

		MONARCH DOD	MIDAS DOD	MB	RMSE	FGE	CC	N x10 ⁷	
NorAfr		0.29 ± 0.27	0.25 ± 0.25	0.04	0.16	0.43	0.84	19.79	ANN
		0.22 ± 0.25	0.18 ± 0.22	0.03	0.14	0.49	0.85	5.12	DJF
		0.34 ± 0.34	0.32 ± 0.31	0.02	0.19	0.42	0.84	4.82	MAM
		0.39 ± 0.27	0.31 ± 0.25	0.08	0.18	0.42	0.81	4.93	JJA
		0.22 ± 0.17	0.2 ± 0.18	0.01	0.11	0.39	0.81	4.93	SON
SubSah		0.2 ± 0.28	0.19 ± 0.29	0.01	0.17	1.61	0.83	4.88	ANN
		0.19 ± 0.27	0.18 ± 0.28	0.01	0.16	2.34	0.82	2.43	DJF
		0.3 ± 0.4	0.29 ± 0.39	0.01	0.2	0.85	0.87	1.05	MAM
		0.18 ± 0.19	0.2 ± 0.22	-0.02	0.17	0.75	0.67	0.44	JJA
		0.12 ± 0.12	0.1 ± 0.14	0.02	0.12	0.97	0.6	0.97	SON
MidEas		0.23 ± 0.22	0.24 ± 0.23	-0.01	0.15	0.43	0.79	11.17	ANN
		0.15 ± 0.15	0.15 ± 0.15	-0.01	0.09	0.44	0.81	2.74	DJF
		0.29 ± 0.26	0.32 ± 0.29	-0.03	0.18	0.41	0.79	2.52	MAM
		0.33 ± 0.26	0.32 ± 0.27	0	0.2	0.47	0.72	2.93	JJA
		0.16 ± 0.12	0.18 ± 0.13	-0.01	0.1	0.41	0.73	2.98	SON
WesAsia		0.12 ± 0.14	0.14 ± 0.16	-0.02	0.12	1	0.66	7.81	ANN
		0.07 ± 0.09	0.09 ± 0.1	-0.01	0.07	0.66	0.69	0.99	DJF
		0.14 ± 0.14	0.17 ± 0.17	-0.03	0.14	1.43	0.66	1.61	MAM
		0.15 ± 0.16	0.18 ± 0.18	-0.03	0.15	0.93	0.63	2.77	JJA
		0.09 ± 0.1	0.11 ± 0.11	-0.02	0.09	0.93	0.64	2.43	SON
TroAtl		0.14 ± 0.2	0.18 ± 0.26	-0.04	0.16	1	0.8	4.45	ANN
		0.15 ± 0.2	0.18 ± 0.26	-0.03	0.17	0.96	0.76	1.35	DJF
		0.15 ± 0.22	0.21 ± 0.28	-0.06	0.17	1.03	0.83	1.1	MAM
		0.17 ± 0.23	0.21 ± 0.29	-0.04	0.18	0.93	0.81	1.03	JJA
		0.08 ± 0.13	0.11 ± 0.17	-0.03	0.1	1.09	0.79	0.98	SON
AraSea		0.08 ± 0.12	0.12 ± 0.16	-0.04	0.1	0.76	0.79	3.63	ANN
		0.04 ± 0.06	0.06 ± 0.07	-0.02	0.05	0.81	0.73	1.13	DJF
		0.08 ± 0.11	0.14 ± 0.15	-0.05	0.12	0.84	0.75	1.07	MAM
		0.19 ± 0.19	0.25 ± 0.26	-0.06	0.18	0.55	0.75	0.56	JJA
		0.05 ± 0.06	0.08 ± 0.09	-0.03	0.06	0.75	0.78	0.87	SON
MedSea		0.06 ± 0.12	0.07 ± 0.13	0	0.09	1.28	0.75	5.57	ANN
		0.05 ± 0.12	0.05 ± 0.13	0	0.09	1.31	0.76	1.01	DJF
		0.08 ± 0.15	0.09 ± 0.18	-0.01	0.12	1.21	0.75	1.22	MAM
		0.07 ± 0.1	0.07 ± 0.1	0	0.07	1.05	0.74	1.9	JJA
		0.05 ± 0.09	0.05 ± 0.09	0	0.06	1.63	0.75	1.44	SON
NorAtl		0 ± 0.03	0.02 ± 0.04	-0.02	0.03	1.88	0.71	4.93	ANN
		0.01 ± 0.03	0.01 ± 0.04	-0.01	0.03	1.84	0.71	0.84	DJF
		0 ± 0.03	0.03 ± 0.04	-0.03	0.04	1.86	0.73	1.42	MAM
		0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.05	-0.01	0.04	1.88	0.73	1.36	JJA
		0 ± 0.02	0.01 ± 0.02	-0.01	0.02	1.92	0.68	1.31	SON
NorEur		0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.03	-0.01	0.03	1.93	0.61	3.3	ANN
		0 ± 0.01	0.01 ± 0.02	-0.01	0.01	2.2	0.69	0.14	DJF
		0.01 ± 0.04	0.03 ± 0.04	-0.02	0.04	2.08	0.58	1.08	MAM
		0.01 ± 0.04	0.02 ± 0.03	-0.01	0.03	1.7	0.67	1.36	JJA
		0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.02	-0.01	0.02	2.1	0.68	0.71	SON
Russia		0.02 ± 0.05	0.03 ± 0.03	0	0.04	2.62	0.49	2.09	ANN
		0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0	0.02	2.91	0.39	0	DJF
		0.03 ± 0.06	0.04 ± 0.05	-0.01	0.05	3.2	0.55	0.54	MAM
		0.02 ± 0.05	0.02 ± 0.03	0	0.04	2.27	0.44	1.19	JJA
		0.03 ± 0.04	0.02 ± 0.02	0.01	0.03	2.93	0.53	0.35	SON

Figure S1. Regional DOD skill scores (mean ± standard deviation, MB, RMSE, FGE and CC) for the MONARCH reanalysis considering MIDAS as a reference, averaged over the study period 2007–2016 on annual basis (ANN) and by season (DJF, MAM, JJA and SON), along with the corresponding regional number of samples N. The full name of the acronym for each sub-region is given in Fig. 1. The color scale of each metric is based on the color-bars shown in Fig. 6 and Fig. 7.

