

Moduł „Maszyny Robocze” do pakietu Operat FB


Moduł służy do obliczenia emisji powstającej podczas pracy silników spalinowych maszyn roboczych, wykorzystując do tego wskaźniki emisji z norm europejskich, a przypadku ich braku – wskaźniki z literatury.

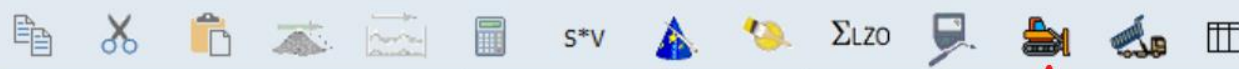
Dodatkowo obliczana jest emisja dwutlenku siarki z zawartości siarki w paliwie.

Akty prawne i literatura:

1. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1628 z dnia 14 września 2016 r. w sprawie wymogów dotyczących wartości granicznych emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych oraz homologacji typu w odniesieniu do silników spalinowych wewnętrznego spalania przeznaczonych do maszyn mobilnych nieporuszających się po drogach, zmieniające rozporządzenia (UE) nr 1024/2012 i (UE) nr 167/2013 oraz zmieniające i uchylające dyrektywę 97/68/WE.
2. Exhaust Emission Factors for Nonroad Engine Modeling. Spark-Ignition. USA EPA-420-R-10-019 July 2010.
3. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. 1.A.2.g vii; 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b ii; 1.A.4.c ii; 1.A.4.c iii; 1.A.5.b. Non-road mobile sources and machinery. 2023.

Emisję z maszyn można wpisywać dla emitatorów punktowych, liniowych i powierzchniowych.

Do modułu można wejść z okna edycji danych emitora, na stronie „Emisja” – przycisk  .

Dane emitora: E3.4-2 Praca specjal. sprzętu technol. - obsługa segmentu odpadów budowlanych i gabarytowych - ładowanie				
Dane podstawowe Zanieczyszczenia Emisja Frakcje Czas emisji Uwagi, dane do projektu pozwolenia				
				
Zanieczyszczenie	Emisja maksymalna	Emisja roczna Mg	Udział emisji (ułamek)	
Numer okresu oblicz.	1		1	
pył ogółem	0,000811	0,000811	1	
dwutlenek siarki	0,0001298	0,0001298	1	
tlenki azotu (jako NO2)	0,0649	0,0649	1	
tlenek węgla	0,1136	0,1136	1	

Jeśli wcześniej wybrano listę substancji inną niż tworzona przez moduł „Maszyny Robocze” to program będzie wymagał potwierdzenia zmiany listy substancji.

Lista substancji tworzona przez moduł to: pył, tlenek węgla, tlenki azotu (lub/i dwutlenek azotu), dwutlenek siarki, węglowodory alifatyczne i aromatyczne oraz benzen.

Główne okno modułu

Emisja z maszyn roboczych emitör:

Dodaj Usuń Edytuj Zatwierdź Anuluj Zestawienie Opcje Pomoc Zamknij Przenieś em.

Nazwa maszyny: piła tańczuchowa Liczba: 3 Moc nominalna: 150 kW Objętość skokowa, cm³: 52

Zapłon iskrowy, maszyny „trzymane w ręku” Stage I

Wpisujący:
☒ Czas pracy
☐ Zużycie paliwa, dm³
☐ Zużycie paliwa, kg

Wskaźnik zużycia paliwa g/kWh: 529

☐ Podział emisji na okresy obliczeniowe proporcjonalnie do czasu emisji

Okres obliczeniowy	1	2	3
Czas pracy, godzin	120	155	90
Obciążenie, %	75	0	100

Paliwo:
☒ benzyna ☐ LPG ☐ CNG

☒ silnik dwusuwowy

Źródło wskaźników:
☒ normy unijne ☐ EMEP/EEA

Wskaźniki

Substancja	Norma g/kWh
CO	603
HC	161
NOx	5,36
NOx+HC	-
PM	10,472 ...

