

EMISIJAS APRĒĶINS UN MODELĒŠANA CIETAJAM UN ŠĶIDRAJAM KURINĀMAJAM CALCULATION AND MODELING OF EMISSIONS FOR SOLID AND LIQUID FUELS

Autore: **Zaiga SPRINĢE**, e-pasts: zaiga.springe94@inbox.lv
Zinātniskā vadītāja: **Mg. ped. Ināra LAIZĀNE**, e-pasts: inara.laizane@rta.lv
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Inženieru fakultāte
Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne, LV4601

Abstract. *The thesis contains information on emissions and their calculations and formulas. Information about and working with ADMS Screen was reviewed. The results obtained using this program were summarized in tables and emission dispersion schedules were obtained. The information obtained was analyzed and conclusions were drawn.*

Keywords: *emission, emission factor, ADMS Screen.*

Ievads

Emisijas faktors ir lielums, kas raksturo piesārņojošās vielas daudzuma attiecību pret darbību raksturojošu parametru (piemēram, uz pārstrādāto izejmateriālu daudzumu, uz nobraukto km daudzumu), kurš saistīts ar šīs piesārņojošās vielas emisiju [1].

Lai aprēķinātu emisijas daudzumu, nosaka kurināmā patēriņu, pamatojoties uz informāciju par faktisko kurināmā patēriņu. Izmantojot datus par faktisko kurināmā patēriņu gadā (B_{gada}), aprēķina kurināmā patēriņu sekundē (B_s), ņemot vērā iekārtas darbības ilgumu gadā (n).

Ja kurināmā patēriņš gadā izteikts masas mērvienībās (t), kurināmā patēriņu sekundē (B_s) aprēķina šādi:

$$B_s = \frac{B_{gada} \times 10^6}{n \times 3600}, \text{ kur} \quad (1)$$

B_s – kurināmā patēriņš sekundē (g/s);

B_{gada} – kurināmā patēriņš gadā (t/a);

n – iekārtas darbības ilgums (h/a).

Lai noteiktu emisijas daudzumu (E) atbilstoši (1) formulai, kurināmā patēriņu sekundē (B_s) reizina ar attiecīgo vielas emisijas faktoru (pielikuma 4.tabula):

$$E = \frac{B_s \times E_f}{1000}, \text{ kur} \quad (2)$$

E – emisijas daudzums (g/s);

B_s – kurināmā patēriņš sekundē (g/s);

E_f – emisijas faktors (g/kg).

Lai noteiktu emisijas daudzumu ($E_{t/a}$) atbilstoši (1) formulai, kurināmā patēriņu gadā (B_{gada}) reizina ar attiecīgo vielas emisijas faktoru (pielikuma 4.tabula):

$$E_{t/a} = \frac{B_{gada} \times E_f}{10^3}, \text{ kur} \quad (3)$$

$E_{t/a}$ – emisijas daudzums (t/a);

B_{gada} – kurināmā patēriņš gadā (t/a);

E_f – emisijas faktors (g/kg).

Ja kurināmā patēriņš gadā izteikts tilpuma mērvienībās (m^3), kurināmā patēriņu sekundē (B_s) aprēķina šādi:

$$B_s = \frac{B_{gada}}{n \times 3600}, \text{ kur} \quad (4)$$

B_s – kurināmā patēriņš sekundē (m^3/s);

B_{gada} – kurināmā patēriņš gadā (m^3/a);

n – iekārtas darbības ilgums (h/a).

Lai noteiktu emisijas daudzumu (E) atbilstoši (4) formulai, kurināmā patēriņu sekundē (B_s) reizina ar attiecīgo vielas emisijas faktoru (pielikuma 1., 2. un 3.tabula):

$$E = B_s \times E_f, \text{ kur} \quad (5)$$

E – emisijas daudzums (g/s);

B_s – kurināmā patēriņš sekundē (m^3/s);

E_f – emisijas faktors (g/m^3).

Lai noteiktu emisijas daudzumu ($E_{t/a}$) atbilstoši (4) formulai, kurināmā patēriņu gadā (B_{gada}) reizina ar attiecīgo vielas emisijas faktoru (pielikuma 1., 2. un 3.tabula):

$$E_{t/a} = \frac{B_{gada} \times E_f}{10^6}, \text{ kur} \quad (6)$$

$E_{t/a}$ – emisijas daudzums (t/a);

B_{gada} – kurināmā patēriņš gadā (m^3/a);

E_f – emisijas faktors (g/m^3) [2].