		MONARCH DOD	MISR DOD	MB	RMSE	FGE	CC	N x10 ⁵	
NorAfr		0.07 ± 0.13	0.09 ± 0.14	-0.02	0.11	1.39	0.71	0.82	ANN
		0.05 ± 0.1	0.06 ± 0.08	-0.02	0.1	1.57	0.48	0.19	DJF
		0.06 ± 0.12	0.09 ± 0.13	-0.03	0.1	1.48	0.72	0.2	MAM
		0.13 ± 0.18	0.14 ± 0.21	-0.01	0.13	1.15	0.78	0.22	JJA
		0.04 ± 0.07	0.08 ± 0.08	-0.04	0.09	1.4	0.48	0.21	SON
SubSah		0.14 ± 0.21	0.19 ± 0.19	-0.06	0.15	1	0.75	0.54	ANN
		0.15 ± 0.21	0.21 ± 0.19	-0.06	0.16	0.94	0.73	0.17	DJF
		0.14 ± 0.23	0.19 ± 0.19	-0.05	0.16	0.96	0.75	0.14	MAM
		0.2 ± 0.25	0.28 ± 0.21	-0.08	0.18	0.99	0.77	0.1	JJA
		0.06 ± 0.08	0.11 ± 0.1	-0.04	0.09	1.13	0.63	0.13	SON
MidEas		0.19 ± 0.18	0.2 ± 0.21	-0.01	0.15	0.71	0.73	2.15	ANN
		0.12 ± 0.12	0.11 ± 0.12	0	0.11	0.85	0.57	0.49	DJF
		0.2 ± 0.18	0.21 ± 0.2	-0.01	0.14	0.68	0.71	0.56	MAM
		0.33 ± 0.22	0.35 ± 0.26	-0.02	0.2	0.55	0.66	0.55	JJA
		0.12 ± 0.09	0.13 ± 0.11	0	0.1	0.77	0.53	0.56	SON
WesAsi		0.07 ± 0.12	0.09 ± 0.12	-0.02	0.1	1.15	0.63	0.51	ANN
		0.05 ± 0.09	0.05 ± 0.08	0	0.09	1.41	0.42	0.1	DJF
		0.09 ± 0.14	0.12 ± 0.14	-0.03	0.11	1.05	0.7	0.12	MAM
		0.08 ± 0.13	0.1 ± 0.14	-0.02	0.11	1.04	0.66	0.16	JJA
		0.06 ± 0.09	0.08 ± 0.09	-0.02	0.09	1.18	0.49	0.14	SON
TroAtl		0.12 ± 0.17	0.16 ± 0.19	-0.05	0.14	1.19	0.74	8.46	ANN
		0.13 ± 0.18	0.17 ± 0.17	-0.04	0.15	1.15	0.64	2.12	DJF
		0.13 ± 0.19	0.18 ± 0.2	-0.05	0.15	1.16	0.76	2.25	MAM
		0.14 ± 0.19	0.2 ± 0.22	-0.06	0.15	1.18	0.78	2.08	JJA
		0.06 ± 0.1	0.11 ± 0.13	-0.05	0.11	1.29	0.7	2.01	SON
AraSea		0.07 ± 0.11	0.11 ± 0.14	-0.05	0.11	1.15	0.71	6.51	ANN
		0.03 ± 0.05	0.06 ± 0.07	-0.03	0.08	1.32	0.44	1.84	DJF
		0.07 ± 0.1	0.11 ± 0.12	-0.04	0.1	1.12	0.65	1.9	MAM
		0.17 ± 0.17	0.27 ± 0.2	-0.1	0.19	0.82	0.67	1.13	JJA
		0.04 ± 0.05	0.07 ± 0.09	-0.03	0.08	1.21	0.53	1.64	SON
MedSea		0.06 ± 0.12	0.07 ± 0.1	-0.01	0.09	1.32	0.68	5.47	ANN
		0.04 ± 0.11	0.05 ± 0.09	-0.01	0.09	1.61	0.55	1.05	DJF
		0.08 ± 0.16	0.1 ± 0.13	-0.02	0.11	1.22	0.75	1.31	MAM
		0.06 ± 0.1	0.06 ± 0.1	0	0.07	1.26	0.72	1.78	JJA
		0.05 ± 0.09	0.07 ± 0.09	-0.02	0.09	1.27	0.57	1.33	SON
NorAtl		0 ± 0.02	0.06 ± 0.08	-0.06	0.1	1.92	0.21	8.83	ANN
		0 ± 0.03	0.05 ± 0.08	-0.04	0.09	1.94	0.18	1.47	DJF
		0 ± 0.02	0.09 ± 0.09	-0.08	0.12	1.92	0.19	2.68	MAM
		0.01 ± 0.03	0.06 ± 0.08	-0.05	0.09	1.9	0.31	2.37	JJA
		0 ± 0.01	0.05 ± 0.08	-0.05	0.09	1.94	0.13	2.31	SON
NorEur		0 ± 0.02	0.06 ± 0.08	-0.06	0.1	1.9	0.11	1.28	ANN
		0 ± 0.01	0.03 ± 0.06	-0.03	0.07	1.93	0.09	0.07	DJF
		0 ± 0.02	0.07 ± 0.09	-0.07	0.11	1.88	0.12	0.49	MAM
		0 ± 0.02	0.07 ± 0.07	-0.06	0.1	1.9	0.08	0.44	JJA
		0 ± 0.01	0.04 ± 0.07	-0.03	0.08	1.94	0.1	0.28	SON
Russia		0 ± 0.01	0.05 ± 0.08	-0.05	0.09	1.9	0.11	0.14	ANN
		0 ± 0	0.02 ± 0.03	-0.02	0.03	1.98	-0.13	0	DJF
		0 ± 0.01	0.06 ± 0.09	-0.05	0.1	1.91	0.1	0.05	MAM
		0 ± 0.01	0.06 ± 0.07	-0.06	0.09	1.88	0.12	0.06	JJA
		0 ± 0	0.03 ± 0.07	-0.03	0.08	1.93	-0.01	0.03	SON

Figure S2. Same as in Fig. S1 but for the comparison between the MONARCH reanalysis and MISR mean regional DOD.

