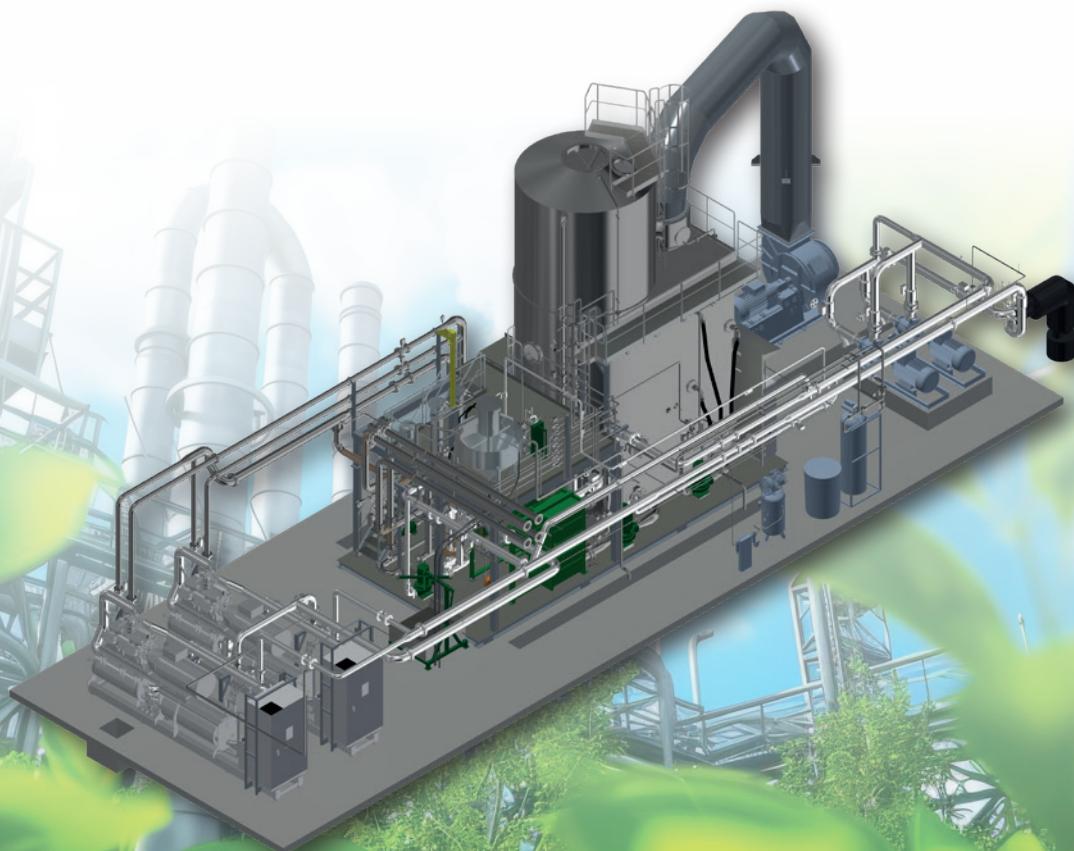




CALIGO SYSTÈME ÉPURATEUR DE GAZ DE COMBUSTION





UNE RÉVOLUTION DANS LA RÉCUPÉRATION DE CHALEUR

Épurateur de gaz de combustion Caligo

Malgré des technologies modernes et efficaces, les centrales bioénergétiques continuent de rejeter une quantité considérable de chaleur dans l'atmosphère. Les méthodes de récupération de chaleur utilisées par les épurateurs traditionnels dépendent entièrement du niveau de refroidissement du retour réseau de chauffage urbain. Si la température retour réseau est relativement élevée, les capacités de condensation des épurateurs diminuent considérablement en raison de l'amplitude des températures trop faible ou inexiste entre le point de rosée et la température de refroidissement. Afin d'obtenir une récupération de chaleur satisfaisante dans un épurateur humide, l'amplitude de températures de refroidissement doit être suffisamment large. Nos solutions innovantes combinent une pompe à chaleur et un épurateur humide d'une manière totalement inédite.