Materiāli un metodes

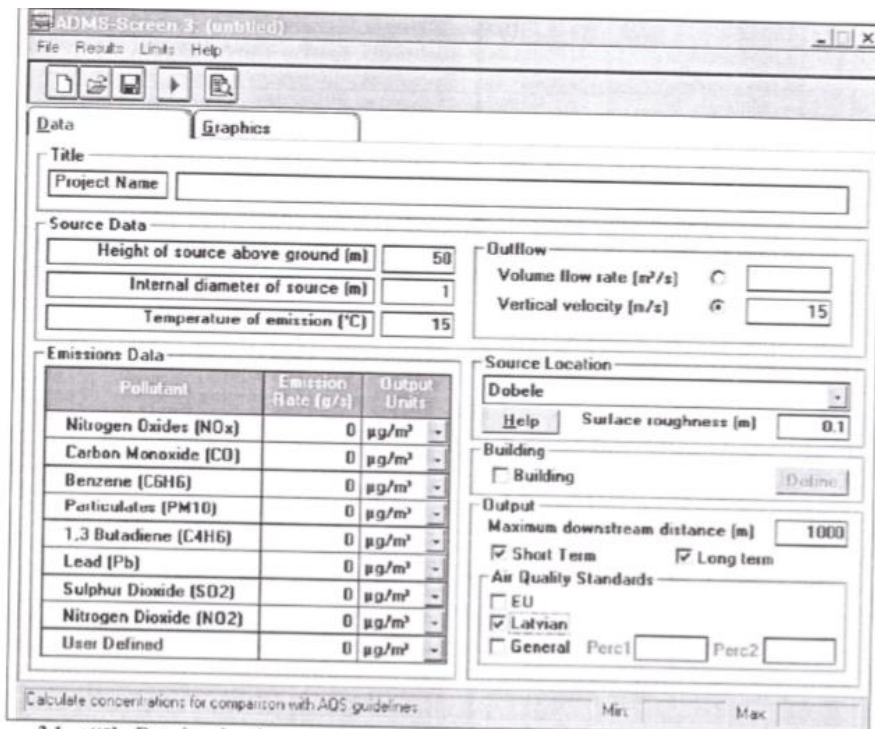
ADMS Screen – skrīninga jeb indikatīvais gaisa piesārņojuma izkliedes modelis, kas ļauj ātri un vienkārši noteikt prioritātes un sniedz informāciju par nepieciešamību veikt detalizētāku situācijas analīzi. Piemērots indikatīvai gaisa kvalitātes modelēšanai mazajām katlu mājām (atbilstoši Ministru kabineta 2004. gada 14. decembra noteikumu Nr. 1015 „Vides prasības mazo katlumāju apsaimniekošanai” prasībām), ja ir viens stacionārs avots, izmantojams arī optimālā skursteņa augstuma aprēķinam [3].

ADMS-Screen izmanto valdības iestādes, privātās organizācijas un universitātes visā pasaulē, lai sniegtu ātru novērtējumu par emisiju avotu ietekmi [4].

Programmai ir šādas iespējas:

- Aprēķināto rezultātu salīdzināšana ar gaisa kvalitātes standartiem un Eiropas Savienībā spēkā esošajām robežvērtībām.
- Izkliedes modelēšana, ņemot vērā vienas būves izvietojumu.
- Rezultātu attēlošana grafiskā veidā.
- Rezultātu sagatavošana Excel tabulas veidā, kas sniedz iespēju zīmēt kontūrshēmas, kā arī saite kontūrshēmu zīmēšanai ar Surfer programmu.
- Rezultātu skaitlisko vērtību attēlošana formā, kas ļauj ātri pamanīt augstu koncentrāciju zonas.

Visus datus ievada caur interfeisa galveno Datu ekrānu (skat. 1. attēlu). Datus par būvju parametriem ievada caur Datu ekrānam pakārtotu ekrānu.



1. attēls. Datu ievades ekrāns [5].

