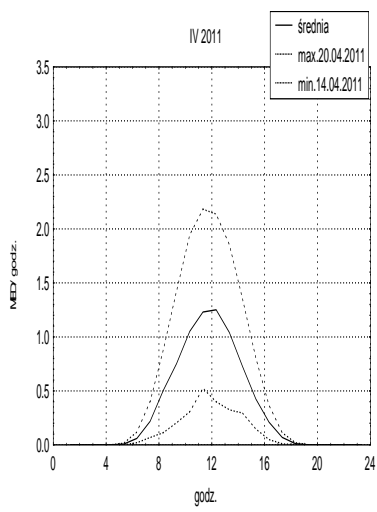
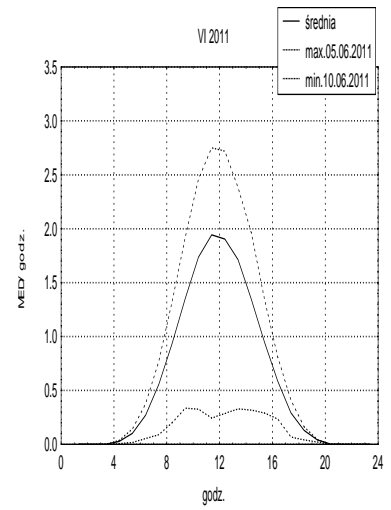
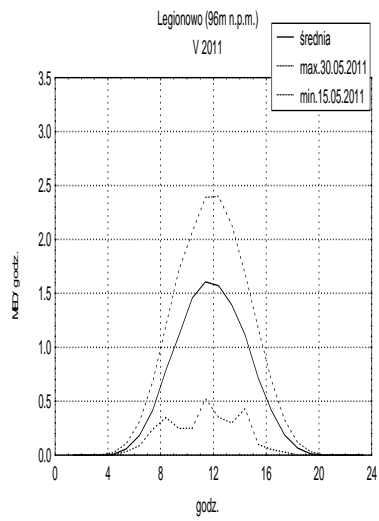
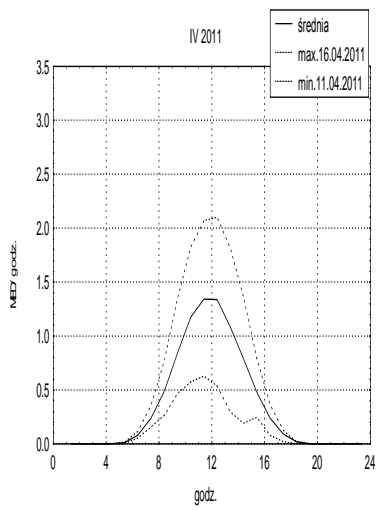
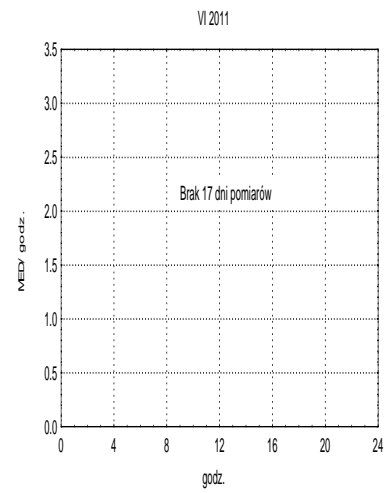
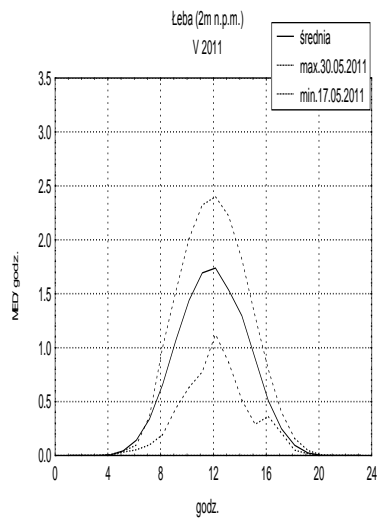
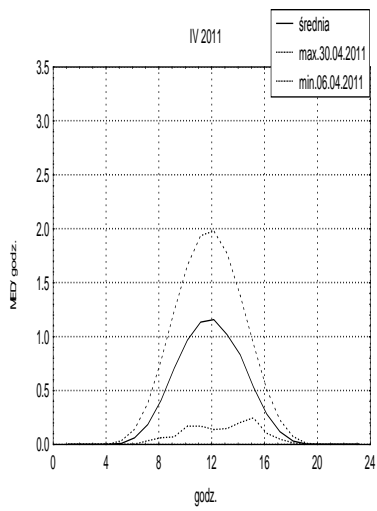
28.12.11 01:39 GMT