		MONARCH DOD	AERONET DOD	MB	RMSE	FGE	CC	N x10 ⁴	
NorAfr		0.3 ± 0.33	0.36 ± 0.33	-0.06	0.24	0.64	0.75	5.76	ANN
		0.25 ± 0.35	0.27 ± 0.31	-0.02	0.23	0.75	0.76	1.31	DJF
		0.4 ± 0.44	0.48 ± 0.41	-0.08	0.29	0.62	0.78	1.62	MAM
		0.31 ± 0.23	0.39 ± 0.27	-0.08	0.23	0.57	0.66	1.47	JJA
		0.21 ± 0.19	0.27 ± 0.23	-0.06	0.19	0.63	0.68	1.36	SON
SubSah		0.43 ± 0.45	0.7 ± 0.54	-0.28	0.46	0.85	0.74	0.51	ANN
		0.55 ± 0.43	1 ± 0.58	-0.45	0.62	0.87	0.68	0.2	DJF
		0.5 ± 0.54	0.7 ± 0.43	-0.21	0.39	0.6	0.78	0.17	MAM
		0.12 ± 0.13	0.21 ± 0.21	-0.09	0.16	1.24	0.79	0.06	JJA
		0.21 ± 0.17	0.38 ± 0.28	-0.17	0.27	1.01	0.67	0.08	SON
MidEas		0.24 ± 0.21	0.29 ± 0.28	-0.05	0.2	0.88	0.74	4.79	ANN
		0.15 ± 0.14	0.15 ± 0.19	0	0.13	1.11	0.7	0.87	DJF
		0.29 ± 0.22	0.37 ± 0.28	-0.08	0.21	0.56	0.74	1.43	MAM
		0.29 ± 0.23	0.36 ± 0.32	-0.07	0.24	0.88	0.68	1.44	JJA
		0.16 ± 0.12	0.19 ± 0.22	-0.02	0.16	1.12	0.7	1.04	SON
WesAsia		0.06 ± 0.07	0.19 ± 0.21	-0.13	0.22	1.4	0.64	0.67	ANN
		0.02 ± 0.03	0.02 ± 0.07	0	0.06	1.87	0.43	0.1	DJF
		0.07 ± 0.06	0.16 ± 0.16	-0.09	0.15	1.2	0.66	0.14	MAM
		0.07 ± 0.07	0.28 ± 0.24	-0.21	0.29	1.32	0.6	0.25	JJA
		0.06 ± 0.07	0.18 ± 0.19	-0.12	0.19	1.41	0.7	0.18	SON
TroAtl		0.2 ± 0.22	0.3 ± 0.27	-0.1	0.18	0.82	0.83	2.63	ANN
		0.18 ± 0.2	0.24 ± 0.24	-0.06	0.16	0.82	0.78	0.59	DJF
		0.22 ± 0.27	0.33 ± 0.29	-0.11	0.18	0.87	0.87	0.72	MAM
		0.26 ± 0.21	0.36 ± 0.3	-0.11	0.2	0.63	0.83	0.76	JJA
		0.12 ± 0.13	0.23 ± 0.2	-0.11	0.17	1.01	0.78	0.56	SON
AraSea		0.16 ± 0.17	0.39 ± 0.29	-0.23	0.31	1.11	0.67	0.43	ANN
		0.11 ± 0.09	0.18 ± 0.21	-0.07	0.17	1.3	0.71	0.09	DJF
		0.18 ± 0.12	0.44 ± 0.19	-0.26	0.3	0.88	0.63	0.18	MAM
		0.24 ± 0.32	0.66 ± 0.36	-0.42	0.49	1.12	0.72	0.07	JJA
		0.12 ± 0.11	0.32 ± 0.26	-0.21	0.29	1.35	0.65	0.09	SON
MedSea		0.03 ± 0.08	0.05 ± 0.12	-0.01	0.08	1.8	0.73	20.53	ANN
		0.02 ± 0.06	0.03 ± 0.08	-0.01	0.06	1.89	0.59	2.98	DJF
		0.04 ± 0.11	0.06 ± 0.14	-0.02	0.1	1.76	0.73	4.81	MAM
		0.04 ± 0.08	0.05 ± 0.12	-0.01	0.08	1.79	0.76	7.99	JJA
		0.03 ± 0.06	0.04 ± 0.1	-0.01	0.07	1.81	0.72	4.75	SON
NorAtl		0.02 ± 0.05	0.05 ± 0.1	-0.03	0.08	1.84	0.69	2.5	ANN
		0.01 ± 0.03	0.05 ± 0.08	-0.04	0.08	1.91	0.45	0.37	DJF
		0.02 ± 0.05	0.07 ± 0.11	-0.05	0.1	1.85	0.67	0.58	MAM
		0.03 ± 0.07	0.06 ± 0.12	-0.03	0.09	1.77	0.76	0.94	JJA
		0.01 ± 0.03	0.04 ± 0.08	-0.03	0.07	1.89	0.63	0.61	SON
NorEur		0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.07	-0.01	0.06	1.97	0.36	14.86	ANN
		0 ± 0.01	0.03 ± 0.08	-0.02	0.08	1.98	0.18	1.23	DJF
		0.01 ± 0.04	0.03 ± 0.09	-0.01	0.08	1.96	0.43	4.14	MAM
		0.01 ± 0.03	0.01 ± 0.05	0	0.05	1.98	0.34	6.56	JJA
		0.01 ± 0.02	0.02 ± 0.06	-0.01	0.06	1.97	0.35	2.94	SON
Russia		0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.08	0	0.08	1.97	0.27	1.14	ANN
		0.01 ± 0.02	0.03 ± 0.08	-0.02	0.08	1.93	0.44	0.05	DJF
		0.02 ± 0.04	0.03 ± 0.1	-0.01	0.09	1.94	0.43	0.33	MAM
		0.01 ± 0.03	0.01 ± 0.06	0.01	0.06	1.99	0.15	0.62	JJA
		0.01 ± 0.02	0.02 ± 0.09	-0.01	0.09	1.99	0.03	0.14	SON

Figure S3. Same as in Fig. S1 but for the comparison between MONARCH and AERONET mean regional DOD.