W oknie wprowadza się listę maszyn roboczych, z których emisja zostanie przypisana do bieżącego emitora, przy czym może to być emitör punktowy, liniowy lub powierzchniowy.

Po lewej stronie znajduje się lista wprowadzonych maszyn.

Po prawej stronie dane bieżącej maszyny roboczej, które należy uzupełnić.

Po zakończeniu wprowadzania danych emisję można przenieść do danych emitora po kliknięciu przycisku „ Przenieś em.”.












Wielkość emisji jest określana na podstawie:

1. norm emisji z rozporządzenia UE 2016/1628 z dnia 14 września 2016 r. (i starszych aktów prawnych)
2. opracowania EMEP/EEA "Air pollutant emission inventory guidebook 2023. Non-road mobile sources and machinery"

Dla silników o zapłonie iskrowym, rozporządzenie nie określa norm pyłu (PM) - w takim przypadku można skorzystać ze wskaźników EPA.

Polskie prawo nie określa wartości odniesienia stężeń w powietrzu dla sumy węglowodorów (HC) tylko osobno dla węglowodorów alifatycznych i aromatycznych. W związku z tym w opcjach programu znajdują się udziały tych węglowodorów w sumie, na podstawie opracowania "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. Non-road mobile sources and machinery". Dodatkowo obliczono udział benzenu.


Znaczenie poszczególnych przycisków w panelu narzędziowych

	Dodaje nową maszynę do listy.
	Usuwa maszynę roboczą z listy maszyn.
	Otwiera dane maszyny do edycji. Przycisk  obok umożliwia zmianę rodzaju maszyny i normy.
	Zatwierdza wprowadzone dane i zapisuje je do bazy danych.
	Anuluje wprowadzone dane.
	Wyświetla zestawienie emisji.
	Otwiera okno opcji wprowadzania maszyn roboczych.
	Otwiera okno pomocy.
	Zamyka okno bez przenoszenia do okna danych emitora.
	Przenosi sumę emisji do okna danych emitora i zamyka okno.