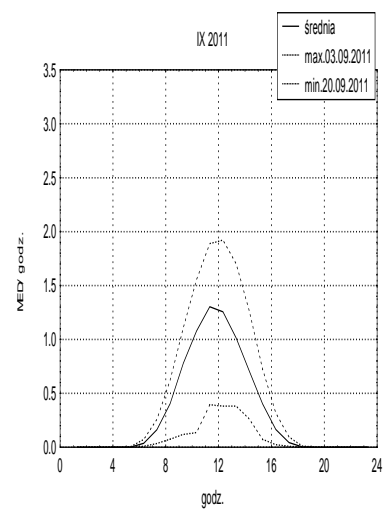
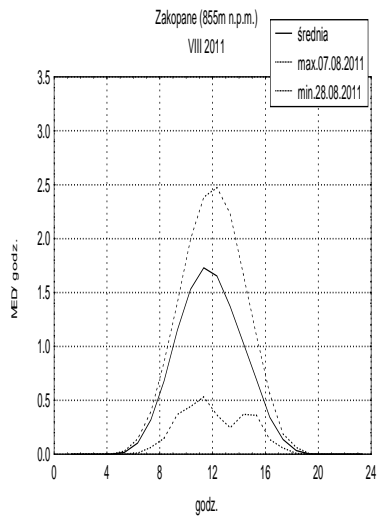
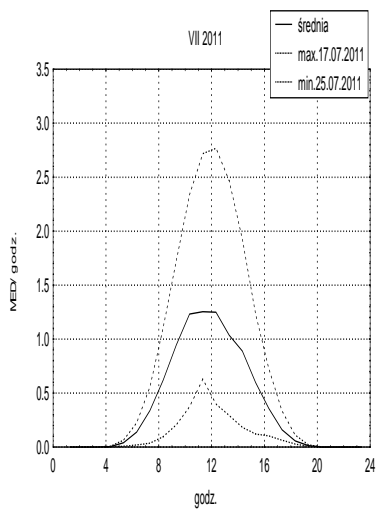
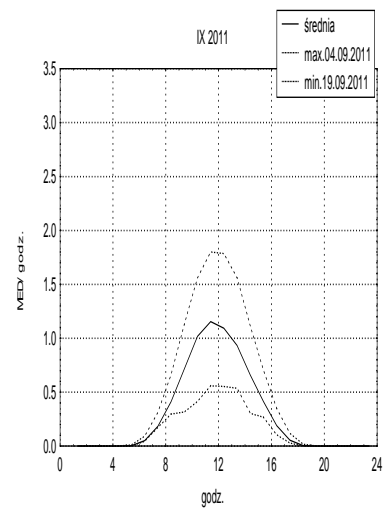
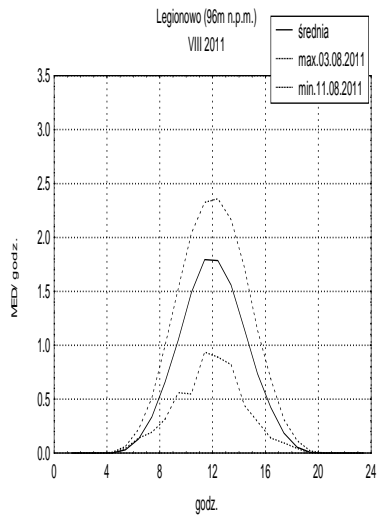
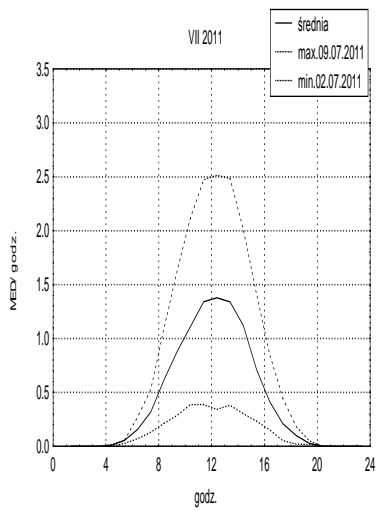
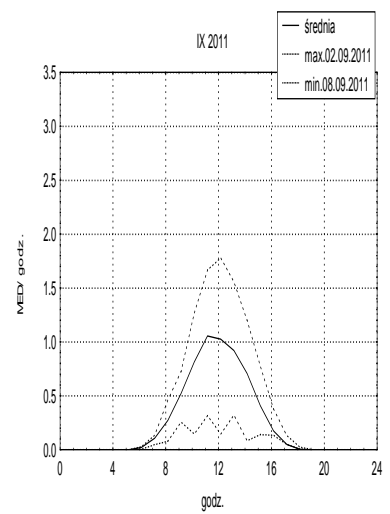
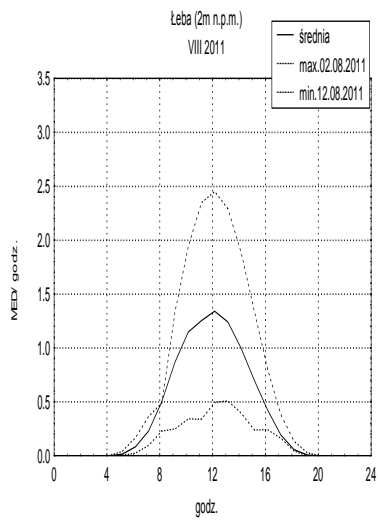
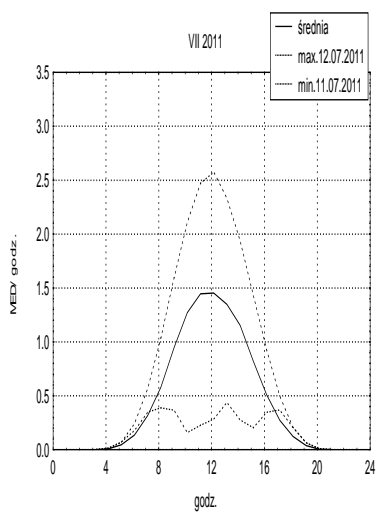