		MONARCH DOD	MIDAS+MISR DOD	MB	RMSE	FGE	CC	N x10 ⁷	
NorAfr		0.29 ± 0.27	0.25 ± 0.25	0.04	0.16	0.43	0.84	19.8	ANN
		0.22 ± 0.25	0.18 ± 0.22	0.03	0.14	0.49	0.85	5.12	DJF
		0.34 ± 0.34	0.32 ± 0.31	0.02	0.19	0.42	0.84	4.82	MAM
		0.39 ± 0.27	0.31 ± 0.25	0.08	0.18	0.42	0.81	4.93	JJA
		0.22 ± 0.17	0.2 ± 0.18	0.01	0.11	0.39	0.81	4.93	SON
SubSah		0.2 ± 0.28	0.19 ± 0.29	0.01	0.17	1.6	0.83	4.89	ANN
		0.19 ± 0.27	0.18 ± 0.28	0.01	0.16	2.33	0.82	2.43	DJF
		0.3 ± 0.4	0.29 ± 0.39	0.01	0.2	0.85	0.87	1.05	MAM
		0.18 ± 0.19	0.2 ± 0.22	-0.02	0.17	0.75	0.67	0.44	JJA
		0.12 ± 0.12	0.1 ± 0.14	0.02	0.12	0.97	0.6	0.97	SON
MidEas		0.23 ± 0.22	0.24 ± 0.23	-0.01	0.15	0.43	0.79	11.19	ANN
		0.15 ± 0.15	0.15 ± 0.15	-0.01	0.09	0.44	0.81	2.74	DJF
		0.29 ± 0.26	0.32 ± 0.29	-0.03	0.18	0.41	0.79	2.53	MAM
		0.33 ± 0.26	0.32 ± 0.27	0	0.2	0.47	0.72	2.93	JJA
		0.16 ± 0.12	0.18 ± 0.13	-0.01	0.1	0.41	0.73	2.99	SON
WesAsia		0.12 ± 0.14	0.14 ± 0.16	-0.02	0.12	1	0.66	7.81	ANN
		0.07 ± 0.09	0.09 ± 0.1	-0.01	0.07	0.66	0.69	0.99	DJF
		0.14 ± 0.14	0.17 ± 0.17	-0.03	0.14	1.43	0.66	1.61	MAM
		0.15 ± 0.16	0.18 ± 0.18	-0.03	0.15	0.93	0.63	2.77	JJA
		0.09 ± 0.1	0.11 ± 0.11	-0.02	0.09	0.93	0.64	2.44	SON
TroAtl		0.14 ± 0.2	0.18 ± 0.26	-0.04	0.16	1	0.8	4.54	ANN
		0.15 ± 0.2	0.18 ± 0.25	-0.03	0.17	0.96	0.76	1.37	DJF
		0.15 ± 0.22	0.21 ± 0.28	-0.06	0.17	1.03	0.82	1.12	MAM
		0.17 ± 0.22	0.21 ± 0.29	-0.04	0.17	0.93	0.81	1.05	JJA
		0.08 ± 0.13	0.11 ± 0.17	-0.03	0.1	1.09	0.79	1	SON
AraSea		0.08 ± 0.12	0.12 ± 0.16	-0.04	0.1	0.77	0.79	3.7	ANN
		0.04 ± 0.06	0.06 ± 0.07	-0.02	0.05	0.81	0.72	1.15	DJF
		0.08 ± 0.11	0.14 ± 0.15	-0.05	0.12	0.85	0.75	1.09	MAM
		0.19 ± 0.19	0.25 ± 0.26	-0.07	0.18	0.56	0.75	0.57	JJA
		0.05 ± 0.06	0.08 ± 0.09	-0.03	0.06	0.76	0.77	0.89	SON
MedSea		0.06 ± 0.12	0.07 ± 0.13	0	0.09	1.28	0.75	5.63	ANN
		0.05 ± 0.12	0.05 ± 0.13	0	0.09	1.31	0.76	1.02	DJF
		0.08 ± 0.15	0.09 ± 0.18	-0.01	0.12	1.21	0.75	1.24	MAM
		0.07 ± 0.1	0.07 ± 0.1	0	0.07	1.05	0.74	1.92	JJA
		0.05 ± 0.09	0.05 ± 0.09	0	0.06	1.63	0.75	1.45	SON
NorAtl		0 ± 0.03	0.02 ± 0.04	-0.02	0.04	1.88	0.68	5.02	ANN
		0.01 ± 0.03	0.01 ± 0.04	-0.01	0.03	1.84	0.67	0.86	DJF
		0 ± 0.03	0.03 ± 0.05	-0.03	0.04	1.86	0.7	1.45	MAM
		0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.05	-0.01	0.04	1.88	0.71	1.38	JJA
		0 ± 0.02	0.01 ± 0.03	-0.01	0.02	1.92	0.62	1.33	SON
NorEur		0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.03	-0.01	0.03	1.93	0.6	3.31	ANN
		0 ± 0.01	0.01 ± 0.02	-0.01	0.01	2.2	0.67	0.15	DJF
		0.01 ± 0.04	0.03 ± 0.04	-0.02	0.04	2.08	0.57	1.09	MAM
		0.01 ± 0.04	0.02 ± 0.03	-0.01	0.03	1.7	0.66	1.36	JJA
		0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.02	-0.01	0.02	2.1	0.66	0.72	SON
Russia		0.02 ± 0.05	0.03 ± 0.03	0	0.04	2.62	0.49	2.09	ANN
		0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0	0.02	2.9	0.38	0	DJF
		0.03 ± 0.06	0.04 ± 0.05	-0.01	0.05	3.2	0.55	0.54	MAM
		0.02 ± 0.05	0.02 ± 0.03	0	0.04	2.27	0.44	1.19	JJA
		0.03 ± 0.04	0.02 ± 0.02	0.01	0.04	2.93	0.53	0.35	SON

Figure S4. Same as in Fig. S1 but for the comparison between the MONARCH reanalysis and MDAS+MISR mean regional DOD.