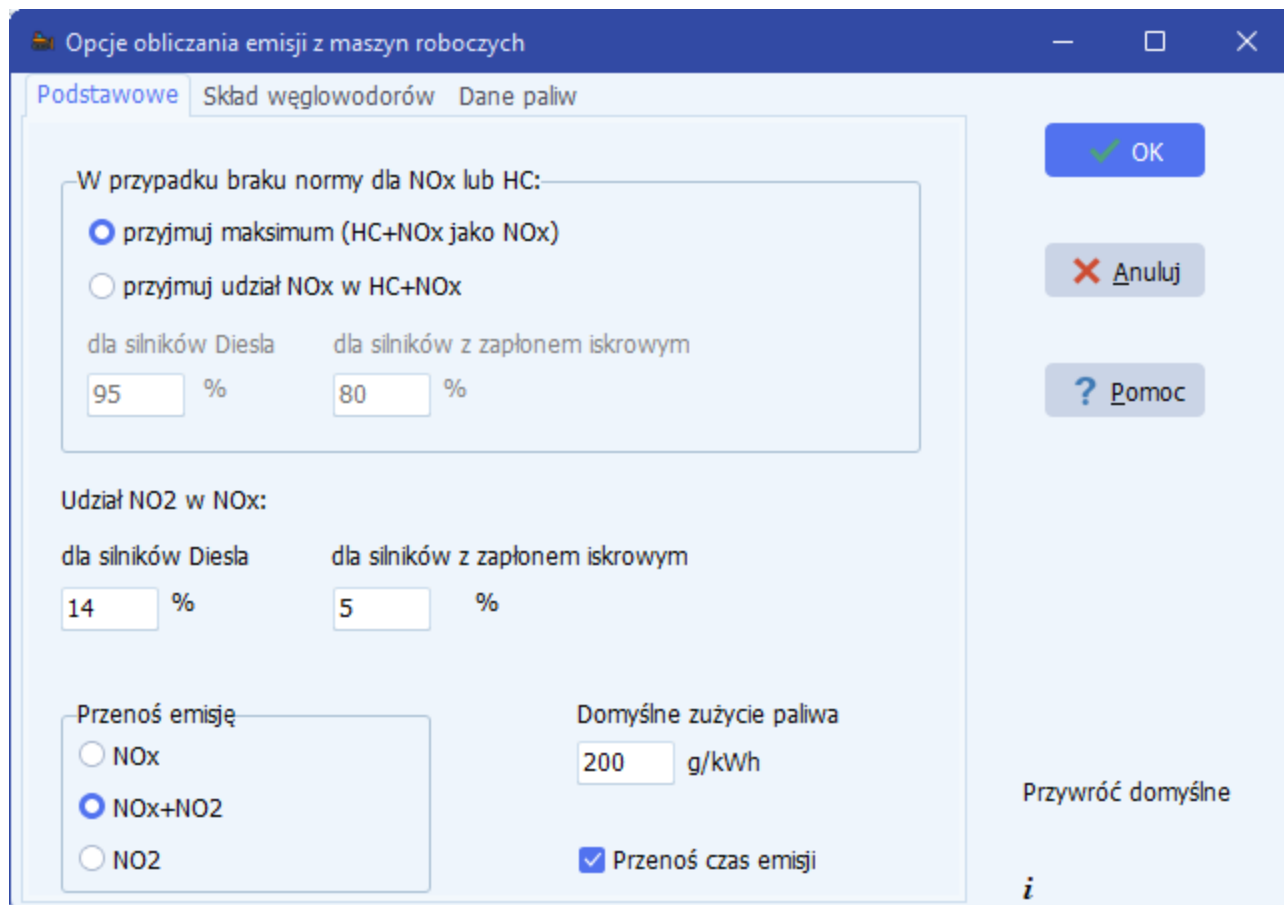
Znaczenie pól edycyjnych

Nazwa maszyny	Można wpisać nazwę maszyny roboczej. Pod polem nazwy wyświetlana jest grupa norm.
Liczba	Ilość takich samych maszyn pracujących identycznie w ciągu wpisanych okresów – emisja obliczona dla jednej maszyny będzie pomnożona przez tę liczbę.
Moc nominalna kW lub KM	Jest to nominalna moc maszyny roboczej, można wpisać w kW lub KM. Moc będzie wykorzystania do wyszukania wartości dopuszczalnych w standardach europejskich. Ponadto w przypadku wpisywania czasu pracy emisja zostanie wyliczona dla iloczynu mocy i czasu pracy.
Objętość skokowa	Należy wpisać objętość skokową dla maszyn z zapłonem iskrowym, żeby umożliwić odczytanie odpowiednich wskaźników emisji.
Paliwo	Należy wybrać rodzaj paliwa dla silników z zapłonem iskrowym, żeby umożliwić odczytanie odpowiednich wskaźników emisji.
Silnik dwusuwowy	Jeżeli silnik jest dwusuwowy, to należy zaznaczyć tę opcję. Opcja ma wpływ na skład emitowanych węglowodorów.