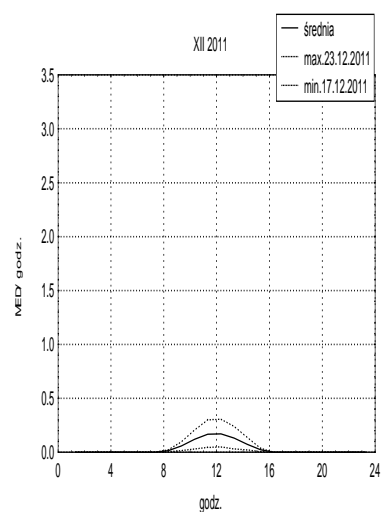
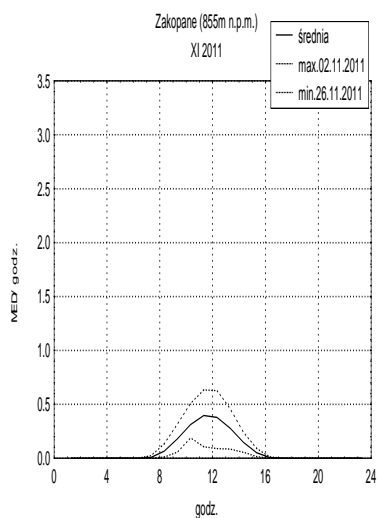
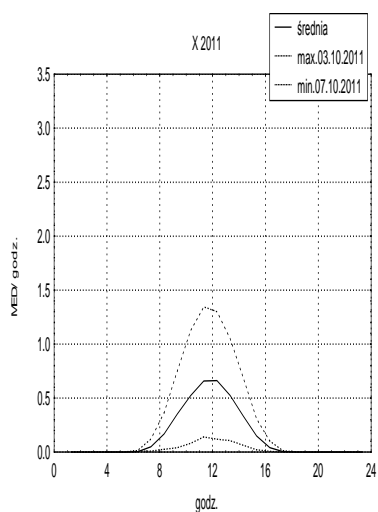
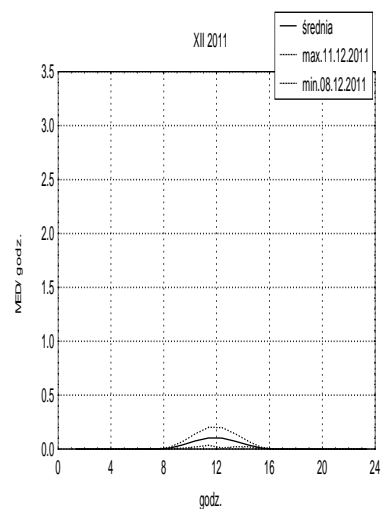
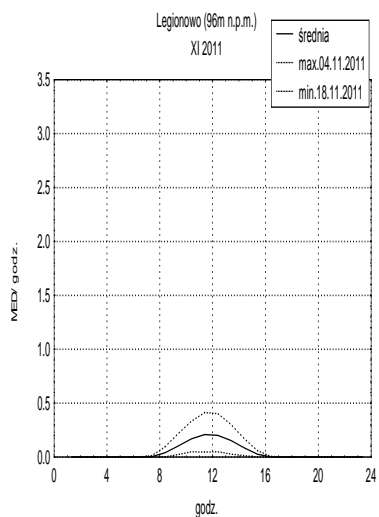
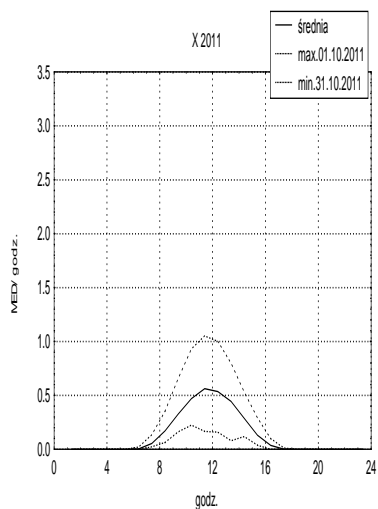
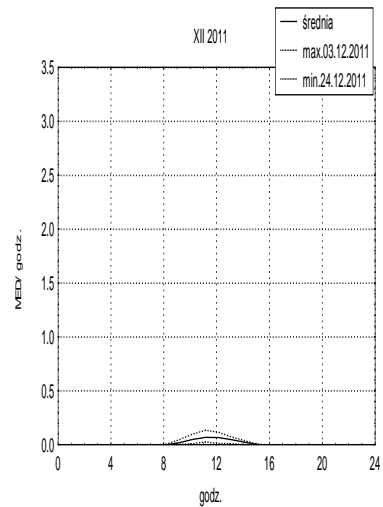
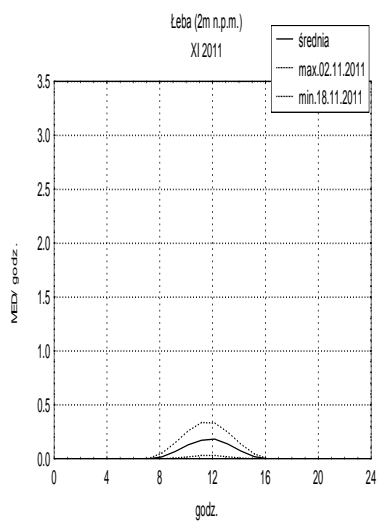
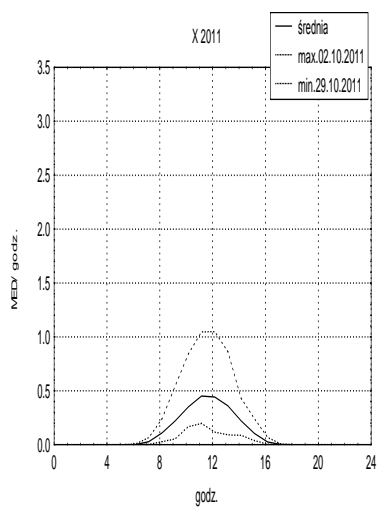
ZAŁĄCZNIK 5