	MONARCH COARSE DOD	MIDAS COARSE DOD	MB	RMSE	FGE	CC	N x10 ⁷	
NorAfr	0.25 ± 0.23	0.18 ± 0.18	0.06	0.14	0.5	0.83	19.79	ANN
	0.19 ± 0.21	0.13 ± 0.16	0.06	0.13	0.56	0.84	5.12	DJF
	0.29 ± 0.29	0.23 ± 0.22	0.06	0.17	0.48	0.83	4.82	MAM
	0.33 ± 0.22	0.23 ± 0.18	0.1	0.17	0.51	0.8	4.93	JJA
	0.19 ± 0.15	0.15 ± 0.13	0.04	0.1	0.45	0.8	4.93	SON
SubSah	0.17 ± 0.24	0.13 ± 0.2	0.04	0.14	0.86	0.83	4.88	ANN
	0.16 ± 0.23	0.12 ± 0.19	0.04	0.14	0.92	0.82	2.43	DJF
	0.25 ± 0.34	0.2 ± 0.28	0.05	0.18	0.79	0.87	1.05	MAM
	0.15 ± 0.16	0.14 ± 0.16	0.01	0.13	0.73	0.67	0.44	JJA
	0.1 ± 0.1	0.07 ± 0.1	0.03	0.09	0.88	0.59	0.97	SON
MidEas	0.2 ± 0.19	0.17 ± 0.17	0.02	0.12	0.46	0.78	11.17	ANN
	0.13 ± 0.13	0.11 ± 0.11	0.02	0.08	0.46	0.81	2.74	DJF
	0.25 ± 0.22	0.23 ± 0.2	0.02	0.14	0.42	0.79	2.52	MAM
	0.28 ± 0.23	0.23 ± 0.2	0.05	0.17	0.51	0.72	2.93	JJA
	0.14 ± 0.11	0.13 ± 0.1	0.01	0.08	0.42	0.73	2.98	SON
WesAsi	0.1 ± 0.12	0.1 ± 0.11	0	0.1	0.89	0.65	7.81	ANN
	0.06 ± 0.08	0.06 ± 0.07	0	0.06	0.69	0.69	0.99	DJF
	0.12 ± 0.12	0.12 ± 0.12	-0.01	0.1	0.98	0.65	1.61	MAM
	0.13 ± 0.14	0.13 ± 0.13	0	0.12	0.82	0.62	2.77	JJA
	0.08 ± 0.09	0.08 ± 0.08	0	0.07	0.99	0.63	2.43	SON
TroAtl	0.12 ± 0.17	0.13 ± 0.18	-0.01	0.11	0.99	0.79	4.45	ANN
	0.13 ± 0.16	0.12 ± 0.18	0	0.12	0.97	0.75	1.35	DJF
	0.13 ± 0.19	0.15 ± 0.2	-0.02	0.12	1.01	0.82	1.1	MAM
	0.14 ± 0.19	0.15 ± 0.21	-0.01	0.13	0.92	0.8	1.03	JJA
	0.07 ± 0.11	0.08 ± 0.12	-0.01	0.08	1.06	0.78	0.98	SON
AraSea	0.07 ± 0.1	0.08 ± 0.11	-0.02	0.07	0.73	0.79	3.63	ANN
	0.04 ± 0.05	0.04 ± 0.05	0	0.04	0.8	0.72	1.13	DJF
	0.07 ± 0.09	0.1 ± 0.11	-0.03	0.08	0.8	0.75	1.07	MAM
	0.16 ± 0.16	0.18 ± 0.18	-0.02	0.13	0.52	0.75	0.56	JJA
	0.04 ± 0.06	0.06 ± 0.06	-0.01	0.04	0.69	0.78	0.87	SON
MedSea	0.05 ± 0.1	0.05 ± 0.09	0.01	0.07	1.23	0.74	5.57	ANN
	0.04 ± 0.1	0.03 ± 0.1	0.01	0.07	1.31	0.75	1.01	DJF
	0.07 ± 0.13	0.07 ± 0.13	0	0.09	1.22	0.74	1.22	MAM
	0.05 ± 0.09	0.05 ± 0.07	0.01	0.06	1.02	0.73	1.9	JJA
	0.04 ± 0.07	0.04 ± 0.06	0.01	0.05	1.46	0.74	1.44	SON
NorAtl	0 ± 0.02	0.01 ± 0.03	-0.01	0.02	1.9	0.71	4.93	ANN
	0 ± 0.02	0.01 ± 0.03	0	0.02	1.84	0.7	0.84	DJF
	0 ± 0.02	0.02 ± 0.03	-0.02	0.03	1.87	0.73	1.42	MAM
	0.01 ± 0.03	0.01 ± 0.03	-0.01	0.02	1.91	0.73	1.36	JJA
	0 ± 0.01	0.01 ± 0.02	-0.01	0.01	1.94	0.69	1.31	SON
NorEur	0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.02	-0.01	0.02	2.12	0.61	3.3	ANN
	0 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0	0.01	1.87	0.69	0.14	DJF
	0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.03	-0.01	0.03	2.31	0.58	1.08	MAM
	0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.02	0	0.02	1.76	0.66	1.36	JJA
	0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0	0.01	2.57	0.67	0.71	SON
Russia	0.02 ± 0.04	0.02 ± 0.02	0	0.04	2.53	0.48	2.09	ANN
	0 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0	0.01	2.23	0.38	0	DJF
	0.02 ± 0.05	0.02 ± 0.04	0	0.04	3.11	0.55	0.54	MAM
	0.02 ± 0.04	0.02 ± 0.02	0	0.04	2.32	0.43	1.19	JJA
	0.02 ± 0.04	0.01 ± 0.02	0.01	0.03	2.37	0.53	0.35	SON

Figure S5. Same as in Fig. S1 but for the comparison between the MONARCH reanalysis and MIDAS mean regional coarse DOD.