Źródło wskaźników	<p>Należy wybrać, z którego źródła wskaźników będziemy korzystać:</p> <ul style="list-style-type: none"> z norm emisji z rozporządzenia UE 2016/1628 z dnia 14 września 2016 r. (i starszych aktów prawnych) opracowania EMEP/EEA "Air pollutant emission inventory guidebook. Non-road mobile sources and machinery"
Wpisywany	<ul style="list-style-type: none"> Czas pracy - w takim przypadku można wprowadzić czas pracy w ciągu roku lub dla poszczególnych okresów obliczeniowych. Emisja będzie obliczona jako iloczyn wskaźnika emisji w g/kWh oraz mocy i czasu pracy. Zużycie paliwa w dm³ - program najpierw obliczy z tego zużycia ilość paliwa w kg, a następnie przeliczy zużycie na wyprodukowaną energię w celu obliczenia emisji jako iloczynu zużytej energii oraz wskaźnika w g/kWh. Zużycie paliwa w kg - program na podstawie tego zużycia obliczy ilość energii w kWh, a następnie emisję tak jak wyżej.
Wskaźnik zużycia paliwa g/kWh	Wskaźnik ten posłuży do obliczenia masowego zużycia paliwa potrzebnego do obliczenia emisji dwutlenku siarki, a w przypadku gdy wprowadzane jest zużycie paliwa w dm ³ lub w kg do obliczenia ilości wyprodukowanej energii.
<	<p>Obok pola znajduje się przycisk "<" wstawiający typowe zużycie paliwa w g/kWh z opracowania EMEP/EEA.</p> <p>Jeśli producent maszyny podaje ten wskaźnik najlepszym rozwiązaniem jest przyjęcie rzeczywistego zużycia g/kWh.</p>
Czas pracy lub zużycie paliwa	Należy wpisać roczny czas pracy lub roczne zużycie paliwa.
Obciążenie, %	<p>Pole jest widoczne w przypadku gdy wprowadzany jest czas pracy.</p> <p>Należy wpisać obciążenie maszyny w procentach jej mocy.</p>
Podział emisji na okresy...	<p>W przypadku gdy opcja jest włączona program podzieli emisję łączną w poszczególnych okresach obliczeniowych proporcjonalnie do wcześniej wpisanego czasu emisji w okresach.</p> <p>A jeśli czas nie był wpisany to proporcjonalnie do czasu trwania okresu.</p> <p>Natomiast jeżeli opcja zostanie wyłączona, to będzie można wpisać czas pracy i obciążenie lub zużycie paliwa w poszczególnych okresach.</p>
Wskaźniki	<p>W tabeli znajdują się wskaźniki odczytane dla wybranej mocy nominalnej europejskich standardów emisji określonych etapów (Stage) lub opracowania EMEP/EEA.</p> <p>W przypadku silników z zapłonem iskrowym nie ma określonej normy dla pyłu. Dlatego pole wskaźnika dla pyłu będzie dostępne do edycji, a wskaźnik ten można wpisać ręcznie lub wybrać z listy wskaźników pyłów dla różnych typów maszyn.</p>

U dołu okna znajdują się przyciski "i" wyświetlający informację o emisji z bieżącej maszyny oraz  zapisujący wzory do obliczenia emisji do Excela.

Okno opcji



Po prawej stronie okna znajduje się przycisk „Przywróć domyślne” powodujący wypełnienie okna opcjami domyślnymi.

Znaczenie opcji:

Strona "Dane podstawowe"

Opcja "W przypadku braku normy dla NOx lub HC":

Standardy europejskie podają czasami tylko normy wyrażone jako sumę węglowodorów i tlenków azotu czyli HC+NOx. W takim przypadku emisję tlenków azotu można wyznaczyć przyjmując albo założenie, że maksymalna emisja jest taka sama jak suma HC+NOx albo przyjmując udział tlenków azotu i odpowiednio węglowodorów w sumie HC+NOx na podstawie np. danych z literatury:

1. Wyliczony z opracowania EMEP/EEA - udział dla NOx w sumie wynosi średnio dla silników Diesla 96,4 %, benzynowych 4 suwowych 40 %, 2 suwowych 3 %. Są to wskaźniki oparte na pomiarach.

2. Dane amerykańskie, wg. <https://www.tceq.texas.gov/downloads/air-quality/terp/emission-standards-non-road.pdf>.
W przypadku norm wymienionych w NOx + NMHC, procent NOx w NOx + NMHC wynosi 95 dla silników Diesla.
3. Wg. badań TNO Holandia wykonanych podczas pracy maszyn udział NOx wynosi 88,8%.

Jeśli emisja tlenków azotów będzie liczona jako część sumy HC+NOx, to emisja węglowodorów będzie liczona jako pozostała część.

Jeżeli użytkownik chce osobno obliczać emisję dwutlenku azotu, w to powinien wpisać udział zawartości dwutlenku azotu w tlenkach azotu np. wg opracowania EMEP/EEA.
Jest to 14 % dla silników Diesla, maksymalnie 5 % dla pozostałych.