Ailē **Project Name** var ievadīt aprēķina nosaukumu. Tas tiks ierakstīts modeļa aprēķinu reģistrā. **Source Data** ailēs ir jāievada avota (piemēram, dūmeņa) augstums virs zemes (minimums – 0 m, maksimums – 2000 m), un iekšējais diametrs (minimums – 0 m, maksimums – 100 m), kā arī emisijas temperatūra izkļiedes vietā (minimums – 0 °C, maksimums – 2000 °C). Ailēs **Outflow** var norādīt vai nu emisijas tilpuma plūsmu, vai vertikālo ātrumu. Izvēli veic nospiežot attiecīgo radio pogu. Jānorāda vērtības pie temperatūras un faktiskā spiediena. **Emissions Data** ailēs izvēlas piesārņojošās vielas, kurām nepieciešams aprēķināt koncentrācijas. Programma norādīs rezultātus visām tām piesārņojošām vielām, kuru emisijas ātrums nebūs vienāds ar nulli. **Source Location** – meteoroloģisko datu kopa, ko izmanto ilgtermiņa aprēķiniem, uzsiežot lokalizācijai atbilstošo reģionu ar pogu palīdzību. Beigās izvēlas standartus ar kuriem tiks salīdzināti rezultāti. Saglabāt un palaist programmu [5].

Rezultāti un to analīze

Izmantojot formulas tika noteikti nepieciešamie emisijas faktori CO, NO_x, PM₁₀, kopā ar citiem izejas datiem kurus ir nepieciešams ievadīt programmā ADMS Screen, lai konstruēt emisijas izkļiedes rādītājus (1. tabula) cietajam kurināmajam (granulas), kas tika izmantots mazajā katlu mājā.

1. tabula

Izejas dati

Dūmeņa augstums virs zemes (m)	10.00
Dūmeņa diametrs (m)	0.30
Emisijas temperatūra (°C)	125.00
Plūsmas ātrums (m ³ /s)	0.05
Virsmas raupjuma koeficients (m)	0.20
Atrašanās vieta	Zilāni
Gada kurināmā patēriņš (t)	133.00
Iekārtas darbības ilgums (h/a)	5805.00
Q _z ^d (KJ/kg)	18000.00

V_0^d (m ³ /kg)	3.75
O ₂ (%)	6
V ⁰ (m ³ /kg)	4.806
B _s (g/s)	6.36
E _{v/a} (t/a)	0.6384
E (g/s)	30.526
V (m ³ /s)	0.038
E _{NOx} (g/s)	0.2499
E _{PM10} (g/s)	0.00986
E _{CO} (g/s)	0.3053

2. tabula

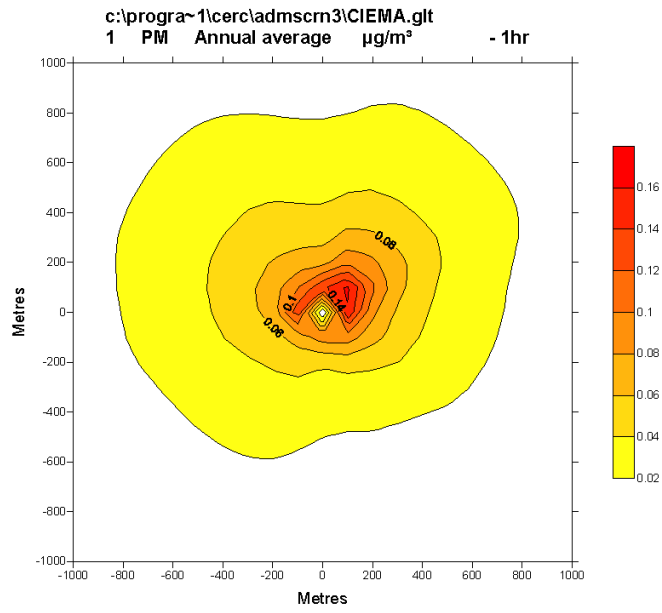
Maksimālās ilgtermiņa koncentrācijas salīdzinājumā ar robežvērtībām

Piesārņotājs	X(m)	Y(m)	Max. Conc.	Limits	Kvalitātes standarti	Tips	Apraksts
PM ₁₀	100.00	100.00	0.16	40.00, μg/m ³	Latvija	Gada vidējais rādītājs	Limits (2005)
PM ₁₀	100.00	100.00	0.44	50.00 μg/m ³	Latvija	24 stundu vidējais rādītājs (35 pārsniegumi, 90.41. Procenti)	Limits (2005)
PM ₁₀	100.00	100.00	0.16	20.00 μg/m ³	Latvija	Gada vidējais rādītājs (indikatīvais ierobežojums)	Limits (2010)
PM ₁₀	-100.00	0.00	1.29	50.00 μg/m ³	Latvija	24 stundu vidējais (orientējošs) (7 pārsniegumi, 98,08 procenti)	Limits (2010)
CO	-100.00	0.00	0.09	10.00 μg/m ³	Latvija	8 stundu vidējais rādītājs	Limits (2005)
NO _x	100.00	100.00	4.15	40.00 μg/m ³	Latvija	Gada vidējais rādītājs (ekosistēmas)	Limits (2010)