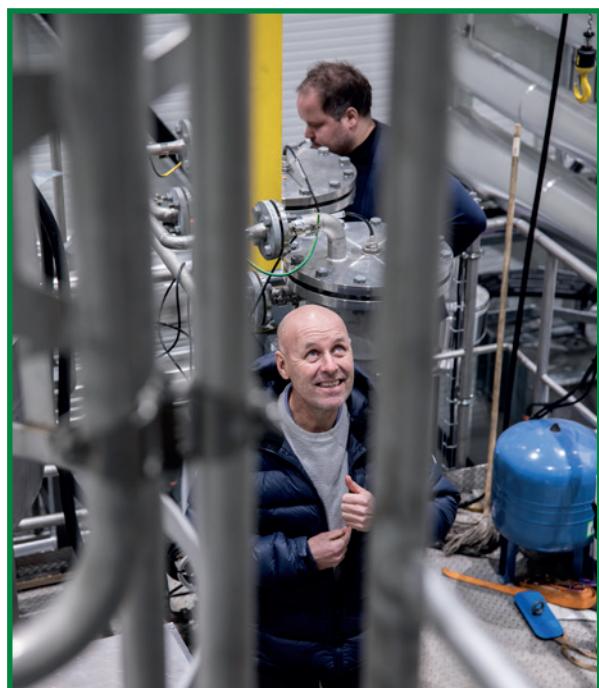
Caligo CSx représente une nouvelle génération d'épurateurs de gaz de combustion avec récupération de chaleur.

Ses capacités de récupération de chaleur extrêmement élevées reposent sur la combinaison thermodynamique entre la pompe à chaleur et deux zones de condensation dans l'épurateur.

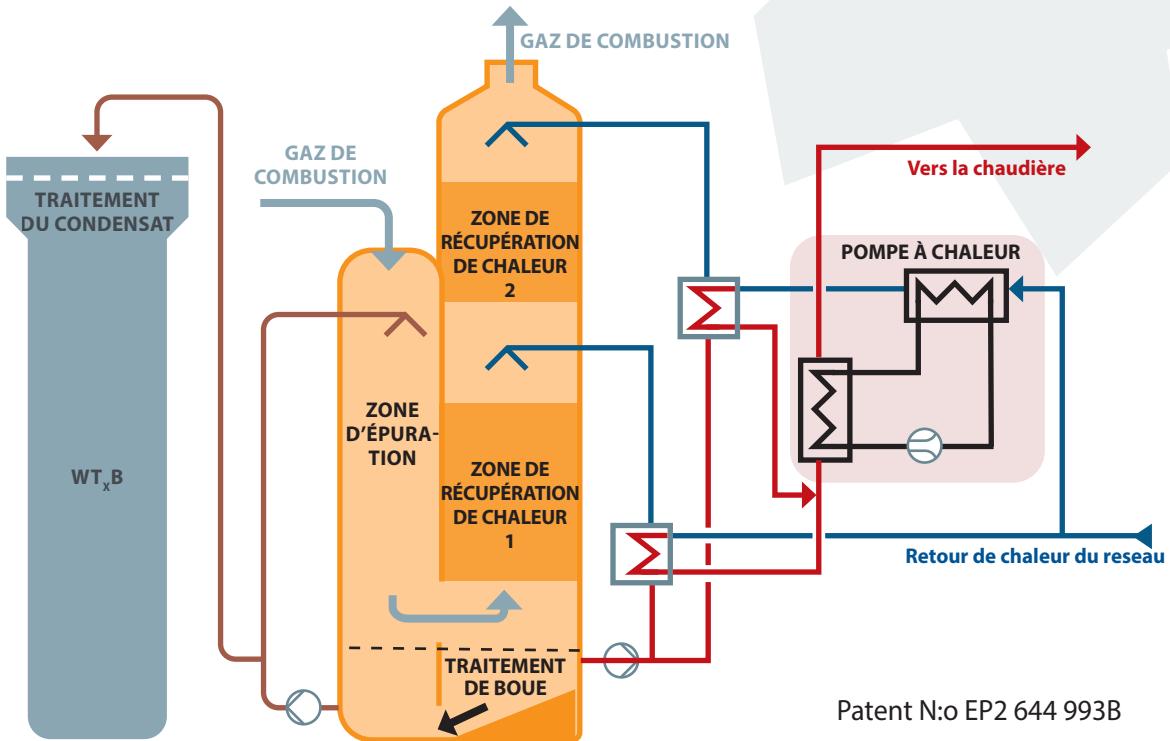
Ensemble, ils garantissent des conditions de condensation et de transfert de chaleur optimales dans le processus.