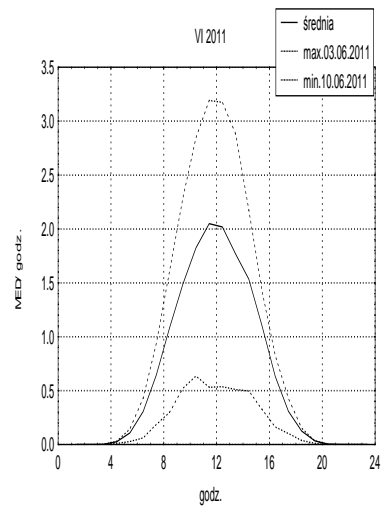
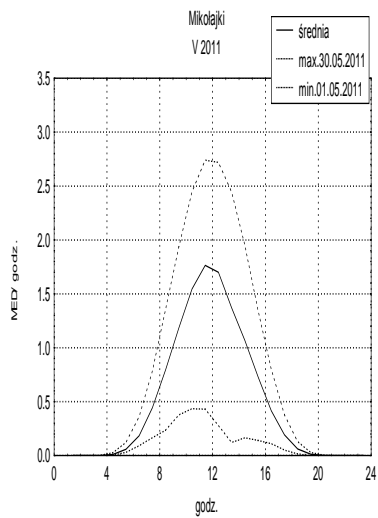
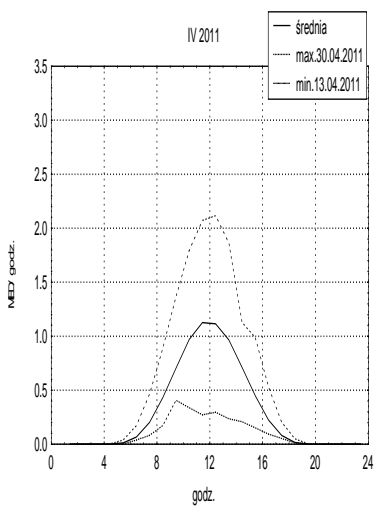
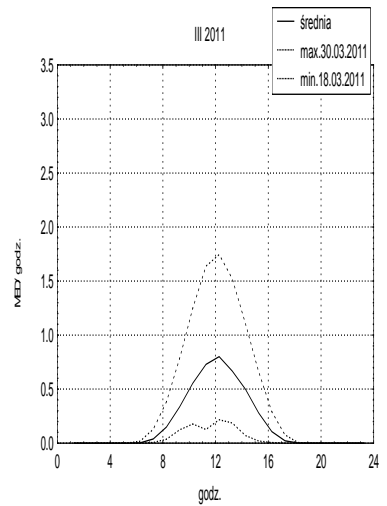
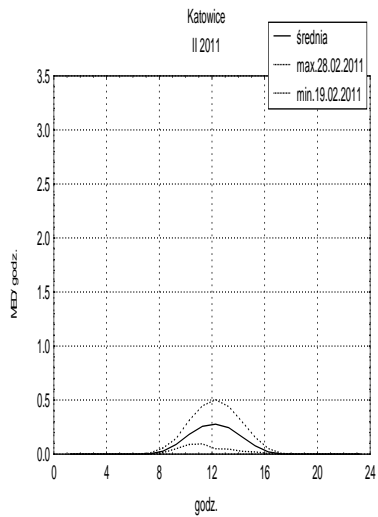
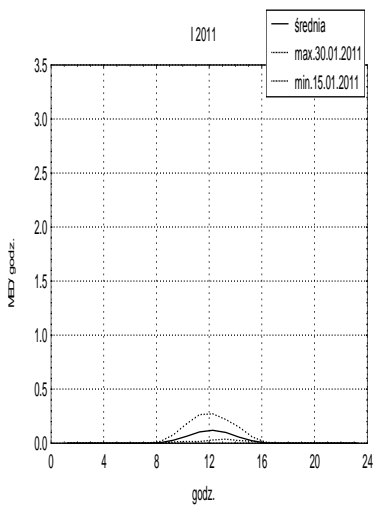
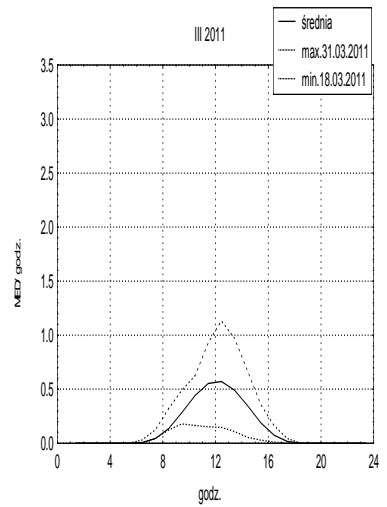
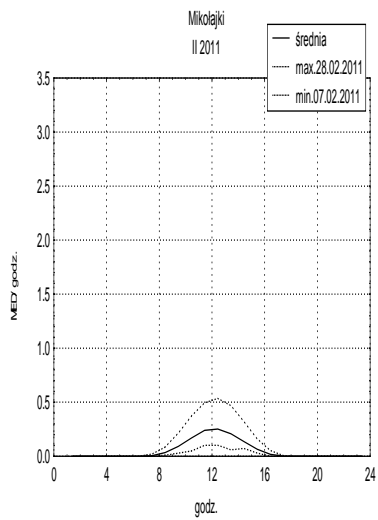
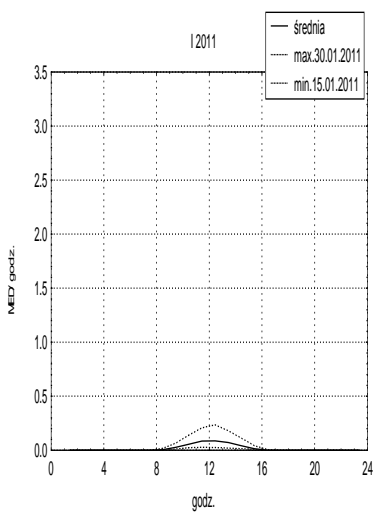
DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY
STYCZEŃ - GRUDZIEŃ 2011 R. (ŚREDNIE, MAKSYMALNE
I MINIMALNE) ZMIERZONE ZA POMOCĄ PRZYRZĄDU SOLAR LIGHT
(ŁEBA, LEGIONOWO, ZAKOPANE) ORAZ ZA POMOCĄ PRZYRZĄDU
OPTIX (MIKOŁAJKI, KATOWICE).

