

APERTURA Y EXTINCIÓN DE LOS HORNOS DE COQUE

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
SNAP 97	04.02.01
CRF	1B1b
NFR	1B1b

Descripción de los procesos generadores de emisiones

En esta ficha se describen las emisiones fugitivas asociadas a la producción del coque metalúrgico. Se incluyen las emisiones procedentes tanto de la carga de las baterías de hornos, como de los procesos de cocción, deshornado y apagado del coque.

El coque metalúrgico es un material carbonáceo, resistente y poroso, producido mediante la destilación destructiva de carbones minerales coquizables efectuada en cámaras refractarias conocidas como hornos de coquización. Aunque el coque es utilizado en un gran número de industrias, la mayor parte está destinado a la producción de arrabio mediante el proceso del horno alto dentro de la siderurgia integral¹.

La planta de coquería tiene por objeto producir el coque metalúrgico mediante una destilación a altas temperaturas de la hulla o carbón mineral en hornos, sin presencia de aire.

Las plantas están compuestas básicamente por:

- La batería de hornos
- La planta de subproductos.

El primer paso en la producción del coque es la preparación de los carbones, que son triturados y posteriormente conducidos a un silo. Allí se mezclan, se adiciona agua y se pasan por un molino de martillos que los pulveriza, dejándolos con la granulometría adecuada para ser cargados en las baterías de hornos. Es entonces cuando, a través de un transportador, la hulla se dirige a las baterías de hornos, depositándose en cada uno de los compartimentos, que son completamente estancos, y procediéndose a retirar todo el oxígeno para que el carbón no entre en combustión y se consuma. En ese momento, comienza un proceso que dura entre 16 y 18 horas, en el que el material del interior alcanza unas temperaturas de hasta 1.050° C. En este proceso, la hulla se 'esponja' por el efecto del calor, a la vez que libera todos los productos que contiene y que después serán aprovechados por la industria, tras su procesado en la planta de subproductos. Lo que queda al final de la coquización es el carbón de coque siderúrgico destinado a alimentar los hornos altos.

Tras las 18 horas de proceso y una vez retirados y almacenados los gases y los productos químicos que destila, se procede al deshornado, que consiste en la retirada de la puerta del horno y el empuje, por medio de un ariete, del producto incandescente hacia una rampa que lo conducirá hasta el denominado vagón de apagado. Una vez que el coque está en contacto con el oxígeno empieza a consumirse, por lo que se procede a poner en funcionamiento, cuanto antes, la última fase del proceso, que consiste en dirigir el vagón con la carga incandescente hacia la torre de apagado, donde se vierte agua sobre el coque para su enfriado. Se produce entonces una gran emisión de vapor de agua. Tras el enfriado, el coque es trasladado en el vagón hasta la rampa de la cinta transportadora que, tras la trituración y clasificación, llevará el material hasta la boca de los hornos altos.

De cada tonelada de hulla se calcula que salen aproximadamente 750 kilogramos de coque, 300 metros cúbicos de gas, 20 kilos de brea, 30 kilos de alquitrán, 3 kilos de amoníaco y 6 litros de benzol².

El gas generado en los hornos de coque durante todo el proceso (gas de coquería) es reaprovechado para calentar a su vez los propios hornos y, en el caso de las coquerías pertenecientes a plantas de siderurgia integral, también se emplea como combustible en otras instalaciones (estufas de hornos altos, planta de sinter, hornos de acería, hornos de laminación). Los excedentes del gas pueden destinarse a la venta a otras industrias (ej.: plantas de cogeneración) o ser quemados en antorchas.

¹ Se conoce como siderurgia integral a la planta industrial dedicada al proceso completo de producir acero a partir del mineral de hierro (hornos altos), mientras que la siderurgia no integral (acería eléctrica) utiliza como materia prima fundamental la chatarra férrea.

² Fuente: Arcelormittal

La Figura 1 muestra un esquema con las etapas descritas de la producción del coque.