La température retour du réseau de chaleur en amont n'a que peu d'impact sur la capacité de récupération de chaleur de Caligo CSx. Avec la pompe à chaleur, nous ajustons dynamiquement la température du circuit de condensation afin que le processus thermodynamique reste bien en dessous du point de rosée. L'amplitude des températures de condensation reste toujours assez large et une condensation efficace s'opère en continu.

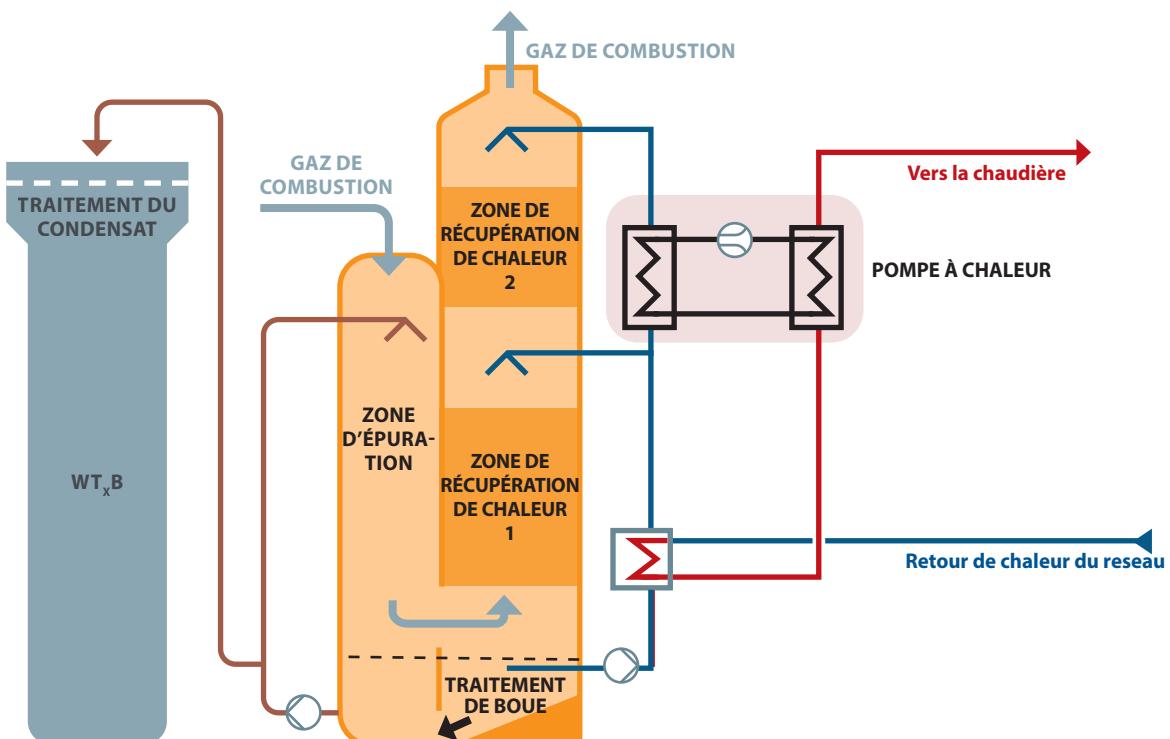
Lorsque la température retour du réseau urbain atteint 60°C (cas d'une combustion de plaquettes de bois d'humidité relative de 50 %), et quand la capacité de récupération de chaleur d'un épurateur classique est d'environ 6%, la capacité du Caligo CSx dépasse quant à lui les 20%.



Caligo Option PHP – température retour de réseau de chaleur jusqu'à 65 ° C



Caligo Option SHP – température retour de réseau de chaleur jusqu'à 80 ° C



Les pompes à chaleur améliorent les performances

Caligo CSx est équipé de pompes à chaleur spécialement conçues pour être utilisées de manière optimale dans les fonctions de condensation Caligo. Les principaux composants de la pompe à chaleur, tels que les modules évaporateur, condenseur et compresseur, sont conçus selon les spécifications de chaque livraison d'épurateur Caligo et des besoins spécifiques du client. La fonctionnalité de pompe à chaleur utilisée par Caligo est considérée comme partie intégrante de son processus thermodynamique breveté.

Le réglage et le contrôle de la pompe à chaleur sont intégrés au système d'automatisation de l'épurateur. L'ammoniac a été choisi en particulier comme fluide thermique en raison de ses excellentes propriétés opérationnelles et de son efficacité thermodynamique. Sur demande, il est possible d'intégrer une pompe à chaleur un autre fluide thermique. En règle générale, la valeur COPh de la pompe à chaleur reste comprise entre 7 et 9 lorsque le mode de connexion PHP est appliqué. Pour le mode de connexion SHP, la valeur COPh est généralement comprise entre 5 et 6.