Opcja "Przeńs emisję" dotyczy przypadku, gdy użytkownik chce obliczać osobno emisję dwutlenku azotu. Jest to związane z brakiem normy jednogodzinowej dla tlenków azotu.

Domyślne zużycie paliwa w stosunku do wytwarzanej energii będzie wykorzystywane przy inicjowaniu danych.

Opcja "Przeńs czas emisji", w przypadku gdy dla maszyn wpisano czas emisji w okresach, spowoduje zapisanie do danych emitora wpisanego czasu emisji w okresach.
Gdy jest więcej niż jeden typ maszyn z wpisanym czasem - będzie przeniesiona średnia arytmetyczna czasów pracy wszystkich typów maszyn.

Strona „Skład węglowodorów”

Na stronie tej można wpisać zawartość węglowodorów w poszczególnych paliwach.
Wskaźniki emisji dotyczą sumy węglowodorów, natomiast w Polsce normowane są stężenia węglowodorów alifatycznych, aromatycznych i benzenu.
W związku z tym potrzebne są udziały tych węglowodorów w sumie.

Strona „Dane paliw”

Na stronie tej wpisuje się gęstości poszczególnych paliw oraz zawartość siarki.
Przycisk „Przywróć domyślne” wstawia maksymalne zawartości wg. polskich norm.

Algorytm obliczania emisji w module „Maszyny Robocze”

Moduł służy do obliczenia emisji powstającej podczas pracy silników spalinowych maszyn roboczych, wykorzystując do tego wskaźniki emisji z norm europejskich, a przypadku braku – wskaźniki z literatury.

Akty prawne i literatura:

1. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1628 z dnia 14 września 2016 r. w sprawie wymogów dotyczących wartości granicznych emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych oraz homologacji typu w odniesieniu do silników spalinowych wewnętrznego spalania przeznaczonych do maszyn mobilnych nieporuszających się po drogach, zmieniające rozporządzenia (UE) nr 1024/2012 i (UE) nr 167/2013 oraz zmieniające i uchylające dyrektywę 97/68/WE.
2. Exhaust Emission Factors for Nonroad Engine Modeling. Spark-Ignition. USA EPA-420-R-10-019 July 2010.
3. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. 1.A.2.g vii; 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b ii; 1.A.4.c ii; 1.A.4.c iii; 1.A.5.b. Non-road mobile sources and machinery.

Przykład obliczeń:

Dane:

Ładowarka o mocy 95 kW, diesel, spełniająca normy Stage V. Roczne zużycie oleju 1024 dm³.

Wskaźnik zużycia paliwa w stosunku do mocy 200 g/kWh. Gęstość paliwa 0,84 kg/dm³.

Zawartość siarki w paliwie 10 mg/kg

Normy UE:

CO 5 g/kWh, HC 0,19 g/kWh, NO_x 0,4 g/kWh, PM 1 g/kWh

Poniżej normy w rozporządzeniu:

Wartości graniczne emisji spalin, o których mowa w art. 18 ust. 2

Tabela II-1: Wartości graniczne emisji dla etapu V w odniesieniu do silników kategorii NRE, zdefiniowanej w art. 4 ust. 1 pkt 1

Etap emisji	Podkategoria silnika	Zakres mocy	Typ zapłonu	CO	HC	NO _x	Masa cząstek stałych	Liczba cząstek stałych	A
		kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	liczba/kWh	
Etap V	NRE-v-1 NRE-c-1	0 < P < 8	ZS	8,00	(HC + NO _x ≤ 7,50)		0,40 ⁽¹⁾	—	1,10
Etap V	NRE-v-2 NRE-c-2	8 ≤ P < 19	ZS	6,60	(HC + NO _x ≤ 7,50)		0,40	—	1,10
Etap V	NRE-v-3 NRE-c-3	19 ≤ P < 37	ZS	5,00	(HC + NO _x ≤ 4,70)		0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Etap V	NRE-v-4 NRE-c-4	37 ≤ P < 56	ZS	5,00	(HC + NO _x ≤ 4,70)		0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Etap V	NRE-v-5 NRE-c-5	56 ≤ P < 130	wszystkie	5,00	0,19	0,40	0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Etap V	NRE-v-6 NRE-c-6	130 ≤ P ≤ 560	wszystkie	3,50	0,19	0,40	0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Etap V	NRE-v-7 NRE-c-7	P > 560	wszystkie	3,50	0,19	3,50	0,045	—	6,00

Wyniki:

Roczne zużycie paliwa = 1024 dm³ * 0,84 kg/dm³ = 860,16 kg.