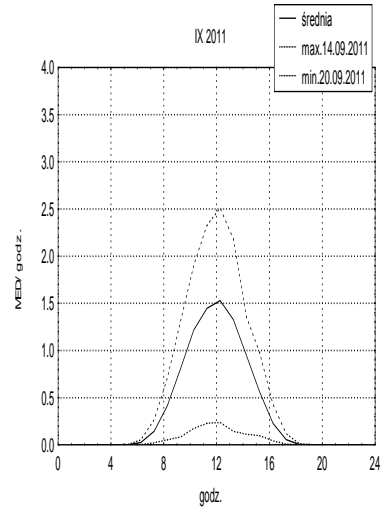
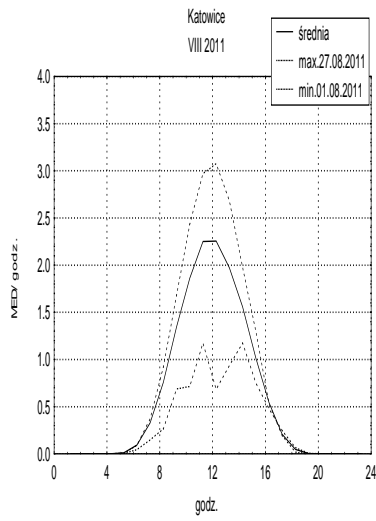
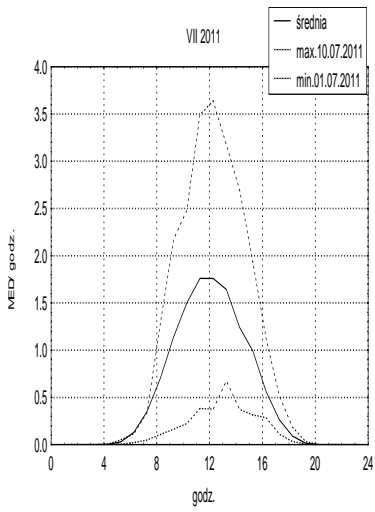
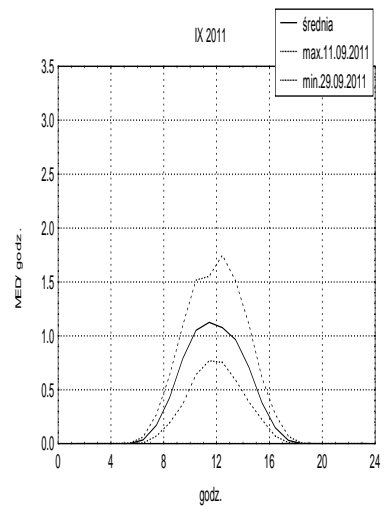
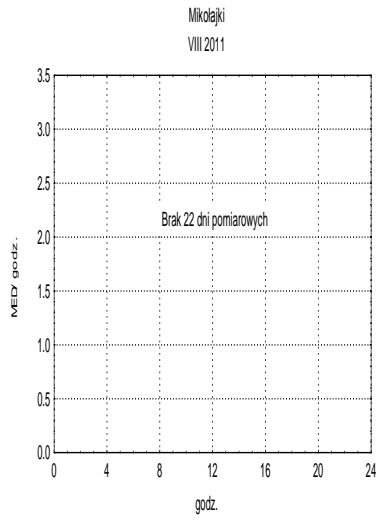
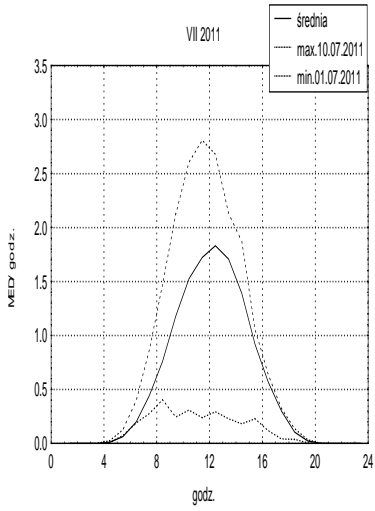
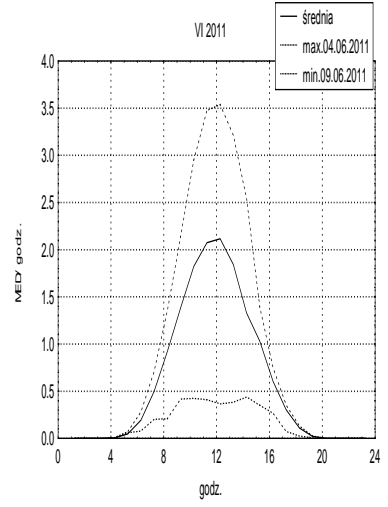
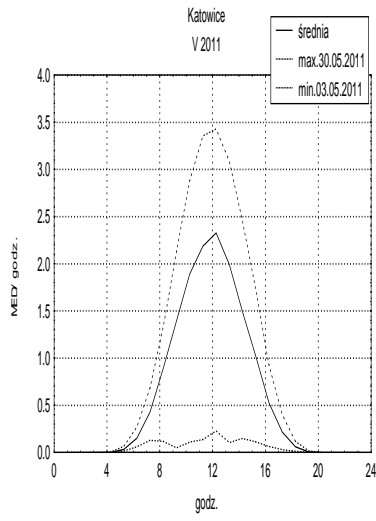
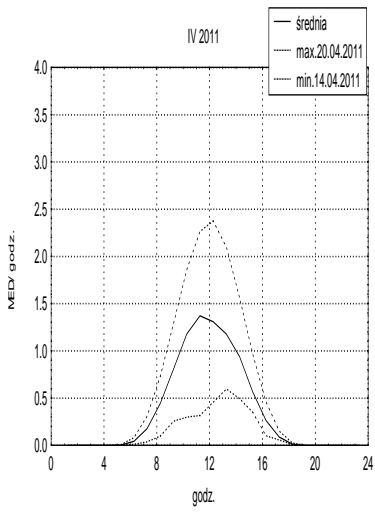


