



## **APPENDIX AVAILABLE ON REQUEST**

### **Research Report 133**

#### **Characterization of Metals Emitted from Motor Vehicles**

##### **Appendix B. Tunnel Roadway Emission Rates**

James J Schauer et al

---

Correspondence may be addressed to Dr James J Schauer, Environmental Chemistry and Technology Program, University of Wisconsin, 660 N Park St, Madison WI 53706, [jschauer@engr.wisc.edu](mailto:jschauer@engr.wisc.edu).

Although this document was produced with partial funding by the United States Environmental Protection Agency under Assistance Award R82811201 to the Health Effects Institute, it has not been subjected to the Agency's peer and administrative review and therefore may not necessarily reflect the views of the Agency, and no official endorsement by it should be inferred. The contents of this document also have not been reviewed by private party institutions, including those that support the Health Effects Institute; therefore, it may not reflect the views or policies of these parties, and no endorsement by them should be inferred.

This document was reviewed by the HEI Health Review Committee but did not undergo the HEI scientific editing and production process.

## APPENDIX B

### EMISSION RATES FOR SPECIES IN INDIVIDUAL TUNNEL TESTS, PM10 and PM2.5, mg km<sup>-1</sup>

PM10	TUNNEL TESTS*				# VEH	% Trucks		mass mg/km		OC mg/km		EC mg/km		sulfate mg/km		nitrate mg/km		chloride mg/km		ammonium mg/km	
						AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
<b>A</b>	Kilborn	summer	weekday	2310	1.6	41.1	10.6	18.8	6.5	6.0	1.7	3.3	3.2	2.4	2.3	0.0	2.2	0.5	0.4		
<b>B</b>	Kilborn	summer	weekday	2792	2.5	89.3	14.3	28.6	7.8	15.2	2.2	1.9	3.6	0.8	1.9	1.7	2.8	0.0	0.5		
<b>C</b>	Kilborn	summer	weekday	3665	1.7	104.3	11.7	34.3	6.5	11.0	1.6	2.5	2.8	1.3	1.4	0.2	2.4	0.9	0.7		
<b>D</b>	Kilborn	summer	weekday	2403	2.3	200.5	84.0	37.5	13.9	9.4	3.4	8.1	5.0	0.6	3.3	11.6	4.1	1.6	0.6		
<b>E</b>	Kilborn	summer	weekday	2364	3.0	164.7	23.2	51.4	12.5	15.3	3.0	4.6	4.6	2.2	3.0	4.3	2.5	0.0	0.7		
<b>F</b>	Howell	summer	weekday	4486	6.1	75.2	12.8	23.0	7.1	5.4	1.7	4.7	2.7	1.9	1.7	1.2	1.4	1.3	0.4		
<b>G</b>	Howell	summer	weekend	2336	1.5	62.3	21.6	23.2	12.6	2.8	2.9	3.6	5.5	3.6	3.9	5.6	3.7	0.0	0.6		
<b>H</b>	Howell	summer	weekend	2621	2.4	45.6	19.1	19.7	11.4	5.8	2.8	0.0	5.0	0.0	3.5	0.0	3.4	0.0	0.6		
<b>I</b>	Howell	summer	weekday	3112	9.4	176.8	19.3	60.0	9.1	23.4	2.6	3.1	6.2	10.6	3.3	0.8	1.9	2.4	1.9		