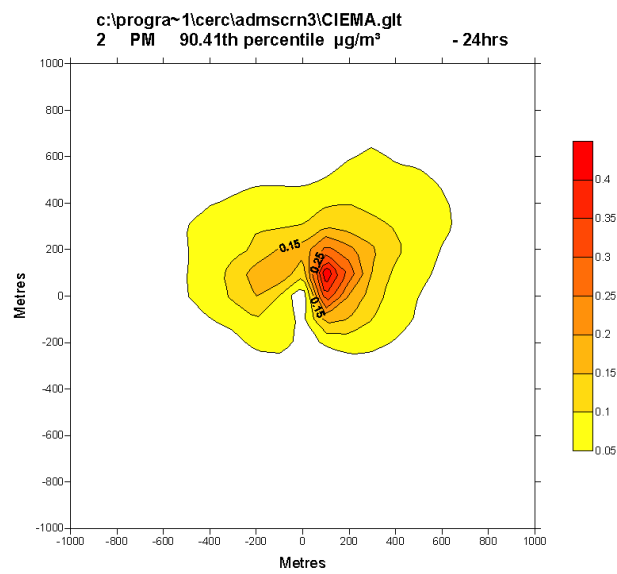
Palaižot programmu tika iegūti maksimālās ilgtermiņa koncentrācijas, kuri tika salīdzināti ar robežvērtībām (2. tabula), kā arī tika modelēti emisijas izkliedes rādītāji (2., 3. 4., 5., 6., 7. attēli) dažādām gaisu piesārņojošām vielām.

Aplūkojot tabulas datus var secināt, ka radītais piesārņojums ir ļoti mazs, tā praktiski nav. Līdz ar to var secināt, ka katlu mājā izmanto videi draudzīgu kurināmo, kas nerada lielu piesārņojumu un atbilst MK noteikumos Nr. 1015 "Vides prasības mazo katlumāju apsaimniekošanai" noteiktajiem robežlielumiem.

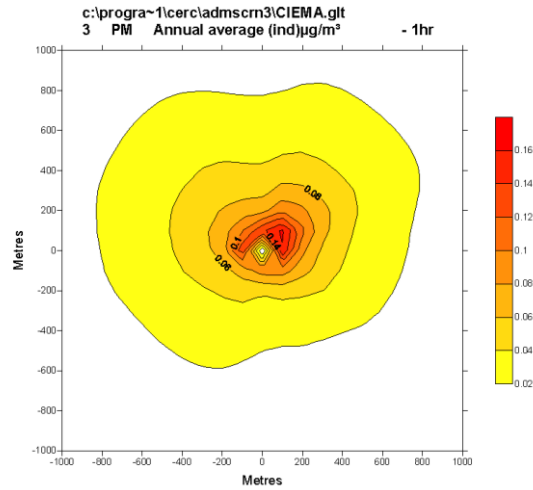
2., 3., 4., 5., 6., 7. attēlos ir redzama punktveida emisijas izkliede. Lielākā emisijas koncentrācija ir novērojama centrā, kur atrodas dūmenis, tāpat ir redzams, ka emisija vienmērīgi izklīdējas, samazinot tās koncentrāciju vidē.



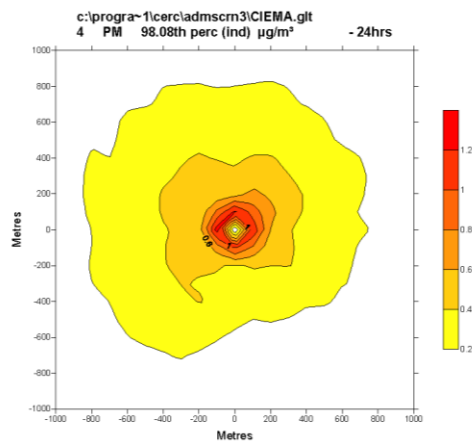
2. attēls. PM₁₀ gada vidējais rādītājs



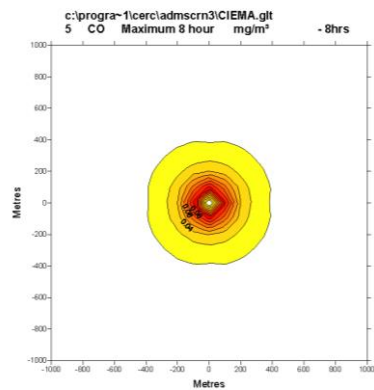
3. attēls. PM₁₀ 24 stundu vidējais rādītājs (35 pārsniegumi, 90.41. Procenti)