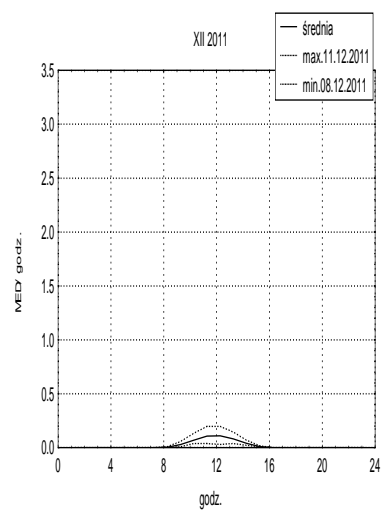
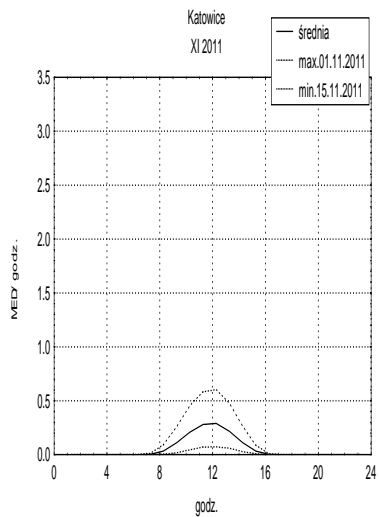
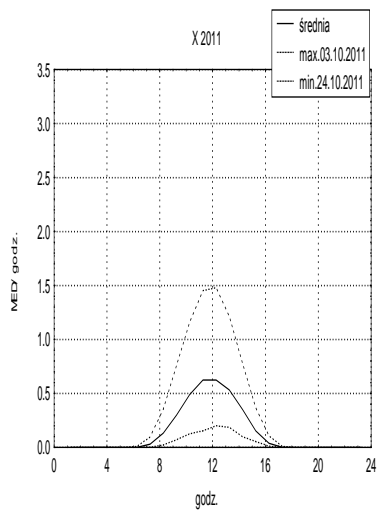
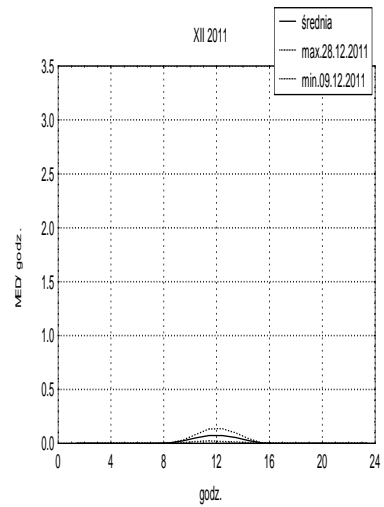
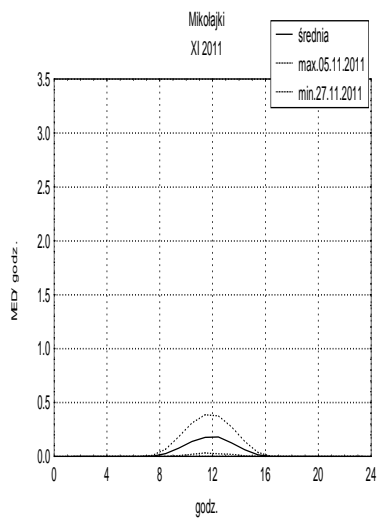
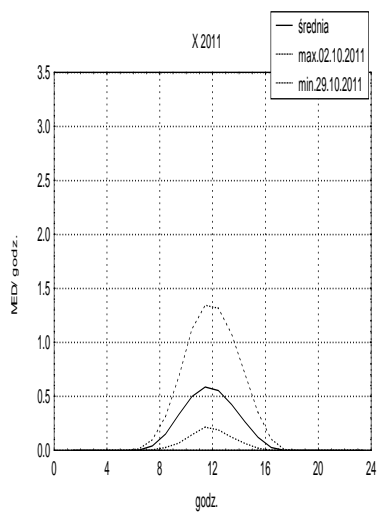












ZAŁĄCZNIK 6

INFORMACJE O BIEŻĄCYM I PROGNOZOWANYM INDEKSIE UV
Z DNIA 02.08.2011 OPUBLIKOWNE NA STRONIE INTERNETOWEJ
www.pogodynka.pl/indeksuv.

Indeks UV

Pomiar Indeksu UV w czasie rzeczywistym (aktualizowany co 5 minut)

Nadmiernie opalanie jest szkodliwe, może powodować raka skóry, zmęgnię, obniżenie odporności biologicznej, zwiększoną wrażliwość człowieka na promieniowanie UV zależy od typu jego skóry

- Aktualny Indeks UV
- Prognoza Indeksu UV
- Materiały edukacyjne

Prognozowany i zmierzony Indeks UV
Łeba, 02.08.2011, 15:00




INDEKS UV
5.0
UMIARKOWANY

Zakres: 2-7
 Umiarkowany: 3-4
 Wysoki: 5-7
 Bardzo wysoki: 8-10

Opis pomiaru
 Wykazano pomiar Indeksu UV w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym.

Projekt realizowany w ramach programu wieloletniego "Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy"
 finansowanego przez Biuroowe Centrum Badań i Rozwoju, współfinansowany przez Centrum Badań i Rozwoju, Państwowy Instytut Badawczy.

Prognozowany i zmierzony Indeks UV
Mikołajki, 02.08.2011, 15:00




INDEKS UV
5.7
WYSOKI

Zakres: 2-7
 Umiarkowany: 3-4
 Wysoki: 5-7
 Bardzo wysoki: 8-10

Opis pomiaru
 Wykazano pomiar Indeksu UV w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym.

Projekt realizowany w ramach programu wieloletniego "Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy"
 finansowanego przez Biuroowe Centrum Badań i Rozwoju, współfinansowany przez Centrum Badań i Rozwoju, Państwowy Instytut Badawczy.

Prognozowany i zmierzony Indeks UV
Legionowo, 02.08.2011, 15:00



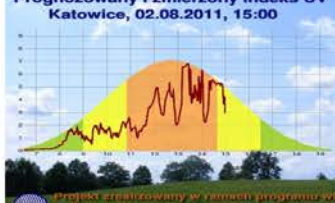
INDEKS UV
5.2
UMIARKOWANY

Zakres: 2-7
 Umiarkowany: 3-4
 Wysoki: 5-7
 Bardzo wysoki: 8-10

Opis pomiaru
 Wykazano pomiar Indeksu UV w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym.

Projekt realizowany w ramach programu wieloletniego "Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy"
 finansowanego przez Biuroowe Centrum Badań i Rozwoju, współfinansowany przez Centrum Badań i Rozwoju, Państwowy Instytut Badawczy.

Prognozowany i zmierzony Indeks UV
Katowice, 02.08.2011, 15:00



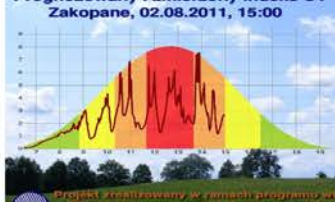
INDEKS UV
5.0
UMIARKOWANY

Zakres: 2-7
 Umiarkowany: 3-4
 Wysoki: 5-7
 Bardzo wysoki: 8-10

Opis pomiaru
 Wykazano pomiar Indeksu UV w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym.

Projekt realizowany w ramach programu wieloletniego "Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy"
 finansowanego przez Biuroowe Centrum Badań i Rozwoju, współfinansowany przez Centrum Badań i Rozwoju, Państwowy Instytut Badawczy.