<b>J</b>	Howell	summer	weekday	4822	6.5	168.3	19.8	50.1	7.8	15.3	2.2	6.2	3.9	7.6	4.6	6.0	9.1	1.8	0.7		
<b>K</b>	Howell	winter	weekday	6720	7.0	55.1	6.5	14.1	3.7	1.2	0.8	2.79	1.13	0.00	1.07	27.25	1.26	1.01	0.26		
<b>L</b>	Howell	winter	weekday	7579	7.2	55.7	6.0	11.2	3.4	1.2	0.7	2.18	1.24	0.06	1.16	26.81	1.39	0.17	0.26		
<b>M</b>	Howell	winter	weekday	7062	7.7	44.5	6.0	14.6	3.7	7.9	0.7	1.80	1.06	0.60	0.98	6.77	1.18	0.60	0.24		
<b>N</b>	Howell	winter	weekday	7860	7.7	38.7	8.3	9.1	5.2	5.4	1.3	1.75	1.48	3.12	1.51	5.69	1.66	0.38	0.34		
<b>O</b>	Howell	winter	weekday	7964	7.2	56.1	6.5	1.6	3.4	0.0	0.8	2.63	1.30	1.17	1.32	24.54	1.45	0.20	0.30		
<b>P</b>	Howell	winter	weekday	7977	6.6	446.2	14.8	36.6	3.0	2.4	0.5	6.84	0.97	1.56	0.99	124.75	1.09	1.44	0.22		
<b>PM2.5</b>																					
<b>A</b>	Kilborn	summer	weekday	2310	1.6	9.1	8.9	1.5	5.8	1.6	1.4	1.9	2.3	0.0	1.2	0.0	1.1	1.6	0.1		
<b>B</b>	Kilborn	summer	weekday	2792	2.5	11.4	9.1	1.8	5.7	5.5	1.5	0.8	2.9	0.0	1.7	1.8	2.1	0.2	0.2		
<b>C</b>	Kilborn	summer	weekday	3665	1.7	43.3	7.7	19.2	4.9	7.0	1.2	3.2	2.0	0.6	1.4	0.0	1.2	0.8	0.3		
<b>D</b>	Kilborn	summer	weekday	2403	2.3	31.2	17.9	4.1	10.0	9.8	2.6	2.4	4.5	0.0	2.5	2.0	2.6	1.7	0.5		
<b>E</b>	Kilborn	summer	weekday	2364	3.0	25.6	14.2	5.4	8.4	10.4	2.4	0.0	6.3	0.0	2.1	1.3	2.2	0.0	0.1		
<b>F</b>	Howell	summer	weekday	4486	6.1	13.1	8.5	0.0	5.1	3.8	1.3	4.2	2.2	0.0	1.4	0.7	1.3	2.0	2.2		
<b>G</b>	Howell	summer	weekend	2336	1.5	52.6	16.3	16.5	10.4	2.8	2.3	11.5	4.4	11.5	3.1	0.7	2.9	0.5	0.5		
<b>H</b>	Howell	summer	weekend	2621	2.4	82.2	14.2	9.4	8.9	1.8	2.2	32.0	4.0	32.0	2.8	2.4	2.7	0.0	0.5		
<b>I</b>	Howell	summer	weekday	3112	9.4	66.0	11.0	23.6	6.8	17.2	2.3	0.5	2.8	6.9	1.5	0.3	1.4	2.2	2.5		
<b>J</b>	Howell	summer	weekday	4822	6.5	38.9	9.0	15.1	5.1	11.4	1.8	0.0	2.4	2.3	1.2	0.0	3.5	1.2	0.8		
<b>K</b>	Howell	winter	weekday	6720	7.0	18.2	5.0	6.4	3.4	1.9	0.8	1.63	0.62	2.00	0.46	0.82	0.69	0.41	0.14		
<b>L</b>	Howell	winter	weekday	7579	7.2	18.8	4.6	5.2	3.1	2.8	0.7	0.95	0.66	1.37	0.67	1.95	0.74	0.60	0.15		
<b>M</b>	Howell	winter	weekday	7062	7.7	29.3	3.4	8.7	2.2	6.0	0.6	1.65	0.56	0.73	0.54	0.54	0.60	1.23	0.12		
<b>N</b>	Howell	winter	weekday	7860	7.7	33.1	4.9	13.6	3.1	4.9	0.8	1.36	1.05	4.60	1.07	1.13	1.17	1.14	0.24		
<b>O</b>	Howell	winter	weekday	7964	7.2	27.8	4.2	6.8	2.5	2.7	0.6	0.47	0.94	1.09	0.96	0.93	1.06	0.19	0.21		
<b>P</b>	Howell	winter	weekday	7977	6.6	46.3	3.2	8.7	1.8	3.0	0.4	1.76	0.70	1.39	0.71	10.39	0.78	0.00	0.15		