Wytworzona energia w ciągu roku = 860,16 kg / 200 g/kWh * 1000 = 4300,8 kWh.

Roczna emisja CO = 5 g/kWh * 4300,8 kWh / 1000000 = 0,02 Mg.

Roczna emisja HC = 0,19 g/kWh * 4300,8 kWh / 1000000 = 0,000817 Mg.

Roczna emisja NO_x = 0,4 g/kWh * 4300,8 kWh / 1000000 = 0,00172 Mg.

Roczna emisja PM = 1 g/kWh * 4300,8 kWh / 1000000 = 0,0043 Mg.

Emisja dwutlenku siarki została obliczona z ilości zużytego paliwa i zawartości siarki

Emisja SO₂ = 860,16 kg * 10 mg/kg * 2 / 1000 kg/Mg / 1000000 mg/kg = 0,0000172 Mg

Wskaźniki emisji HC dotyczą sumy węglowodorów, natomiast w Polsce normowane są stężenia węglowodorów alifatycznych, aromatycznych i benzenu.

W związku z tym potrzebne są udziały tych węglowodorów w sumie.

Udziały można znaleźć w opracowaniu EMEP/EEA .Poniżej fragment tabeli 3-19:

Table 3-19 Composition of VOC emission of motor vehicles (data as provided by Veldt et al.)

A) Non-methane VOCs (composition in weight % of exhaust)

Species or group of species	Exhaust four stroke (conventional)	Gasoline engine 3-way catalyst equipped	Evaporation	Diesel	LPG
Ethane	1.4	1.8		1	3
Propane	0.1	1	1	1	44
n-Butane	3.1	5.5	20	2	
i-Butane	1.2	1.5	10		
n-Pentane	2.1	3.2	15	2	
i-Pentane	4.3	7	25		
Hexane	7.1	6	15		
Heptane	4.6	5	2		
Octane	7.9	7			
Nonane	2.3	2			
Alkanes C> 10	0.9	3		30 ⁽¹⁾	

Po zsumowaniu związków otrzymano dla silników Diesla udziały VOC:

Węglowodory alifatyczne 66 %

Węglowodory aromatyczne 16,2 %

Benzen 2,3 %

Stąd emisja roczna:

Węglowodory alifatyczne $0,000817 \text{ Mg} \cdot 0,66 = 0,000539 \text{ Mg}$

Węglowodory aromatyczne $0,00817 \text{ Mg} \cdot 0,162 = 0,000132 \text{ Mg}$

Benzen $0,00817 \text{ Mg} \cdot 0,023 = 0,000019 \text{ Mg}$

W przypadku gdy użytkownik chce operować emisją dwutlenku azotu zamiast sumy tlenków, program może obliczyć emisję stosując udziały np. z opracowania „EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 – Update Jul. 2018”

Dla silników Diesla przyjęto udział 14 %.

Stąd emisja NO₂ = $0,00172 \text{ Mg} \cdot 0,14 = 0,0002408 \text{ Mg}$

Zestawienie emisji z programu:

Zanieczyszczenie	Emisja, Mg
Pył zawieszony ogółem	0,0043
Dwutlenek siarki (SO ₂)	0,0000172
Tlenki azotu (NO _x)	0,00172
Dwutlenek azotu (NO ₂)	0,0002408
Tlenek węgla (CO)	0,0215
Węglowodory alifatyczne	0,000539
Węglowodory aromatyczne	0,0001324
Benzen	0,00001879