	MONARCH COARSE DOD	AEROIASI COARSE DOD	MB	RMSE	FGE	CC	N x10 ⁵	
NorAfr	0.22 ± 0.21	0.17 ± 0.18	0.04	0.21	0.7	0.49	14.94	ANN
	0.16 ± 0.2	0.11 ± 0.09	0.05	0.2	0.77	0.35	3.97	DJF
	0.26 ± 0.26	0.19 ± 0.19	0.06	0.25	0.74	0.48	3.36	MAM
	0.3 ± 0.2	0.27 ± 0.26	0.04	0.23	0.61	0.57	3.52	JJA
	0.17 ± 0.14	0.14 ± 0.12	0.02	0.15	0.67	0.35	4.08	SON
SubSah	0.13 ± 0.21	0.12 ± 0.08	0.01	0.19	0.85	0.42	5.62	ANN
	0.15 ± 0.22	0.11 ± 0.06	0.03	0.2	0.73	0.52	2.39	DJF
	0.18 ± 0.28	0.14 ± 0.12	0.05	0.25	0.94	0.44	1.1	MAM
	0.1 ± 0.13	0.13 ± 0.11	-0.03	0.13	1.02	0.48	0.71	JJA
	0.09 ± 0.1	0.1 ± 0.04	-0.02	0.11	0.9	0.11	1.42	SON
MidEas	0.16 ± 0.16	0.19 ± 0.16	-0.02	0.16	0.67	0.54	11.61	ANN
	0.1 ± 0.11	0.12 ± 0.08	-0.02	0.12	0.77	0.3	3.01	DJF
	0.2 ± 0.2	0.22 ± 0.2	-0.02	0.18	0.64	0.58	2.67	MAM
	0.25 ± 0.2	0.26 ± 0.2	-0.01	0.2	0.6	0.48	2.64	JJA
	0.12 ± 0.1	0.16 ± 0.1	-0.04	0.12	0.67	0.36	3.3	SON
WesAsi	0.08 ± 0.11	0.17 ± 0.12	-0.09	0.16	1.08	0.37	9.44	ANN
	0.04 ± 0.06	0.13 ± 0.06	-0.09	0.12	1.33	0.23	1.65	DJF
	0.09 ± 0.11	0.18 ± 0.12	-0.08	0.16	1.02	0.31	1.96	MAM
	0.11 ± 0.13	0.21 ± 0.15	-0.1	0.18	0.98	0.36	3.02	JJA
	0.06 ± 0.08	0.15 ± 0.09	-0.08	0.13	1.07	0.28	2.82	SON
TroAtl	0.09 ± 0.13	0.13 ± 0.06	-0.03	0.12	1.17	0.46	6.73	ANN
	0.11 ± 0.14	0.12 ± 0.04	-0.01	0.13	0.98	0.36	1.71	DJF
	0.11 ± 0.15	0.13 ± 0.06	-0.02	0.14	1.15	0.44	1.68	MAM
	0.1 ± 0.15	0.13 ± 0.08	-0.04	0.13	1.28	0.56	1.55	JJA
	0.06 ± 0.09	0.12 ± 0.04	-0.06	0.1	1.28	0.48	1.8	SON
AraSea	0.05 ± 0.08	0.12 ± 0.05	-0.07	0.1	1.21	0.46	6.61	ANN
	0.03 ± 0.05	0.12 ± 0.03	-0.09	0.1	1.45	0.44	1.85	DJF
	0.06 ± 0.08	0.13 ± 0.05	-0.07	0.1	1.17	0.48	1.97	MAM
	0.13 ± 0.13	0.15 ± 0.09	-0.02	0.13	0.72	0.4	0.91	JJA
	0.04 ± 0.05	0.12 ± 0.04	-0.08	0.1	1.25	0.36	1.87	SON
MedSea	0.04 ± 0.08	0.11 ± 0.04	-0.07	0.1	1.45	0.42	8.18	ANN
	0.03 ± 0.07	0.11 ± 0.02	-0.08	0.11	1.66	0.31	1.3	DJF
	0.05 ± 0.1	0.11 ± 0.04	-0.06	0.11	1.42	0.42	1.81	MAM
	0.04 ± 0.07	0.12 ± 0.04	-0.08	0.1	1.36	0.48	2.96	JJA
	0.03 ± 0.06	0.11 ± 0.03	-0.08	0.09	1.46	0.41	2.11	SON
NorAtl	0 ± 0.02	0.11 ± 0.02	-0.11	0.11	1.91	0.27	3.82	ANN
	0 ± 0.02	0.11 ± 0.02	-0.11	0.11	1.93	0.12	0.58	DJF
	0 ± 0.02	0.11 ± 0.02	-0.11	0.11	1.91	0.28	0.98	MAM
	0.01 ± 0.02	0.11 ± 0.02	-0.11	0.11	1.89	0.37	1.27	JJA
	0 ± 0.01	0.11 ± 0.01	-0.11	0.11	1.94	0.07	0.99	SON
NorEur	0.01 ± 0.02	0.1 ± 0.02	-0.09	0.1	1.85	0.06	7.17	ANN
	0 ± 0.01	0.12 ± 0.03	-0.11	0.12	1.94	0.02	1	DJF
	0.01 ± 0.02	0.1 ± 0.02	-0.09	0.09	1.81	0.1	2.1	MAM
	0.01 ± 0.02	0.1 ± 0.02	-0.09	0.1	1.81	0.13	2.45	JJA
	0 ± 0.01	0.1 ± 0.02	-0.09	0.1	1.9	-0.01	1.63	SON
Russia	0.01 ± 0.03	0.11 ± 0.04	-0.1	0.11	1.74	0.04	5.89	ANN
	0 ± 0.01	0.14 ± 0.04	-0.14	0.15	1.89	0.09	1.19	DJF
	0.01 ± 0.04	0.1 ± 0.03	-0.08	0.1	1.68	0.15	1.61	MAM
	0.01 ± 0.04	0.1 ± 0.03	-0.09	0.1	1.72	0.15	2.18	JJA
	0.01 ± 0.03	0.1 ± 0.03	-0.09	0.1	1.73	-0.05	0.91	SON

Figure S6. Same as in Fig. S1 but for the comparison between the MONARCH reanalysis and AEROIASI mean regional coarse DOD.