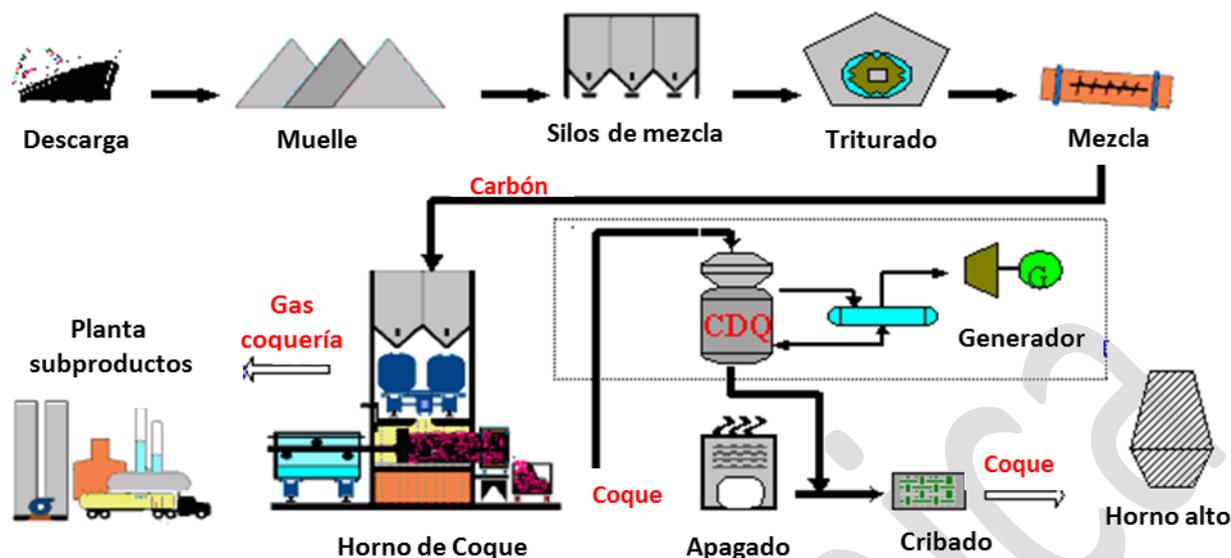


Figura 1. Proceso producción coque metalúrgico (Fuente: China Steel www.csc.com)

La Figura 2 ilustra, de manera esquemática, la relación existente entre los hornos de coque y otras actividades dentro de la industria siderúrgica.