\* SEE CHAPTER 2 FOR COMPLETE DESCRIPTIONS OF TUNNEL TESTS

EMISSION RATES FOR SPECIES IN INDIVIDUAL TUNNEL TESTS, mg km<sup>-1</sup>

	Na sodium mg/km		Mg magnesium mg/km		Al aluminum mg/km		Si silicon mg/km		P phosphorus mg/km		S sulfur mg/km		Cl chlorine mg/km		K potassium mg/km	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
<b>PM10</b>																
<b>A</b>	0.79	1.57	0.28	0.05	*		*		*		*		*		*	
<b>B</b>	0.00	1.20	1.20	0.14	0.00	1.15	5.63	3.27	0.04	0.27	0.16	0.35	0.24	0.21	0.64	0.21
<b>C</b>	0.04	1.01	1.28	0.23	0.96	0.82	7.39	2.63	0.44	0.22	2.97	0.38	0.77	0.23	0.89	0.19
<b>D</b>	1.79	1.32	0.34	0.34	0.38	1.70	9.01	4.64	0.00	0.30	2.79	1.21	0.00	0.30	0.51	0.37
<b>E</b>	0.25	0.43	1.12	0.14	2.52	1.85	12.74	6.22	0.11	0.32	1.88	0.79	0.78	0.33	1.29	0.39
<b>F</b>	1.17	1.05	2.57	0.33	1.24	1.14	3.70	3.02	0.00	0.02	0.00	1.45	0.09	0.15	0.38	0.21
<b>G</b>	0.14	0.49	0.65	0.08	0.00	1.25	1.84	4.40	0.00	0.05	1.82	1.31	0.10	0.32	0.01	0.34
<b>H</b>	0.26	1.17	0.45	0.09	0.00	0.34	2.29	3.37	0.08	0.28	0.53	1.27	0.00	0.11	0.37	0.30
<b>I</b>	0.00	0.45	0.99	0.18	2.40	1.97	11.51	5.42	0.07	0.32	1.54	1.79	0.32	0.17	1.39	0.35
<b>J</b>	0.50	0.59	2.14	0.27	4.09	1.99	12.09	5.50	0.24	0.20	1.93	2.30	0.22	0.18	1.49	0.31
<b>K</b>	0.00	1.10	0.00	0.31	1.27	0.55	0.00	1.13	0.00	0.23	0.00	0.55	0.00	0.28	0.00	0.10
<b>L</b>	5.40	1.46	0.00	0.09	0.00	0.42	0.00	0.68	0.00	0.21	0.00	0.48	0.16	0.16	0.00	0.09
<b>M</b>	1.19	0.91	0.29	0.17	0.00	0.39	0.00	0.66	0.00	0.17	0.00	0.30	0.00	0.14	0.00	0.06
<b>N</b>	2.37	1.28	0.95	0.18	0.00	0.47	0.00	0.73	0.00	0.24	0.00	0.47	0.00	0.16	0.00	0.07
<b>O</b>	4.86	1.95	0.84	0.20	0.00	0.44	3.64	0.91	0.00	0.24	0.45	0.51	1.47	0.25	0.32	0.07
<b>P</b>	51.17	6.02	13.91	1.62	4.89	0.90	15.77	3.50	0.00	0.27	1.83	0.65	73.79	6.95	1.88	0.18
<b>PM2.5</b>																
<b>A</b>	0.00	1.16	0.20	0.04	*		*		*		*		*		*	
<b>B</b>	0.00	0.64	0.04	0.03	*		*		*		*		*		*	
<b>C</b>	0.01	0.85	0.10	0.06	0.00	0.14	0.18	0.69	0.18	0.09	1.55	0.24	0.35	0.09	0.16	0.09
<b>D</b>	4.91	5.82	0.02	0.05	0.00	0.28	0.31	1.44	0.00	0.04	0.08	1.05	0.37	0.17	0.20	0.19
<b>E</b>	0.00	0.31	0.02	0.02	0.35	0.56	0.87	1.29	0.26	0.19	1.73	0.48	0.67	0.17	0.03	0.19
<b>F</b>	0.11	0.77	0.00	0.06	0.00	0.28	0.49	0.68	0.00	0.02	0.00	1.50	0.01	0.10	0.05	0.09
<b>G</b>	0.01	0.37	0.00	0.03	0.00	0.28	0.00	1.41	0.00	0.04	0.23	1.16	0.10	0.16	0.27	0.19
<b>H</b>	0.00	0.99	0.01	0.03	0.00	0.56	0.00	1.28	0.14	0.19	0.07	1.21	0.00	0.09	0.00	0.19
<b>I</b>	0.00	0.22	0.06	0.02	0.00	0.18	0.96	0.81	0.00	0.02	0.27	1.74	0.46	0.14	0.00	0.13
<b>J</b>	0.00	0.43	0.07	0.02	0.00	0.14	0.46	0.72	0.11	0.11	0.00	2.24	0.11	0.08	0.14	0.10
<b>K</b>	0.96	0.33	0.00	0.06	0.00	0.13	0.00	0.17	0.00	0.10	0.52	0.32	0.11	0.05	0.00	0.02
<b>L</b>	1.56	0.49	0.10	0.07	0.00	0.13	0.00	0.17	0.00	0.10	0.62	0.27	0.00	0.05	0.00	0.03
<b>M</b>	1.29	0.33	0.22	0.06	0.00	0.13	0.49	0.16	0.00	0.09	0.46	0.25	0.26	0.05	0.03	0.02
<b>N</b>	0.00	0.32	0.00	0.06	0.00	0.18	0.00	0.33	0.00	0.13	0.64	0.45	0.00	0.06	0.00	0.04
<b>O</b>	0.23	0.34	0.19	0.07	0.00	0.17	0.51	0.20	0.00	0.11	0.49	0.35	0.00	0.05	0.00	0.03
<b>P</b>	4.24	0.58	2.27	0.27	0.46	0.16	0.93	0.20	0.00	0.10	0.44	0.45	0.23	0.05	0.17	0.03