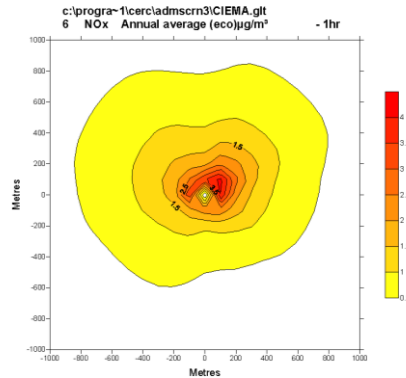
4. attēls. PM₁₀ gada vidējais rādītājs (indikātais ierobežojums)



5. attēls. PM₁₀ 24 stundu vidējais (orientējošs) (7 pārsniegumi, 98,08 procenti)



6. attēls. CO 8 stundu vidējais rādītājs



7. attēls. NO_x gada vidējais rādītājs (ekosistēmas)

8. tabula

Piesārņojošo vielu izkliedes aprēķinu rezultāti

Nr. p.k.	Piesārņojoša viela	Maksimālā piesārņojošas darbības emitētā piesārņojuma koncentrācija µg/m ³	Aprēķina periods/laika intervāls	Procentile vai vidējā vērtība	Attālums no emisijas avota, x(m), y(m)	Robežlielums µg/m ³	Summārā piesārņojuma koncentrācija attiecībā pret gaisa kvalitātes normatīvu %
1.	Daļiņas PM ₁₀	0.44	Gads/24h	90,41	100;100	50	0.88
2.	Daļiņas PM ₁₀	0.16	Gads/h	vidējā	100;100	40	0.4
3.	Slāpekļa dioksīds	0.09	Gads/1h	vidējā	-100;00	40	0.225
4.	Oglekļa oksīds	4.15	Gads/8h	100	100;100	10000	0.0415

Pēc tabulas rezultātiem var secināt, ka gaisa piesārņojošo vielu daudzums ir minimāls un tās nepārsniedz normas robežas, kuras ir noteiktas MK noteikumos Nr. 1015 "Vides prasības mazo katlumāju apsaimniekošanai". Summārā piesārņojuma koncentrācija attiecībā pret gaisa kvalitātes normatīvu arī ir ļoti maza, tā nesasniedz pat 5 %.

Secinājumi

Izvērtējot indikatīvo aprēķinu (modelēšanas) rezultātus, konstatējām, ka katlu mājas emisijas devums summārajā piesārņojuma koncentrācijā ir neliels, piesārņojošo vielu koncentrācijas nevienā gadījumā nepārsniedz gaisa kvalitātes robežlielumu, līdz ar to atbilstoši Ministru kabineta 2004. gada 14. decembra noteikumu Nr. 1015 "Vides prasības mazo katlumāju apsaimniekošanai" 10.punkta prasībām nav nepieciešams ņemt vērā gaisu piesārņojošo vielu fona koncentrāciju attiecīgajā teritorijā. Slāpekļa dioksīda, daļiņu PM₁₀, oglekļa oksīda koncentrācijas nepārsniedz Ministru kabineta 2009. gada 3. novembra noteikumu Nr.1290 „Noteikumi par gaisa kvalitāti” 2.,3.,8.pielikumā noteiktos gaisa kvalitātes robežlielumus.

Literatūras saraksts

1. Gaisa piesārņojuma emisiju daudzuma novērtēšana. <http://www.environment.lv/upload/content/gaisa-piesarnojuma-novertesana-rv.pdf> skatīts: 16.01.2019.
2. Ministru kabineta noteikumi Nr.1015. Vides prasības mazo katlumāju apsaimniekošanai. <https://likumi.lv/doc.php?id=98099> skatīts: 16.01.2019.

3. Labo instrumentu plaukts. <http://www.environment.lv/lv/produkti/adms> skatīts: 16.01.2019.
4. ADMS-Screen. <http://cerc.co.uk/environmental-software/ADMS-Screen-model.html> skatīts: 16.01.2019.
5. ADMS Screen 3. User guide.

Pielikums

Emisijas faktori dabasgāzes sadedzināšanai noteikti 1.tabulā.