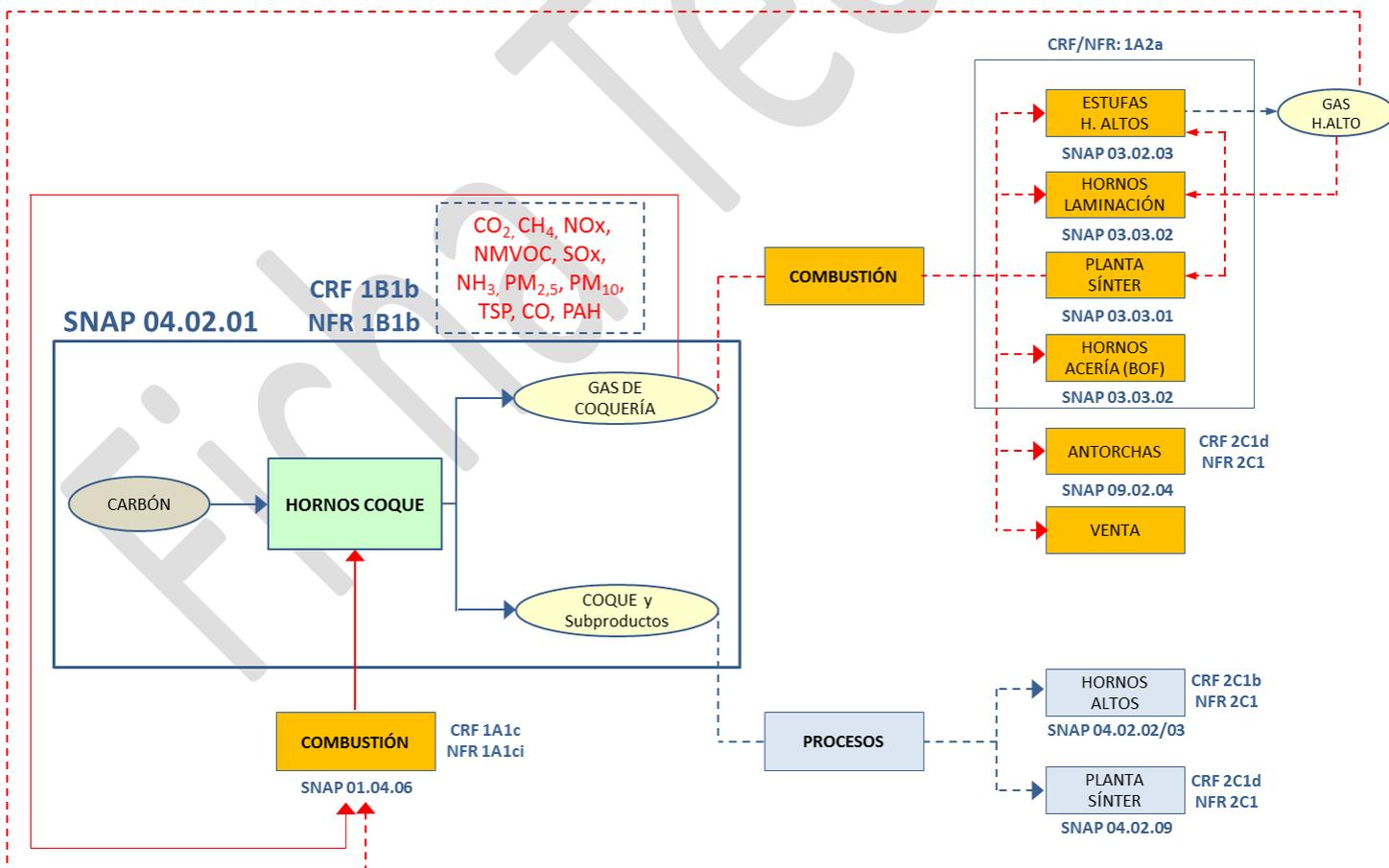


Figura 2. Esquema proceso en los hornos de coque y su relación con otras actividades dentro de la siderurgia integral (Fuente: Elaboración propia)

Contaminantes inventariados

Gases de efecto invernadero

CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆
✓	✓	NA	NA	NA	NA

OBSERVACIONES:

- *Notation Keys* correspondientes al último reporte a UNFCCC

Contaminantes atmosféricos

Contaminantes principales				Material particulado				Otros	Metales pesados prioritarios			Metales pesados adicionales					Contaminantes orgánicos persistentes				
NO _x	NM _{VOC}	SO ₂	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAH	HCB	PCB
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NE	✓	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NA	✓	NA	NA

OBSERVACIONES:

- *Notation Keys* correspondientes al último reporte a CLRTAP
- Las celdas que no incluyen *Notation Key* son casos en los que se reportan emisiones en la categoría NFR correspondiente, pero no son atribuibles a esta actividad

Sectores del Inventario vinculados

Las actividades del Inventario relacionadas con la presente ficha metodológica son las siguientes:

RELACIÓN CON OTRAS FICHAS METODOLÓGICAS			
ACTIVIDAD SNAP	ACTIVIDAD CRF	ACTIVIDAD NFR	DESCRIPCIÓN
01.04.06	1A1ci	1A1c	Plantas de transformación de combustibles sólidos
03.01.03	1A2	1A2	Combustión estacionaria industrial no específica
03.02.03	1A2a	1A2a	Cowpers de hornos altos
03.03.01	1A2a		Plantas de sinterización (combustión)
03.03.02	1A2a		Hornos de recalentamiento de hierro y acero (*)
03.02.05	1A2a/1A2b	1A2a/1A2b	Combustión en otros hornos sin contacto
04.02.02	2C1b	2C1	Carga de hornos altos y coladas de arrabio
04.02.03			Hornos de oxígeno básico de las acerías
04.02.06	2C1a	2C1	Laminación de acero
04.02.08	2C1f		Plantas de sinterización (emisiones de proceso)
04.02.09	2C1d		Antorchas en siderurgia y coquerías
09.02.04	2C1f		