\* XRF data not available

EMISSION RATES FOR SPECIES IN INDIVIDUAL TUNNEL TESTS, mg km<sup>-1</sup>

	Ca calcium mg/km		Sc scandium mg/km		Ti titanium mg/km		V vanadium mg/km		Cr chromium mg/km		Mn manganese mg/km		Fe iron mg/km		Cu copper mg/km	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
<b>PM10</b>																
<b>A</b>	*		*		0.027	0.057	0.0004	0.0008	0.0000	0.0142	0.0091	0.0014	0.53	0.18	0.054	0.005
<b>B</b>	7.52	1.13	0.000	0.022	0.123	0.062	0.0021	0.0008	0.0205	0.0146	0.0244	0.0023	2.05	0.30	0.112	0.009
<b>C</b>	7.63	1.00	0.014	0.054	0.057	0.024	0.0025	0.0005	0.0075	0.0117	0.0420	0.0263	2.98	0.82	0.093	0.024
<b>D</b>	7.64	1.62	0.160	0.097	0.012	0.102	0.0029	0.0015	0.0247	0.0247	0.0060	0.0080	55.58	56.36	0.031	0.024
<b>E</b>	17.96	2.96	0.029	0.112	0.000	0.059	0.0000	0.0018	0.0000	0.0181	0.0271	0.0081	1.41	0.28	0.123	0.017
<b>F</b>	3.46	0.98	0.000	0.016	0.082	0.012	0.0028	0.0006	0.0214	0.0122	0.0374	0.0075	4.51	0.72	0.097	0.011
<b>G</b>	3.13	0.95	0.000	0.073	0.065	0.070	0.0023	0.0019	0.0218	0.0211	0.0450	0.0073	1.36	0.28	0.090	0.014
<b>H</b>	1.60	0.62	0.000	0.071	0.000	0.098	0.0023	0.0013	0.0813	0.0282	0.0163	0.0031	1.83	0.35	0.032	0.011
<b>I</b>	11.23	2.07	0.000	0.021	0.046	0.053	0.0000	0.0030	0.0000	0.0176	0.0129	0.0259	1.62	0.40	0.045	0.031
<b>J</b>	10.75	1.89	0.000	0.016	0.182	0.057	0.0024	0.0009	0.0289	0.0128	0.0474	0.0048	2.47	0.36	0.172	0.015
<b>K</b>	0.00	0.67	0.000	0.033	0.000	0.033	0.0000	0.0009	0.0002	0.0080	0.0000	0.0149	0.58	0.42	0.021	0.008
<b>L</b>	0.32	0.25	0.000	0.029	0.000	0.018	0.0000	0.0005	0.0000	0.0097	0.0003	0.0083	0.60	0.29	0.000	0.010
<b>M</b>	0.00	0.43	0.000	0.025	0.000	0.026	0.0000	0.0006	0.0119	0.0098	0.0139	0.0104	2.55	0.62	0.065	0.014
<b>N</b>	0.00	0.36	0.000	0.032	0.011	0.026	0.0000	0.0008	0.0260	0.0126	0.0188	0.0110	2.73	0.53	0.065	0.015
<b>O</b>	3.19	0.40	0.000	0.030	0.027	0.021	0.0010	0.0005	0.0016	0.0106	0.0183	0.0113	1.50	0.38	0.041	0.010
<b>P</b>	16.66	1.56	0.000	0.034	0.855	0.097	0.0176	0.0020	0.1168	0.0157	0.1893	0.0337	9.18	1.27	0.145	0.018
<b>PM2.5</b>																
<b>A</b>	*		*		0.038	0.046	0.0007	0.0006	0.0053	0.0113	0.0066	0.0012	0.90	0.16	0.068	0.006
<b>B</b>	*		*		0.003	0.049	0.0000	0.0007	0.0000	0.0115	0.0027	0.0008	0.26	0.11	0.026	0.003
<b>C</b>	0.35	0.09	0.000	0.013	0.003	0.007	0.0009	0.0002	0.0000	0.0095	0.0120	0.0031	0.91	0.36	0.036	0.006
<b>D</b>	0.14	0.18	0.000	0.041	0.008	0.082	0.0007	0.0011	0.0146	0.0197	0.0019	0.0016	0.26	0.18	0.045	0.032
<b>E</b>	0.45	0.18	0.000	0.045	0.000	0.042	0.0010	0.0012	0.0395	0.0137	0.0059	0.0037	0.21	0.16	0.029	0.006
<b>F</b>	0.20	0.08	0.000	0.021	0.000	0.008	0.0000	0.0003	0.0000	0.0093	0.0000	0.0051	0.56	0.54	0.006	0.006
<b>G</b>	0.03	0.17	0.000	0.042	0.925	0.087	0.0000	0.0014	0.0000	0.0152	0.0008	0.0042	0.07	0.18	0.015	0.009
<b>H</b>	0.00	0.17	0.000	0.026	0.020	0.071	0.0000	0.0010	0.0281	0.0333	0.0046	0.0017	0.18	0.14	0.016	0.004
<b>I</b>	0.55	0.12	0.000	0.016	0.542	0.052	0.0011	0.0011	0.0000	0.0096	0.0131	0.0039	0.75	0.13	0.031	0.007
<b>J</b>	0.54	0.10	0.006	0.024	0.013	0.038	0.0001	0.0006	0.0055	0.0088	0.0050	0.0009	0.35	0.09	0.000	0.009
<b>K</b>	0.06	0.05	0.000	0.011	0.000	0.010	0.0000	0.0003	0.0000	0.0063	0.0000	0.0124	0.23	0.17	0.003	0.005
<b>L</b>	0.09	0.03	0.000	0.012	0.000	0.013	0.0000	0.0004	0.0000	0.0075	0.0000	0.0051	0.31	0.13	0.000	0.006
<b>M</b>	0.47	0.06	0.000	0.012	0.008	0.012	0.0002	0.0003	0.0032	0.0064	0.0136	0.0036	1.31	0.20	0.039	0.006
<b>N</b>	0.10	0.05	0.000	0.015	0.000	0.014	0.0000	0.0004	0.0000	0.0084	0.0000	0.0036	0.00	0.11	0.000	0.005
<b>O</b>	0.33	0.05	0.000	0.014	0.023	0.011	0.0003	0.0003	0.0106	0.0074	0.0220	0.0066	6.95	0.92	0.027	0.005
<b>P</b>	1.12	0.09	0.000	0.012	0.179	0.023	0.0018	0.0004	0.0141	0.0059	0.0255	0.0053	1.42	0.22	0.032	0.005