Le processus de transfert thermique à l'intérieur de la pompe à chaleur est très économique en énergie. Le refroidissement du réseau de chauffage urbain ne perd pas d'énergie. Par contre, la pompe à chaleur transfère une chaleur résiduelle du retour réseau traversant l'épurateur sur le fluide départ du réseau urbain. De plus, la chaleur fatale de friction du moteur électrique est canalisée vers le processus thermodynamique de la pompe à chaleur, où elle est récupérée et transférée en chaleur utile vers le réseau de chauffage urbain.

Deux options de connexion efficace pour une pompe à chaleur

En raison d'une large diversité de condition d'application, Caligo a développé deux options performantes pour connecter la pompe à chaleur à l'épurateur. Les deux modes utilisent deux zones de condensation à l'intérieur de la tour de condensation de l'épurateur. La zone inférieure est prévue pour une condensation de base et la zone supérieure conçue pour une condensation renforcée avec l'effet de refroidissement de la pompe à chaleur.

Un mode de connexion désigné par « pompe à chaleur parallèle » (PHP) est disponible pour des températures de retour de réseau jusqu'à 65°C. Les zones de condensation inférieure et supérieure et les échangeurs de chaleur respectifs sont connectés en parallèle. Ce mode permet la meilleure récupération de chaleur avec la plus faible consommation d'électricité jamais constatée sur le marché. De plus, ce mode de connexion permet d'utiliser la capacité optimale de pompes à chaleur standard, ce qui garantit un bon retour sur investissement pour l'ensemble de l'installation de l'épurateur.

Un autre mode de connexion désigné par « pompe à chaleur en série » (SHP) est disponible pour les températures de retour de réseau au-delà des 65°C et jusqu'à 80°C. Les zones de condensation supérieure et inférieure et les échangeurs de chaleur respectifs sont connectés en série. Lorsque la température retour du réseau est bien en dessous du point de rosée des gaz de combustion, l'échangeur de chaleur inférieur contribue le plus à la récupération de chaleur. Cependant, lorsque la température retour du réseau atteint des valeurs li-

mites telles que 65 à 80°C, la zone de condensation supérieure associée à sa pompe à chaleur est le seul moyen de récupérer la chaleur fatale perdue par les gaz de combustion. Les pompes à chaleur utilisées dans cette application sont spécialement conçues pour des plages de température plus élevées.

Contrôle efficace des rejets atmosphériques

Le Caligo CSx a été développé à des fins de traitement des gaz de combustion, telles que la filtration des particules solides et l'élimination des émissions gazeuses. Les caractéristiques nominales du système assurent un niveau de filtration élevé pour les particules solides de plus de 2 µm de diamètre, sous réserve qu'un avant-filtre approprié soit utilisé dans le processus de l'usine. L'efficacité d'élimination nominale des particules est de 80 à 90 %, mais elle peut dans certains cas dépasser les 90 %. Le niveau d'élimination demandé est analysé au cas par cas.

Le système Caligo CSx peut être proposé en option avec des capacités renforcées de filtrage des particules solides. La charge en particules solides sur l'épurateur est augmentée de 3 à 6 fois par rapport à celles habituelles, ce qui permet dans certains cas de ne plus utiliser de précipitateurs électrostatiques dans le processus de l'usine. Il faut savoir que l'élimination efficace des particules de moins de 2 µm de diamètre nécessite généralement l'utilisation d'un avant-filtre électrostatique ou bien à manches dans le processus de l'usine.

L'épurateur de gaz de combustion Caligo étant équipé d'un lit de garnissage aléatoire pour le transfert de chaleur, Le matériau de garnissage agit également comme une couche très efficace pour éliminer les émissions de gaz de la phase gazeuse vers le liquide de lavage. L'épurateur/condenseur Caligo est très efficace pour éliminer le SO₂, le HCl, le HF et le NH₃. L'efficacité d'élimination est supérieure à 97-99 % en fonction de la hauteur du lit de garnissage et d'autres paramètres du processus. Néanmoins, le NOx pose problème pour l'épurateur humide, car 95 % du NOx total est du NO, qui ne réagit pas dans l'épurateur. Les 5 % restants, qui sont du NO₂ et du N₂O, peuvent être éliminés dans l'épurateur. Les NOx constituent un problème pour l'épurateur humide, car 95 % du NOx total est du NO, qui ne réagit pas dans l'épurateur. Les 5 % restants, constitués de NO₂ et de N₂O, peuvent être éliminés dans l'épurateur.