		MONARCH COARSE DOD	AERONET COARSE DOD	MB	RMSE	FGE	CC	N x10 ⁴	
NorAfr		0.14 ± 0.16	0.16 ± 0.19	-0.03	0.13	0.67	0.74	1.78	ANN
		0.07 ± 0.1	0.06 ± 0.1	0.01	0.06	0.88	0.82	0.4	DJF
		0.14 ± 0.19	0.19 ± 0.21	-0.05	0.15	0.69	0.75	0.45	MAM
		0.22 ± 0.18	0.26 ± 0.22	-0.05	0.18	0.54	0.65	0.5	JJA
		0.1 ± 0.1	0.12 ± 0.12	-0.01	0.09	0.6	0.68	0.44	SON
SubSah		0.28 ± 0.34	0.41 ± 0.34	-0.13	0.26	0.61	0.77	0.63	ANN
		0.36 ± 0.33	0.56 ± 0.36	-0.19	0.31	0.56	0.76	0.25	DJF
		0.38 ± 0.46	0.49 ± 0.34	-0.11	0.32	0.55	0.75	0.15	MAM
		0.08 ± 0.1	0.15 ± 0.13	-0.07	0.11	0.96	0.76	0.09	JJA
		0.14 ± 0.12	0.2 ± 0.15	-0.06	0.13	0.57	0.67	0.13	SON
MidEas		0.18 ± 0.16	0.2 ± 0.19	-0.02	0.13	0.54	0.73	6.07	ANN
		0.12 ± 0.11	0.11 ± 0.11	0.01	0.09	0.6	0.67	1.2	DJF
		0.22 ± 0.19	0.26 ± 0.22	-0.04	0.15	0.48	0.75	1.54	MAM
		0.23 ± 0.18	0.25 ± 0.22	-0.02	0.17	0.59	0.68	1.75	JJA
		0.13 ± 0.1	0.14 ± 0.12	-0.01	0.1	0.51	0.63	1.58	SON
WesAsia		0.05 ± 0.05	0.14 ± 0.15	-0.09	0.15	0.97	0.71	0.58	ANN
		0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.05	-0.02	0.05	0.84	0.44	0.08	DJF
		0.05 ± 0.04	0.11 ± 0.1	-0.06	0.09	0.84	0.71	0.12	MAM
		0.06 ± 0.06	0.18 ± 0.17	-0.13	0.19	1.1	0.66	0.23	JJA
		0.06 ± 0.06	0.15 ± 0.15	-0.09	0.14	0.93	0.79	0.15	SON
TroAtl		0.13 ± 0.17	0.18 ± 0.2	-0.05	0.12	0.93	0.85	2.16	ANN
		0.12 ± 0.16	0.14 ± 0.17	-0.02	0.11	0.95	0.8	0.47	DJF
		0.14 ± 0.21	0.19 ± 0.22	-0.06	0.12	1.05	0.89	0.55	MAM
		0.17 ± 0.17	0.23 ± 0.23	-0.06	0.14	0.71	0.86	0.66	JJA
		0.07 ± 0.09	0.13 ± 0.13	-0.06	0.1	1.06	0.8	0.48	SON
AraSea		0.11 ± 0.14	0.26 ± 0.21	-0.14	0.2	0.82	0.73	0.51	ANN
		0.08 ± 0.06	0.13 ± 0.1	-0.06	0.09	0.63	0.69	0.15	DJF
		0.14 ± 0.1	0.32 ± 0.17	-0.17	0.21	0.8	0.69	0.17	MAM
		0.2 ± 0.29	0.52 ± 0.32	-0.32	0.38	1.07	0.76	0.06	JJA
		0.08 ± 0.08	0.2 ± 0.16	-0.12	0.17	0.95	0.69	0.13	SON
MedSea		0.03 ± 0.06	0.06 ± 0.08	-0.03	0.06	1.31	0.73	19.58	ANN
		0.01 ± 0.05	0.03 ± 0.05	-0.02	0.05	1.53	0.61	2.86	DJF
		0.03 ± 0.08	0.06 ± 0.09	-0.03	0.07	1.37	0.73	4.74	MAM
		0.03 ± 0.06	0.07 ± 0.08	-0.03	0.06	1.17	0.76	7.4	JJA
		0.02 ± 0.05	0.05 ± 0.06	-0.03	0.05	1.32	0.74	4.57	SON
NorAtl		0.01 ± 0.03	0.05 ± 0.06	-0.04	0.05	1.57	0.71	2.57	ANN
		0.01 ± 0.02	0.04 ± 0.05	-0.03	0.06	1.64	0.41	0.32	DJF
		0.01 ± 0.03	0.05 ± 0.06	-0.04	0.06	1.67	0.71	0.65	MAM
		0.02 ± 0.04	0.05 ± 0.07	-0.03	0.06	1.48	0.78	0.97	JJA
		0.01 ± 0.02	0.04 ± 0.04	-0.03	0.05	1.58	0.62	0.63	SON
NorEur		0.01 ± 0.02	0.04 ± 0.04	-0.03	0.05	1.63	0.45	16.01	ANN
		0 ± 0.01	0.03 ± 0.05	-0.02	0.05	1.72	0.22	1.32	DJF
		0.01 ± 0.03	0.04 ± 0.05	-0.03	0.06	1.62	0.48	4.62	MAM
		0.01 ± 0.02	0.03 ± 0.04	-0.03	0.04	1.61	0.47	6.83	JJA
		0 ± 0.02	0.03 ± 0.04	-0.03	0.04	1.68	0.44	3.24	SON
Russia		0.01 ± 0.03	0.04 ± 0.05	-0.03	0.06	1.52	0.35	1.26	ANN
		0.01 ± 0.02	0.04 ± 0.05	-0.03	0.06	1.51	0.45	0.06	DJF
		0.01 ± 0.03	0.05 ± 0.06	-0.04	0.07	1.52	0.47	0.38	MAM
		0.01 ± 0.03	0.04 ± 0.05	-0.02	0.05	1.52	0.28	0.65	JJA
		0.01 ± 0.02	0.04 ± 0.06	-0.03	0.07	1.54	0.2	0.16	SON

Figure S7. Same as in Fig. S1 but for the comparison between the MONARCH reanalysis and AERONET mean regional coarse DOD.