1.tabula

Dabasgāzes sadedzināšana [2]

Nr. p.k.	Sadedzināšanas iekārtas veids	NO _x emisijas faktors* (g/m ³)	CO emisijas faktors (g/m ³)
1.	Katli:		
1.1.	bez emisijas samazināšanas iekārtām	1,60	1,34
1.2.	NO _x degļi ar samazinātu NO _x emisiju	0,80	1,34
1.3.	ar dūmgāzu recirkulācijas iekārtu	0,51	1,34
1.4.	ar tangensiālo degļu izvietošanu:		
1.4.1.	bez emisijas samazināšanas iekārtām	2,72	0,38
1.4.2.	ar dūmgāzu recirkulācijas iekārtu	1,22	1,57

Piezīme.

* Izteikts kā NO₂.

Emisijas faktori sašķidrīnātās naftasgāzes sadedzināšanai noteikti 2.tabulā.

2.tabula

Sašķidrīnātās naftasgāzes sadedzināšana [2]

Nr. p.k.	Piesārņojošā viela	Butāna sadedzināšana		Propāna sadedzināšana	
		iekārtas ar ievadīto siltuma jaudu virs 2,93 MW	iekārtas ar ievadīto siltuma jaudu līdz 2,93 MW	iekārtas ar ievadīto siltuma jaudu virs 2,93 MW	iekārtas ar ievadīto siltuma jaudu līdz 2,93 MW
		emisijas faktors (g/m ³)			
1.	NO _x *	2,52 x 10 ³	1,8 x 10 ³	2,28 x 10 ³	1,68 x 10 ³
2.	CO	0,432 x 10 ³	0,252 x 10 ³	0,384 x 10 ³	0,228 x 10 ³

Piezīme.

* Izteikts kā NO₂.

Emisijas faktori šķidrā kurināmā sadedzināšanai noteikti 3.tabulā.

3.tabula

Šķidrā kurināmā sadedzināšana [2]

Nr. p.k.	Iekārtas vai kurināmā raksturojums	SO ₂ * emisijas faktors (g/m ³)	NO _x ** emisijas faktors (g/m ³)	CO emisijas faktors (g/m ³)	Cieto daļiņu (PM ₁₀) emisijas faktors (g/m ³)
1.	Naftas pārtvaices produktu (destilātu) un naftas pārtvaices produktu atlikumu maisījumi	18,8 x S x 10 ³	6,6 x 10 ³	0,6 x 10 ³	1,2 x 10 ³
2.	Naftas pārtvaices produktu (destilātu) atlikumi (piemēram, petroleja)	18 x S x 10 ³	2,4 x 10 ³	0,6 x 10 ³	0,84 x 10 ³
3.	Naftas pārtvaices produkti (destilāti) (piemēram, dīzeļdegviela)	17 x S x 10 ³	2,4 x 10 ³	0,6 x 10 ³	0,24 x 10 ³
4.	Dzīvojamo māju apkures iekārtas	17 x S x 10 ³	2,2 x 10 ³	0,6 x 10 ³	0,05 x 10 ^{3***}

Piezīmes.

* S norāda sēra saturu kurināmajā (masas procentos).

** Izteikts kā NO₂.

*** Degļiem, kuri ražoti pirms 1970.gada, emisijas faktors ir 0,36 x 10³ g/m³.

Emisijas faktori koksnes un kūdras sadedzināšanai noteikti 4. tabulā.

4.tabula

Koksnes un kūdras sadedzināšana [2]

Nr. p.k.	Kurināmā veids	Attīrīšanas iekārta	Cieto daļiņu (PM ₁₀) emisijas faktors (g/kg)	NO _x emisijas faktors (g/kg)	CO emisijas faktors (g/kg)
1.	Mizas, mizas un mitra koksne	–	2,15	0,99	2,70
2.	Sausa koksne	–	1,55	3,93	4,80
3.	Mitra koksne	–	1,25	nav datu	nav datu
4.	Mizas	multiciklons	2,11	nav datu	nav datu
5.	Mizas un mitra koksne	multiciklons	1,38	nav datu	nav datu
6.	Sausa koksne	multiciklons	1,16	nav datu	nav datu
7.	Mitra koksne	multiciklons	0,86	nav datu	nav datu
8.	Jebkura veida koksnes kurināmais	slapjais skrubers	0,28	nav datu	nav datu
9.	Jebkura veida koksnes kurināmais	auduma filtrs	0,32	nav datu	nav datu
10.	Jebkura veida koksnes kurināmais	elektrostatiskie filtri	0,17	nav datu	nav datu
11.	Kūdra	–	1,9	2,48	3,27