\* XRF data not available

EMISSION RATES FOR SPECIES IN INDIVIDUAL TUNNEL TESTS, mg km<sup>-1</sup>

	Zn zinc mg/km		Ge germanium mg/km		As arsenic mg/km		Se selenium mg/km		Br bromine mg/km		Rb rubidium mg/km		Sr strontium mg/km		Mo molybdenum mg/km	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
<b>PM10</b>																
<b>A</b>	0.019	0.023	*		0.0000	0.0026	*		*		0.0000	0.0057	0.0021	0.0003	0.0030	0.0011
<b>B</b>	0.164	0.026	0.000	0.015	0.0007	0.0015	0.000	0.065	0.000	0.074	0.0000	0.0061	0.0073	0.0005	0.0078	0.0012
<b>C</b>	0.108	0.023	0.012	0.063	0.0003	0.0056	0.009	0.053	0.158	0.075	0.0007	0.0004	0.0098	0.0017	0.0033	0.0008
<b>D</b>	0.087	0.039	0.000	0.023	0.0000	0.0022	0.000	0.100	0.000	0.083	0.0006	0.0110	0.0025	0.0022	0.0020	0.0018
<b>E</b>	0.153	0.025	0.095	0.110	0.0000	0.0061	0.000	0.085	0.057	0.087	0.0000	0.0175	0.0158	0.0027	0.0012	0.0011
<b>F</b>	0.159	0.019	0.000	0.011	0.0011	0.0048	0.000	0.048	0.007	0.042	0.0011	0.0005	0.0081	0.0009	0.0053	0.0006
<b>G</b>	0.141	0.022	0.000	0.025	0.0000	0.0072	0.007	0.107	0.000	0.052	0.0028	0.0206	0.0091	0.0015	0.0043	0.0013
<b>H</b>	0.000	0.038	0.000	0.108	0.0077	0.0026	0.000	0.099	0.040	0.116	0.0000	0.0098	0.0009	0.0005	0.0000	0.0018
<b>I</b>	0.153	0.095	0.000	0.015	0.0000	0.0042	0.000	0.065	0.000	0.073	0.0000	0.0139	0.0019	0.0082	0.0038	0.0011
<b>J</b>	0.264	0.040	0.000	0.053	0.0006	0.0014	0.012	0.053	0.007	0.055	0.0000	0.0049	0.0110	0.0008	0.0071	0.0011
<b>K</b>	0.011	0.034	0.000	0.027	0.0000	0.0008	0.000	0.021	0.000	0.024	0.0000	0.0018	0.0011	0.0017	0.0000	0.0047
<b>L</b>	0.029	0.029	0.000	0.032	0.0000	0.0006	0.000	0.028	0.000	0.025	0.0004	0.0016	0.0000	0.0021	0.0000	0.0085
<b>M</b>	0.057	0.039	0.000	0.025	0.0000	0.0005	0.000	0.017	0.000	0.021	0.0000	0.0015	0.0015	0.0036	0.0000	0.0153
<b>N</b>	0.043	0.059	0.000	0.033	0.0001	0.0008	0.000	0.025	0.000	0.028	0.0000	0.0019	0.0060	0.0028	0.1519	0.0206
<b>O</b>	0.000	0.035	0.000	0.032	0.0004	0.0005	0.000	0.024	0.000	0.025	0.0004	0.0015	0.0113	0.0025	0.0000	0.0087