* En esta actividad se han computado las emisiones de ciertas instalaciones auxiliares en los procesos de las plantas siderúrgicas integrales (acería LD, hornos altos, etc.), al no disponer en la nomenclatura SNAP de una actividad específica para estas instalaciones

Descripción metodológica general

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
CO ₂	T2	Cuestionarios individualizados (IQ)	Balance de masa de carbono entre las entradas y salidas a los hornos de coque, computando sólo el carbono diferencial que queda tras descontar la masa de carbono de los productos inventariados en las salidas de la masa de carbono de las entradas
CH ₄	T2	Guía IPCC 2006 (Vol.3, cap. 4)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de coque
NMVOC, NO _x , SO _x , NH ₃ , CO, TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5}	T2	Guía EMEP/EEA 2019, cap. 1B1b	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de coque
PAH	T2	Atmospheric Emission Inventory Guidelines for Persistent organic Pollutants (POPs)	Aplicación de un factor de emisión por defecto a la producción de coque

Variable de actividad

Variable	Descripción
Producción de coque	Expresada en toneladas

Fuentes de información sobre la variable de actividad

Siderurgia integral

Producción de coque	
Periodo	Fuente
1990-2016	"Cuestionarios individualizados (IQ) facilitados por las plantas"

Siderurgia no integral

Producción de coque	
Periodo	Fuente
1990-1999	Cuestionarios Internacionales (MINETAD para EUROSTAT y AIE) ³
2000	Cuestionarios Internacionales (MINETAD para EUROSTAT y AIE) "Estadística de Fabricación de Pasta Coquizable, de Coquerías y de Gas de Horno Alto" ⁴ elaborada por MINETAD
2001-2002	Cuestionarios Internacionales (MINETAD para EUROSTAT y AIE)
2003-2007	"Estadística de Fabricación de Pasta Coquizable, de Coquerías y de Gas de Horno Alto" elaborada por MINETAD
2008-2016	Cuestionarios individualizados (IQ) facilitados por las plantas

³ A las cifras totales de las estadísticas se les descuenta la parte correspondiente a siderurgia integral.

⁴ Las cifras de producción de coque que presentan las estadísticas internacionales para los años 2000 y 2003 parecen estar infravaloradas. Por esta circunstancia, a partir de 2003, se ha tomado como fuente de información la Estadística de Fabricación de Pasta Coquizable. A las cifras totales de estas estadísticas se les descuenta la parte correspondiente a siderurgia integral.

En la actualidad existen en España 3 coquerías, que se resumen en la siguiente figura. Cabe mencionar que una de ellas está incluida en una planta de siderurgia integral.



Empresa	Nombre	Provincia	Observaciones
ARCELORMITTAL	Factoría de Avilés	Asturias	-
	Factoría de Gijón	Asturias	Cese actividad coquería en 2013
Altos hornos de Vizcaya		Vizcaya	Cierre planta 1994
Industrial Química del Nalón		Asturias	-
Industrias DOY		Asturias	-
PROFUSA		Vizcaya	Cierre planta en 2013

Figura 3. Distribución de las coquerías en España (Fuente: Elaboración propia)

Fuente de los factores de emisión

Contaminante	Tipo	Fuente	Descripción
CO ₂	CS	IQ	Balance de masa de carbono entre las entradas y salidas a los hornos de coque, computando sólo el carbono diferencial que queda tras descontar la masa de carbono de los productos inventariados en las salidas de la masa de carbono de las entradas. Las emisiones de CO ₂ se derivan de la masa de este carbono diferencial elevada a la ratio 44/12
CH ₄	D	Guía IPCC 1996 (Vol.3, cap. 4, tabla 4.2)	Factor de emisión por defecto
NO _x	D	Guía EMEP/EEA 2019, cap. 1B1b	Tabla 3.3
NMVOG	D		Tabla 3.2
SO _x	D		Tablas 3.2 y 3.3
NH ₃ , CO	D		Tablas 3.2, 3.3 y 3.5
PM _{2,5} , PM ₁₀ , TSP	D		Tablas 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6
PAH	D		Atmospheric Emission Inventory Guidelines for Persistent organic Pollutants (POPs)

Observaciones: D: por defecto (del inglés "Default"); CS: específico del país (del inglés "Country Specific"); OTH: otros (del inglés "Other"); M: modelo (del inglés "Model"); IQ: cuestionario individualizado de las plantas

Incertidumbres

La incertidumbre de esta actividad a nivel de CRF 1B1 es la recogida en la siguiente tabla.