Les épurateurs humides sont également efficaces pour éliminer les gaz odorants tels que le H₂S et le COS, mais leur élimination nécessite un pH élevé et un dimensionnement exigeant au cas par cas.

L'agent neutralisant standard pour éliminer les gaz acides utilisé à 30-50 % est l'hydroxyde de sodium (NaOH). Le contrôle du pH dans tout le processus est standard dans les systèmes Caligo.

Fonctionnalité de Concentration Haute en Solide (HSC)

La fonctionnalité de Concentration Haute en Solides (HSC) garantit un écoulement sans perturbation à l'intérieur de l'épurateur lorsque la contamination solide (les Boues) dans le condensat est élevée. La fonctionnalité HSC fait circuler les condensats en continu à l'intérieur de la tour de condensation afin d'éviter toute précipitation des solides et tout colmatage indésirable. La fonctionnalité HSC est optionnelle.

Caligo CSx – Données techniques

Matériaux de la structure

- › Tour d'épuration: Acier Super Duplex
- › Tour de condensation: Acier Super Duplex
- › Traitement du condensat: WTxB, acier EN1.4404
- › Échelles et main-courantes: acier EN1.4301 (inox)
- › Passarelle d'entretien: acier EN1.4301 (inox)
- › Socle: acier S355 (peint)

Automatisation

- › Logique: Siemens S7 (incl. salle de commande d'ordinateurs et affichage local)
- › Réglage et commande: Programme Caligo SW v.2.03
- › Quantité I/O: env. 120
- › Transfert de données: Profibus

Traitement du condensat

- › WTx (voir la brochure séparée))

Pompe à chaleur

- › Pompe(s) à chaleur industrielle(s) entièrement intégrée(s) avec système de commande et de régulation Caligo

Raccords

- › Chaleur du réseau: raccords à brides x 2, DN150–DN250
- › Conduits de fumée: raccords à brides x 3, DN500–DN1200
- › Alimentation électrique: laveur-condenseur 10 à 50 kW, pompe à chaleur 50 à 250 kW
- › Air comprimé: air instrumental 6 bar (g)
- › Eau brute: raccord à brides DN32
- › Alimentation lessive: raccord à tubes 8 à 12 mm
- › Condensat sortant: DN40–DN65
- › Boue sortante: DN40–DN50

Caligo CSx – Disponible en option

Modules

- › SB – Ensachage et séchage des boues
- › CC – Refroidissement des condensats
- › ES – Lavage amélioré
- › CEP – System ESP de Caligo
- › Source de NaOH avec bassin de sécurité

Services de connexion sur site

- › Canaux des fumées entre la chaudière et laveur ainsi qu'entre laveur et cheminée
- › Connection des amortisseurs de fumées au cas où le positionnement de Caligo n'est pas appliquée
- › Tuyauterie du réseau de chaleur au laveur ainsi qu'entre le laveur et la chaudière
- › Câblage électrique entre laveur et les cabinets électriques de la pompe à chaleur (2 pcs)
- › Conduits pour les boues entre le laveur et le système de récupération
- › Câblage entre le système d'automatisation du laveur et le système d'automatisation de la centrale
- › Conduits du réseau de chaleur entre la pompe à chaleur et le laveur
- › Câblage électrique entre laveur et la pompe à chaleur

Infrastructure

- › Bâtiments couvrants
- › Climatisation et système de chauffage de secours
- › Douche d'urgence
- › Solution containerisée pour la pompe à chaleur
- › Installation d'une cheminée AISI 316
- › Connexion d'une ligne internet fixe pour le support à distance



Dimensions principales

TraITEMENT puissant des condensats

Le modèle standard Caligo CSx est toujours fourni avec un module de traitement des condensats Caligo WTxB (cf. spécificités techniques détaillées). Le module WTxB est bien intégré au mécanisme de l'épurateur Caligo CSx et il est régulé par un système d'automatisation Caligo CSx.