<b>P</b>	0.510	0.091	0.000	0.023	0.0019	0.0005	0.000	0.018	0.000	0.019	0.0229	0.0031	0.1387	0.0148	0.0000	0.0088
<b>PM2.5</b>																
<b>A</b>	0.045	0.016	*		0.0012	0.0012	*		*		0.0027	0.0046	0.0018	0.0002	0.0026	0.0009
<b>B</b>	0.000	0.015	*		0.0001	0.0014	*		*		0.0000	0.0049	0.0006	0.0002	0.0003	0.0008
<b>C</b>	0.007	0.008	0.000	0.040	0.0059	0.0041	0.006	0.040	0.004	0.048	0.0004	0.0003	0.0033	0.0005	0.0013	0.0001
<b>D</b>	0.049	0.042	0.000	0.018	0.0034	0.0018	0.000	0.079	0.000	0.071	0.0025	0.0089	0.0007	0.0003	0.0011	0.0014
<b>E</b>	0.015	0.009	0.000	0.019	0.0001	0.0045	0.000	0.078	0.001	0.073	0.0000	0.0127	0.0015	0.0006	0.0050	0.0009
<b>F</b>	0.000	0.010	0.000	0.009	0.0002	0.0036	0.009	0.038	0.000	0.043	0.0000	0.0003	0.0001	0.0004	0.0000	0.0004
<b>G</b>	0.000	0.011	0.000	0.019	0.0000	0.0054	0.000	0.078	0.000	0.069	0.0000	0.0154	0.0000	0.0007	0.0000	0.0009
<b>H</b>	0.017	0.025	0.025	0.088	0.0058	0.0021	0.000	0.079	0.000	0.073	0.0000	0.0071	0.0000	0.0003	0.0022	0.0046
<b>I</b>	0.060	0.014	0.000	0.012	0.0007	0.0034	0.000	0.050	0.005	0.044	0.0014	0.0089	0.0034	0.0007	0.0027	0.0007
<b>J</b>	0.024	0.012	0.000	0.043	0.0004	0.0011	0.008	0.041	0.031	0.047	0.0000	0.0037	0.0007	0.0002	0.0013	0.0006
<b>K</b>	0.001	0.024	0.000	0.017	0.0000	0.0004	0.000	0.012	0.000	0.015	0.0000	0.0010	0.0000	0.0007	0.0000	0.0048
<b>L</b>	0.000	0.021	0.000	0.016	0.0000	0.0004	0.000	0.013	0.000	0.014	0.0000	0.0012	0.0000	0.0012	0.0000	0.0065
<b>M</b>	0.087	0.021	0.000	0.016	0.0008	0.0003	0.000	0.012	0.000	0.013	0.0001	0.0010	0.0049	0.0008	0.0000	0.0078
<b>N</b>	0.000	0.030	0.000	0.022	0.0000	0.0005	0.000	0.019	0.053	0.019	0.0000	0.0012	0.0000	0.0007	0.0800	0.0111
<b>O</b>	0.034	0.018	0.000	0.021	0.0004	0.0003	0.000	0.017	0.000	0.017	0.0003	0.0010	0.0023	0.0006	0.0063	0.0077
<b>P</b>	0.099	0.023	0.000	0.015	0.0004	0.0004	0.041	0.014	0.000	0.012	0.0028	0.0009	0.0235	0.0026	0.0000	0.0042