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
CO ₂	2	200	<u>Variable de actividad:</u> se sitúa en un 2%, al tratarse de información directa de las plantas <u>Factor de emisión:</u> se asigna una incertidumbre elevada debido a que determinados datos de las entradas y salidas de productos en los hornos de coque aportados por las plantas tienen asociada una alta incertidumbre.
CH ₄	1	50	<u>Variable de actividad:</u> se sitúa en un 1%, al tratarse de información directa de las plantas <u>Factor de emisión:</u> se ha asignado a toda la categoría 1B1 la incertidumbre correspondiente a la subcategoría 1B1a (producción y tratamiento de carbones), ya que las emisiones correspondientes a la producción de coque (1B1b) representan tan solo un 0,01 % del total de las emisiones de dicha categoría en 2016.

La incertidumbre de esta actividad a nivel de NFR 1B1b es la recogida en la siguiente tabla.

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
NO ₂ , NMVOC, SO ₂ , NH ₃ , PM _{2,5}	-	-	No estimada. El Inventario contempla en su estimación de incertidumbre total, aquellos sectores que más emiten hasta completar el 97% de las emisiones totales, quedando esta actividad y contaminantes fuera del cómputo. Para más información consultar la metodología para el cálculo de incertidumbres del reporte a CRLTAP
PM ₁₀ , TSP, CO, PAH PAH	- -	- -	Para estos contaminantes no se realizan análisis de incertidumbre. Para más información consultar la metodología para el cálculo de incertidumbres del reporte CRLTAP

Coherencia temporal de la series

La serie se considera coherente al cubrir el conjunto de plantas del sector en el periodo inventariado y provenir la información directamente de las plantas.

Observaciones

No procede.

Criterio para la distribución espacial de las emisiones

El Inventario recibe la información a nivel de planta por lo que las emisiones se asignan directamente a la provincia en la que se ubica cada planta.

Juicio de experto asociado

No procede.

Fecha de actualización

Febrero 2022.

ANEXO I

Datos de la variable de actividad

Año	Producción coque
	toneladas
1990	3.211.000
1991	3.180.000
1992	2.952.000
1993	3.055.000
1994	2.993.000
1995	2.438.000
1996	2.413.000
1997	2.646.000
1998	2.631.000
1999	2.331.000
2000	2.781.786
2001	2.648.000
2002	2.627.000
2003	2.711.292
2004	2.839.141
2005	2.741.695
2006	2.840.124
2007	2.742.194
2008	2.656.853
2009	1.721.127
2010	2.049.978
2011	2.113.829
2012	1.802.846
2013	1.638.950
2014	1.545.805
2015	1.571.239
2016	1.568.535
2017	1.586.118
2018	1.364.957
2019	1.074.975

ANEXO II

Datos de factores de emisión

CH ₄ (g/t coque)	NO _x (g/t coque)	NMVOC (g/t coque)	SO _x (g/t coque)	NH ₃ (g/t coque)	PM _{2,5} (g/t coque)	PM ₁₀ (g/t coque)	TSP (g/t coque)	CO (g/t coque)	PAH (mg/t coque)
0,1	0,9	7,7	0,8	3,7	62,9	149,5	347,2	460,1	454

Ficha Técnica

ANEXO III

Cálculo de emisiones

El cálculo de las emisiones se realiza empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones de NH}_3(\text{kt}) = M_{cl} * FE / 1000000$$

Donde:

M_{cl} = Masa de coque producido (t)

FE = Factor de emisión (kg/t coque)