Prognozowany i zmierzony Indeks UV
Zakopane, 02.08.2011, 15:00




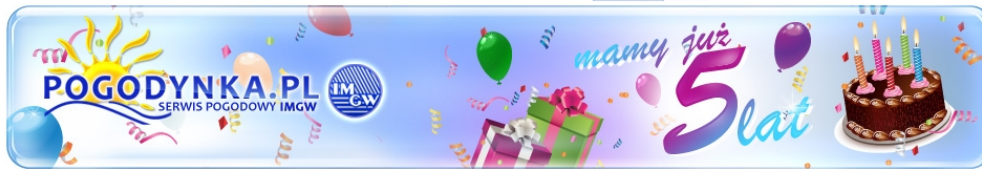
INDEKS UV
2.2
NISKI

Zakres: 2-7
 Umiarkowany: 3-4
 Wysoki: 5-7
 Bardzo wysoki: 8-10

Opis pomiaru
 Wykazano pomiar Indeksu UV w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym. Pomiar wykonano w czasie rzeczywistym.

Projekt realizowany w ramach programu wieloletniego "Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy"
 finansowanego przez Biuroowe Centrum Badań i Rozwoju, współfinansowany przez Centrum Badań i Rozwoju, Państwowy Instytut Badawczy.


 Monitoring promieniowania UV jest realizowany przez Oddział Aerologii IMGW PIB w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska na zlecenie Głównego Inspektora Ochrony Środowiska, finansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.



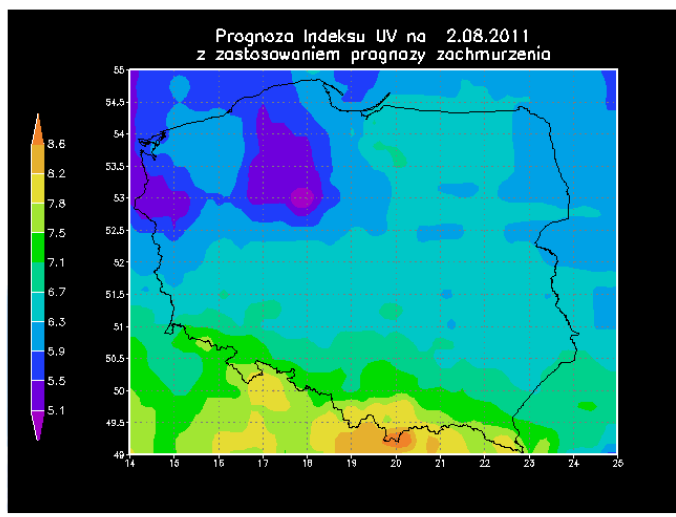
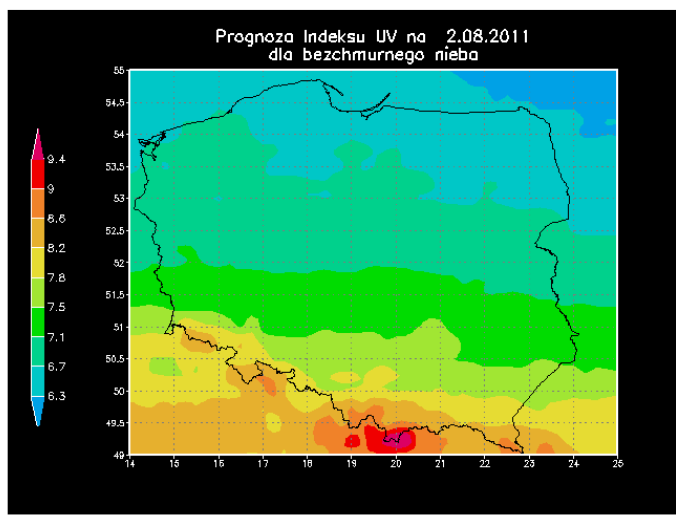
- [POLSKA](#)
 - [EUROPA](#)
 - [ŚWIAT](#)
 - [BALTYP](#)
 - [GÓRY](#)
 - [EURO2012](#)
 - [DLA DZIECI](#)
 - [DLA CIEBIE](#)
 - [DLA PRASY](#)
 - [DLA FIRM](#)
- Aktualna pogoda Radary Ostrzeżenia Indeks UV


Indeks UV >> Prognoza Indeksu UV

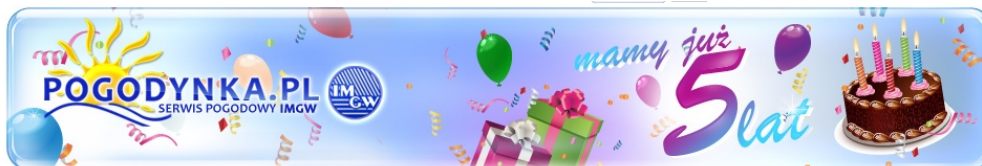
Prognoza Indeksu UV (aktualizowany raz na dobę)

Nadmierne opalanie jest szkodliwe, może powodować raka skóry, zaćmę, obniżenie odporności biologicznej. Indywidualna wrażliwość człowieka na promieniowanie UV zależy od typu jego skóry.

- [Aktualny Indeks UV](#)
- [Prognoza Indeksu UV](#)
- [Materiały edukacyjne](#)



 Monitoring promieniowania UV jest realizowany przez Ośrodek Aerologii IMGW PIB w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska na zlecenie Głównego Inspektora Ochrony Środowiska, finansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.



[POLSKA](#) [EUROPA](#) [ŚWIAT](#) [BALTYP](#) [GÓRY](#) [EURO2012](#) [DLA DZIECI](#) [DLA CIEBIE](#) [DLA PRASY](#) [DLA FIRM](#)

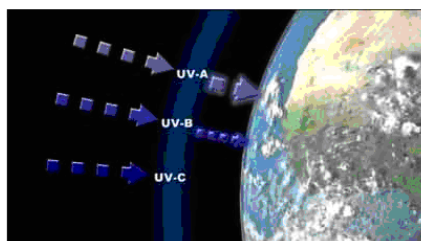
[Aktualna pogoda](#) [Radary](#) [Ostrzeżenia](#) [Indeks UV](#)

[Indeks UV >> Materiały edukacyjne](#)

Słoneczne promieniowanie UV

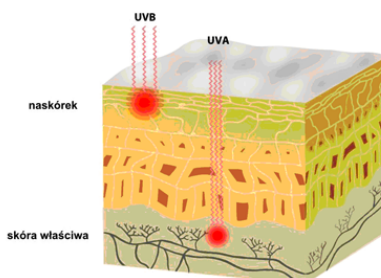
Promieniowanie słoneczne jest ważnym naturalnym czynnikiem tworzącym klimat Ziemi. Ultrafioletowe (UV) pasmo promieniowania słonecznego odgrywa istotną rolę w wielu procesach biosfery i ma ogromny wpływ na zdrowie człowieka. Ma wiele dobroczynnych oddziaływań, ale może być również bardzo szkodliwe w przypadku przekroczenia progu bezpieczeństwa. Aby uniknąć przykrych skutków działania nadmiernej ilości promieniowania UV, zarówno ostrych jak i przewlekłych, człowiek powinien ograniczyć swoją ekspozycję na Słońce stosując środki ochronne.