\* XRF data not available

EMISSION RATES FOR SPECIES IN INDIVIDUAL TUNNEL TESTS, mg km<sup>-1</sup>

PM10	Rh rhodium mg/km		Pd palladium mg/km		Ag silver mg/km		Cd cadmium mg/km		Sb antimony mg/km		I iodine mg/km		Cs cesium mg/km		Ba barium mg/km	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
A	0.00000	0.00003	0.0000	0.0016	0.000000	0.000019	0.00006	0.00004	0.0140	0.0013	*		0.0000	0.0018	0.067	0.013
B	0.00000	0.00004	0.0000	0.0017	0.000014	0.000022	0.00012	0.00004	0.0250	0.0021	0.000	0.030	0.0000	0.0020	0.278	0.043
C	0.00000	0.00006	0.0001	0.0000	0.000035	0.000013	0.00030	0.00016	0.0190	0.0047	0.000	0.053	0.0000	0.0003	0.136	0.022
D	0.00013	0.00014	0.0018	0.0030	0.000164	0.000157	0.00003	0.00006	0.0077	0.0060	0.000	0.045	0.0033	0.0050	0.072	0.056
E	0.00000	0.00012	0.0000	0.0004	0.000000	0.000097	0.00000	0.00021	0.0154	0.0019	0.039	0.219	0.0000	0.0067	0.162	0.022
F	0.00001	0.00006	0.0000	0.0000	0.000048	0.000015	0.00045	0.00016	0.0129	0.0011	0.042	0.107	0.0000	0.0003	0.182	0.015
G	0.00010	0.00015	0.0000	0.0004	0.000023	0.000112	0.00000	0.00037	0.0159	0.0016	0.000	0.157	0.0000	0.0078	0.230	0.020
H	0.00035	0.00008	0.0044	0.0028	0.000000	0.000030	0.00029	0.00009	0.0072	0.0010	0.000	0.044	0.0015	0.0031	0.137	0.029
I	0.00009	0.00012	0.0000	0.0009	0.000000	0.000083	0.00000	0.00029	0.0129	0.0047	0.000	0.147	0.0000	0.0041	0.272	0.074
J	0.00000	0.00003	0.0000	0.0014	0.000041	0.000021	0.00014	0.00009	0.0225	0.0021	0.000	0.023	0.0000	0.0015	0.524	0.085
K	0.00000	0.00018	0.0000	0.0004	0.002841	0.000637	0.00000	0.00020	0.0000	0.0030	0.000	0.092	0.0000	0.0007	0.065	0.022
L	0.00000	0.00005	0.0000	0.0002	0.000511	0.000222	0.00000	0.00015	0.0000	0.0016	0.000	0.076	0.0002	0.0007	0.042	0.019
M	0.00000	0.00004	0.0000	0.0002	0.038911	0.007234	0.00000	0.00022	0.0126	0.0023	0.000	0.070	0.0001	0.0007	0.201	0.055
N	0.00000	0.00005	0.0000	0.0002	0.003283	0.000709	0.00030	0.00048	0.0130	0.0022	0.000	0.087	0.0000	0.0009	0.205	0.043
O	0.00000	0.00004	0.0000	0.0001	0.000470	0.000167	0.00000	0.00023	0.0080	0.0015	0.000	0.083	0.0001	0.0007	0.115	0.027
P	0.00000	0.00003	0.0001	0.0001	0.007872	0.001456	0.00268	0.00047	0.0166	0.0019	0.000	0.082	0.0013	0.0006	0.314	0.051
<b>PM2.5</b>																
A	0.00000	0.00003	0.0000	0.0013	0.000000	0.000023	0.00013	0.00004	0.0171	0.0015	*		0.0000	0.0014	0.115	0.019
B	0.00000	0.00003	0.0000	0.0014	0.000088	0.000025	0.00000	0.00002	0.0058	0.0005	*		0.0000	0.0016	0.056	0.009
C	0.00002	0.00005	0.0000	0.0000	0.000027	0.000010	0.00009	0.00012	0.0063	0.0005	0.021	0.057	0.0002	0.0002	0.056	0.004
D	0.00000	0.00005	0.0005	0.0023	0.000063	0.000069	0.00000	0.00005	0.0052	0.0006	0.000	0.036	0.0027	0.0038	0.049	0.009
E	0.00000	0.00009	0.0000	0.0003	0.000000	0.000069	0.00000	0.00015	0.0063	0.0006	0.000	0.091	0.0002	0.0048	0.050	0.005
F	0.00000	0.00004	0.0000	0.0000	0.000000	0.000012	0.00000	0.00019	0.0014	0.0004	0.000	0.017	0.0000	0.0002	0.020	0.004
G	0.00000	0.00011	0.0000	0.0003	0.000000	0.000083	0.00000	0.00019	0.0014	0.0003	0.078	0.113	0.0000	0.0059	0.020	0.004
H	0.00000	0.00021	0.0000	0.0020	0.000000	0.000233	0.00000	0.00026	0.0008	0.0005	0.061	0.084	0.0000	0.0026	0.042	0.008
I	0.00004	0.00006	0.0001	0.0002	0.000082	0.000049	0.00005	0.00014	0.0083	0.0009	0.000	0.023	0.0040	0.0033	0.150	0.014
J	0.00000	0.00002	0.0000	0.0011	0.000000	0.000011	0.00009	0.00004	0.0044	0.0004	0.000	0.018	0.0000	0.0012	0.075	0.013
K	0.00000	0.00002	0.0000	0.0001	0.000000	0.000186	0.00000	0.00013	0.0000	0.0027	0.000	0.033	0.0000	0.0004	0.018	0.007
L	0.00000	0.00003	0.0000	0.0001	0.000000	0.000085	0.00000	0.00012	0.0009	0.0008	0.000	0.035	0.0000	0.0005	0.028	0.008
M	0.00000	0.00003	0.0000	0.0001	0.000000	0.002070	0.00037	0.00011	0.0081	0.0009	0.000	0.031	0.0000	0.0005	0.115	0.019
N	0.00000	0.00003	0.0000	0.0001	0.000376	0.000259	0.00000	0.00042	0.0000	0.0006	0.000	0.043	0.0000	0.0006	0.000	0.005
O	0.00000	0.00003	0.0000	0.0001	0.000128	0.000073	0.00025	0.00010	0.0046	0.0006	0.000	0.039	0.0000	0.0005	0.058	0.010
P	0.00001	0.00002	0.0000	0.0001	0.000517	0.000131	0.00028	0.00012	0.0055	0.0007	0.000	0.034	0.0004	0.0004	0.064	0.011