El factor de emisión (FE) se obtiene sumando los factores de las tablas 3.2, 3.3 y 3.5, correspondientes a las operaciones de “carga de carbón”, “fugas de puertas y tapaderas” y “apagado” respectivamente:

$$FE \text{ NH}_3 (\text{g/tcoque}) = 0,3 + 0,6 + 2,8 = 3,7$$

Se incluye, a modo de ejemplo, el cálculo de emisiones para una planta ficticia con datos no reales:

Masa de coque producido (M_{cl}): 1.500.000 t

$$\text{Emisiones de NH}_3 (\text{kt}) = 1.500.000 * \frac{0,0037}{1000000} = 0,005$$

ANEXO IV

Emisiones

AÑO	CO ₂	CH ₄	NO _x	NM _{VOC}	SO _x	NH ₃	PM _{2,5}	PM ₁₀	TSP	CO	PAH
	kt	t	t	t	t	t	t	t	t	t	kg
1990	18	0,32	2,89	24,72	2,57	11,88	-	-	-	1.477	1.458
1991	17	0,32	2,86	24,49	2,54	11,77	-	-	-	1.463	1.444
1992	16	0,30	2,66	22,73	2,36	10,92	-	-	-	1.358	1.340
1993	17	0,31	2,75	23,52	2,44	11,30	-	-	-	1.406	1.387
1994	16	0,30	2,69	23,05	2,39	11,07	-	-	-	1.377	1.359
1995	13	0,24	2,19	18,77	1,95	9,02	-	-	-	1.122	1.107
1996	13	0,24	2,17	18,58	1,93	8,93	-	-	-	1.110	1.096
1997	15	0,26	2,38	20,37	2,12	9,79	-	-	-	1.217	1.201
1998	14	0,26	2,37	20,26	2,10	9,73	-	-	-	1.211	1.194
1999	13	0,23	2,10	17,95	1,86	8,62	-	-	-	1.072	1.058
2000	15	0,28	2,50	21,42	2,23	10,29	174,97	415,88	965,84	1.280	1.263
2001	15	0,26	2,38	20,39	2,12	9,80	166,56	395,88	919,39	1.218	1.202
2002	14	0,26	2,36	20,23	2,10	9,72	165,24	392,74	912,09	1.209	1.193
2003	72	0,27	2,44	20,88	2,17	10,03	170,54	405,34	941,36	1.247	1.231
2004	73	0,28	2,56	21,86	2,27	10,50	178,58	424,45	985,75	1.306	1.289
2005	90	0,27	2,47	21,11	2,19	10,14	172,45	409,88	951,92	1.261	1.245
2006	125	0,28	2,56	21,87	2,27	10,51	178,64	424,60	986,09	1.307	1.289
2007	94	0,27	2,47	21,11	2,19	10,15	172,48	409,96	952,09	1.262	1.245
2008	43	0,27	2,39	20,46	2,13	9,83	167,12	397,20	922,46	1.222	1.206
2009	14	0,17	1,55	13,25	1,38	6,37	108,26	257,31	597,58	792	781
2010	37	0,20	1,84	15,78	1,64	7,58	128,94	306,47	711,75	943	931
2011	44	0,21	1,90	16,28	1,69	7,82	132,96	316,02	733,92	973	960
2012	23	0,18	1,62	13,88	1,44	6,67	113,40	269,53	625,95	829	818
2013	4	0,16	1,48	12,62	1,31	6,06	103,09	245,02	569,04	754	744
2014	29	0,15	1,39	11,90	1,24	5,72	97,23	231,10	536,70	711	702
2015	29	0,16	1,41	12,10	1,26	5,81	98,83	234,90	545,53	723	713
2016	6	0,16	1,41	12,08	1,25	5,80	98,66	234,50	544,60	722	712
2017	11	0,16	1,43	12,21	1,27	5,87	99,77	237,12	550,70	730	720
2018	7	0,14	1,23	10,51	1,09	5,05	85,86	204,06	473,91	628	620
2019	7	0,11	0,97	8,28	0,86	3,98	67,62	160,71	373,23	495	488