	MONARCH COARSE DOD	MIDAS+IASI COARSE DOD	MB	RMSE	FGE	CC	N x10 ⁷	
NorAfr	0.25 ± 0.23	0.18 ± 0.18	0.06	0.14	0.5	0.83	19.94	ANN
	0.19 ± 0.21	0.13 ± 0.16	0.06	0.13	0.56	0.84	5.16	DJF
	0.29 ± 0.29	0.23 ± 0.22	0.06	0.17	0.48	0.83	4.85	MAM
	0.33 ± 0.22	0.23 ± 0.18	0.1	0.17	0.51	0.79	4.97	JJA
	0.19 ± 0.15	0.15 ± 0.13	0.04	0.1	0.45	0.8	4.97	SON
SubSah	0.17 ± 0.24	0.13 ± 0.2	0.04	0.14	0.86	0.83	4.94	ANN
	0.16 ± 0.23	0.12 ± 0.19	0.04	0.14	0.92	0.81	2.45	DJF
	0.25 ± 0.34	0.2 ± 0.27	0.05	0.18	0.79	0.86	1.06	MAM
	0.15 ± 0.16	0.14 ± 0.16	0.01	0.13	0.73	0.67	0.44	JJA
	0.1 ± 0.1	0.07 ± 0.1	0.03	0.09	0.88	0.58	0.99	SON
MidEas	0.2 ± 0.19	0.17 ± 0.17	0.02	0.12	0.46	0.78	11.29	ANN
	0.13 ± 0.13	0.11 ± 0.11	0.02	0.08	0.46	0.8	2.77	DJF
	0.24 ± 0.22	0.23 ± 0.2	0.02	0.14	0.43	0.79	2.55	MAM
	0.28 ± 0.23	0.23 ± 0.2	0.05	0.17	0.51	0.72	2.95	JJA
	0.14 ± 0.11	0.13 ± 0.1	0.01	0.08	0.43	0.73	3.01	SON
WesAsia	0.1 ± 0.12	0.1 ± 0.11	0	0.1	0.89	0.65	7.9	ANN
	0.06 ± 0.08	0.06 ± 0.07	0	0.06	0.7	0.67	1.01	DJF
	0.11 ± 0.12	0.12 ± 0.12	-0.01	0.1	0.98	0.64	1.63	MAM
	0.13 ± 0.14	0.13 ± 0.13	0	0.12	0.83	0.62	2.8	JJA
	0.08 ± 0.09	0.08 ± 0.08	0	0.07	0.99	0.63	2.46	SON
TroAtl	0.12 ± 0.17	0.13 ± 0.18	-0.01	0.11	0.99	0.79	4.52	ANN
	0.13 ± 0.16	0.12 ± 0.17	0	0.12	0.97	0.74	1.36	DJF
	0.13 ± 0.19	0.15 ± 0.2	-0.02	0.12	1.01	0.82	1.11	MAM
	0.14 ± 0.19	0.15 ± 0.2	-0.01	0.13	0.93	0.8	1.04	JJA
	0.07 ± 0.11	0.08 ± 0.12	-0.01	0.08	1.06	0.78	1	SON
AraSea	0.07 ± 0.1	0.08 ± 0.11	-0.02	0.07	0.74	0.78	3.7	ANN
	0.04 ± 0.05	0.04 ± 0.05	-0.01	0.04	0.81	0.71	1.15	DJF
	0.07 ± 0.09	0.1 ± 0.11	-0.03	0.08	0.81	0.75	1.09	MAM
	0.16 ± 0.16	0.18 ± 0.18	-0.02	0.13	0.52	0.74	0.57	JJA
	0.04 ± 0.05	0.06 ± 0.06	-0.02	0.04	0.7	0.76	0.89	SON
MedSea	0.05 ± 0.1	0.05 ± 0.09	0.01	0.07	1.23	0.73	5.65	ANN
	0.04 ± 0.1	0.03 ± 0.1	0.01	0.07	1.31	0.74	1.02	DJF
	0.07 ± 0.13	0.07 ± 0.13	0	0.09	1.23	0.74	1.24	MAM
	0.05 ± 0.09	0.05 ± 0.07	0.01	0.06	1.03	0.72	1.93	JJA
	0.04 ± 0.07	0.04 ± 0.06	0.01	0.05	1.46	0.73	1.46	SON
NorAtl	0 ± 0.02	0.01 ± 0.03	-0.01	0.02	1.9	0.67	4.97	ANN
	0 ± 0.02	0.01 ± 0.03	0	0.02	1.84	0.66	0.85	DJF
	0 ± 0.02	0.02 ± 0.03	-0.02	0.03	1.87	0.71	1.43	MAM
	0.01 ± 0.03	0.01 ± 0.04	-0.01	0.03	1.91	0.7	1.37	JJA
	0 ± 0.01	0.01 ± 0.02	-0.01	0.02	1.94	0.61	1.32	SON
NorEur	0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.03	-0.01	0.03	2.12	0.52	3.37	ANN
	0 ± 0.01	0.01 ± 0.03	-0.01	0.03	1.87	0.25	0.15	DJF
	0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.03	-0.01	0.03	2.3	0.54	1.1	MAM
	0.01 ± 0.03	0.02 ± 0.02	-0.01	0.03	1.76	0.57	1.38	JJA
	0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.02	0	0.02	2.55	0.46	0.73	SON
Russia	0.02 ± 0.04	0.02 ± 0.03	0	0.04	2.51	0.37	2.14	ANN
	0 ± 0.01	0.13 ± 0.06	-0.13	0.14	1.92	0.06	0.01	DJF
	0.02 ± 0.05	0.03 ± 0.04	0	0.04	3.07	0.5	0.56	MAM
	0.02 ± 0.04	0.02 ± 0.02	0	0.04	2.3	0.36	1.22	JJA
	0.02 ± 0.04	0.01 ± 0.02	0.01	0.04	2.35	0.36	0.36	SON

Figure S8. Same as in Fig. S1 but for the comparison between the MONARCH reanalysis and MIDAS+IASI mean regional coarse DOD.