\* XRF data not available

EMISSION RATES FOR SPECIES IN INDIVIDUAL TUNNEL TESTS, mg km<sup>-1</sup>

PM10	Ce cerium mg/km		W tungsten mg/km		Pt platinum mg/km		Tl thallium mg/km		Pb lead mg/km		U uranium mg/km	
	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
A	*		0.00000	0.00038	0.00000	0.00133	0.00000	0.00012	0.0048	0.0069	0.000000	0.000003
B	0.107	0.087	0.00129	0.00041	0.00018	0.00142	0.00000	0.00012	0.0352	0.0083	0.000057	0.000011
C	0.000	0.051	0.00025	0.00010	0.00005	0.00004	0.00003	0.00005	0.0187	0.0045	0.000041	0.000021
D	0.000	0.071	0.00108	0.00066	0.00050	0.00235	0.00000	0.00024	0.0051	0.0123	0.000000	0.000064
E	0.000	0.062	0.00000	0.00032	0.00000	0.00014	0.00000	0.00030	0.0378	0.0056	0.000000	0.000074
F	0.070	0.071	0.00054	0.00014	0.00004	0.00002	0.00006	0.00006	0.0174	0.0023	0.000063	0.000023
G	0.000	0.144	0.00000	0.00036	0.00002	0.00016	0.00000	0.00033	0.0385	0.0042	0.000041	0.000087
H	0.000	0.129	0.00078	0.00055	0.01024	0.00251	0.00001	0.00020	0.0506	0.0134	0.000130	0.000026
I	0.036	0.093	0.00000	0.00036	0.00054	0.00089	0.00021	0.00019	0.0048	0.0089	0.000046	0.000065
J	0.030	0.072	0.00122	0.00040	0.00000	0.00115	0.00000	0.00010	0.0000	0.0151	0.000074	0.000021
K	0.000	0.046	0.00114	0.00054	0.00000	0.00028	0.00000	0.00013	0.0000	0.0052	0.000000	0.000174
L	0.000	0.049	0.00000	0.00042	0.00000	0.00008	0.00000	0.00005	0.0000	0.0032	0.000000	0.000053
M	0.000	0.037	0.00000	0.00060	0.00000	0.00006	0.00000	0.00010	0.0051	0.0060	0.000000	0.000049
N	0.000	0.049	0.00000	0.00049	0.00000	0.00007	0.00000	0.00008	0.0102	0.0123	0.000000	0.000063
O	0.000	0.048	0.00028	0.00035	0.00005	0.00006	0.00000	0.00005	0.0024	0.0052	0.000038	0.000052
P	0.000	0.038	0.00721	0.00139	0.00008	0.00004	0.00012	0.00004	0.1623	0.0264	0.000714	0.000094
<b>PM2.5</b>												
A	*		0.00000	0.00024	0.00001	0.00109	0.00000	0.00009	0.0046	0.0056	0.000000	0.000002
B	*		0.00000	0.00023	0.00001	0.00115	0.00000	0.00010	0.0015	0.0059	0.000016	0.000004
C	0.000	0.028	0.00009	0.00007	0.00002	0.00001	0.00002	0.00004	0.0028	0.0003	0.000021	0.000017
D	0.000	0.085	0.00059	0.00115	0.00007	0.00190	0.00000	0.00021	0.0037	0.0098	0.000014	0.000018
E	0.000	0.087	0.00033	0.00023	0.00000	0.00010	0.00008	0.00020	0.0030	0.0008	0.000002	0.000053
F	0.063	0.050	0.00000	0.00007	0.00000	0.00002	0.00000	0.00004	0.0000	0.0020	0.000000	0.000015
G	0.000	0.077	0.00000	0.00026	0.00000	0.00012	0.00000	0.00025	0.0000	0.0018	0.000156	0.000063
H	0.111	0.097	0.00000	0.00067	0.00000	0.00169	0.00000	0.00016	0.0087	0.0088	0.000000	0.000142
I	0.000	0.035	0.00012	0.00015	0.00002	0.00007	0.00004	0.00014	0.0029	0.0018	0.000000	0.000037
J	0.002	0.052	0.00018	0.00020	0.00000	0.00088	0.00000	0.00008	0.0000	0.0055	0.000000	0.000006
K	0.000	0.022	0.00000	0.00023	0.00000	0.00004	0.00000	0.00003	0.0000	0.0036	0.000018	0.000031
L	0.000	0.024	0.00000	0.00025	0.00000	0.00006	0.00000	0.00004	0.0000	0.0026	0.000000	0.000039
M	0.000	0.023	0.00003	0.00024	0.00000	0.00004	0.00000	0.00005	0.0178	0.0037	0.000000	0.000032
N	0.000	0.031	0.00000	0.00027	0.00000	0.00005	0.00000	0.00005	0.0000	0.0066	0.000000	0.000041
O	0.000	0.028	0.00000	0.00022	0.00001	0.00004	0.00001	0.00004	0.0090	0.0027	0.000007	0.000035
P	0.000	0.021	0.00084	0.00025	0.00002	0.00003	0.00001	0.00003	0.0236	0.0051	0.000047	0.000029

\* XRF data not available