Promieniowanie ultrafioletowe dzielone jest na 3 pasma (Rys. 1): UV-C, UV-B i UV-A. Całość promieniowania UV-C oraz znaczna część promieniowania UV-B jest pochłaniana w atmosferze przez ozon, parę wodną, tlen i dwutlenek węgla. Ozon jest głównym pochłaniaczem promieniowania UV-B, zmniejszenie jego warstwy w atmosferze zwiększa ilość UV-B docierającego do powierzchni Ziemi. Promieniowanie UV-A jest minimalnie pochłaniane w atmosferze. W związku z tym promieniowanie UV docierające do człowieka składa się głównie z UV-A i UV-B.



Rys. 1: Pasma promieniowania UV.

Promieniowanie ultrafioletowe docierające do powierzchni Ziemi ma duży wpływ na zdrowie człowieka. Skóra i oczy są najbardziej wrażliwe na działanie promieniowania UV. Część promieniowania jest odbijana od ludzkiej skóry, część rozpraszana a część wnika w tkanki skóry. Głębokość przenikania zależy od długości fali. Promieniowanie UV-B przenika jedynie do naskórka, podczas gdy UV-A przenika głębiej, aż do skóry właściwej (Rys. 2).



Rys. 2: Schemat przenikania promieniowania UV w głąb skóry

Bezpośrednią reakcją skóry po ekspozycji na Słońce jest powstawanie rumienia. Natychmiastowe (wywołane przez promieniowanie UV-A) ciemnienie skóry u ludzi o ciemnej karnacji jest reakcją nietrwałą i zanika po kilku godzinach. Trwała banwnikowa reakcja (wywoływana głównie przez UV-B) jest widoczna po 2-3 dniach i utrzymuje się przez 2-3 miesiące. Przy dużych dawkach promieniowania UV i długotrwałej, jednorazowej ekspozycji na Słońce może dojść do ostrych oparzeń słonecznych.

Do przewlekłych skutków działania promieniowania ultrafioletowego na skórę i oczy człowieka zalicza się: nowotwory skóry, przedwczesne starzenie się skóry, zaćmę, skrzydlik. Najistotniejszym czynnikiem ryzyka, sprzyjającym powstawaniu raka skóry, jest nadmierna ekspozycja na Słońce czy oparzenia słoneczne skóry, zwłaszcza w dzieciństwie i wczesnej młodości. Czynnikiem predysponującym do rozwoju raka skóry jest również fenotyp człowieka (Rys. 3). Ludzie o jasnej karnacji skóry, niebieskich bądź zielonych oczach oraz jasnych włosach są bardziej narażeni na nowotwory skóry.

[Aktualny Indeks UV](#)

[Prognoza Indeksu UV](#)

[Materiały edukacyjne](#)

TYP SKÓRY	OPARZENIA	OPALENIZNA
I. mała ilość melaniny	zawsze	rzadko
II.	zazwyczaj	czasami
III. średnia ilość melaniny	czasami	zazwyczaj
IV.	rzadko	zawsze
V. duża ilość melaniny	naturalnie brązowa skóra	
VI.	naturalnie czarna skóra	

Rys. 3. Klasyfikacja typów skóry.

Do opisanego wpływu promieniowania UV na wywołanie określonego biologicznego efektu wykorzystuje się biologicznie czynne promieniowanie UV (UVBE). Promieniowanie UVBE otrzymuje się mnożąc wartości natężenia promieniowania UV dla danej długości fali przez funkcję skuteczności widmowej określonego efektu i całkując tę wielkość w przedziale długości fal z zakresu UV. Funkcje skuteczności widmowej opisują wpływ promieniowania UV w zależności od długości fali na wywołanie określonej biologicznej reakcji, np. powstawanie rumienia skóry (erytema), nieczerniakowego raka skóry, czerniaka złośliwego.

Jednostką miary promieniowania UV odpowiedzialnego za wywołanie rumienia na skórze człowieka jest Indeks UV (UVI). Zakres wartości Indeksu UV rozciąga się od 0 wwyż (Rys. 4). Im wyższa wartość UVI, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia rumienia i poparzeń skóry i tym szybszy czas ich pojawienia się. W Polsce w okresie letnim (w godzinach okołopołudniowych, w bezpośrednim słońcu) promieniowanie erytemalne przyjmuje wartości wysokiego i bardzo wysokiego UVI. W takich przypadkach biologicznie czynne promieniowanie UV, bez zastosowania należytej ochrony przed jego działaniem, stanowi duże zagrożenie dla zdrowia człowieka.

Niski	2 i mniej
Umiarkowany	3-5
Wysoki	6-7
Bardzo wysoki	8-10
Ekstremalny	11 i więcej

Rys. 4. Zakres wartości Indeksu UV



Rys. 5. Schemat zalecanej ochrony przed promieniowaniem UV w zależności od wartości Indeksu UV

Materiały do pobrania:

[Ulotka - Słoneczne promieniowanie UV](#)

[Ulotka - System informacyjny o słonecznym promieniowaniu UV](#)

[Film - Słoneczne promieniowanie UV \(Youtube\)](#)

Film i ulotki „Słoneczne promieniowanie” zostały zrealizowane przez Ośrodek Aerologii IMGW PIB w ramach projektu „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, koordynowanego przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.



Pogodynka.pl jest pogodowym serwisem informacyjnym Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego.

Strona startowa Zastrzeżenia prawne Kontakt

Copyright IMGW 2007-2011 © Wszelkie prawa zastrzeżone.