TraITEMENT des boues (résidus solides)

Les boues formées au cours du cycle du Caligo CSx sont éliminées automatiquement soit par un traitement externe de résidus solides, soit par un module de traitement et de stockage de boues Caligo. Ce module se compose d'un filtre à manche (1 m³) et d'un bassin de décantation. Ce traitement augmente la teneur solide en boues à plus de 40 %, ce qui simplifie la manipulation et le transport ultérieurs des solides. Le module de traitement des boues Caligo est proposé en option.

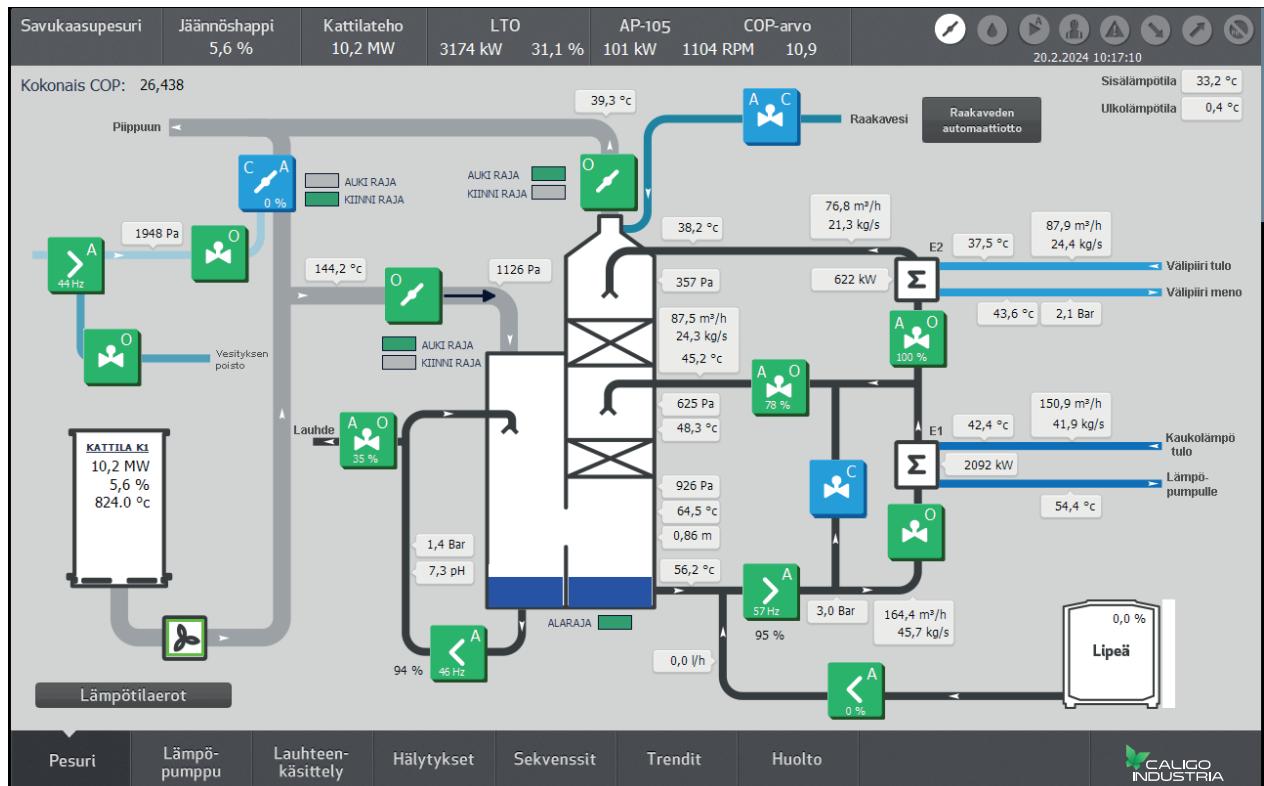
MODULE LAVEUR-CONDENSEUR (CSx)	Longueur (mm)	Lar-geur (mm)	Hauteur nette (mm)	Poids net (t)
pour chaudière de 4 MW	6000	3000	6000	8,0
pour chaudière de 6 MW	6000	3500	7500	12,0
pour chaudière de 12 MW	9000	4000	8000	20,0
pour chaudière de 20 MW	11000	5000	8500	28,0

Les dimensions principales sont indicatives.

Module de pompe à chaleur (HP)	Longueur (mm)	Lar-geur (mm)	Hauteur nette (mm)	Poids net (t)
HeatPac 104	3050	1000	2000	2,6
HeatPac 106	3750	1000	2000	3,3
HeatPac 108	4050	1000	2000	4,0

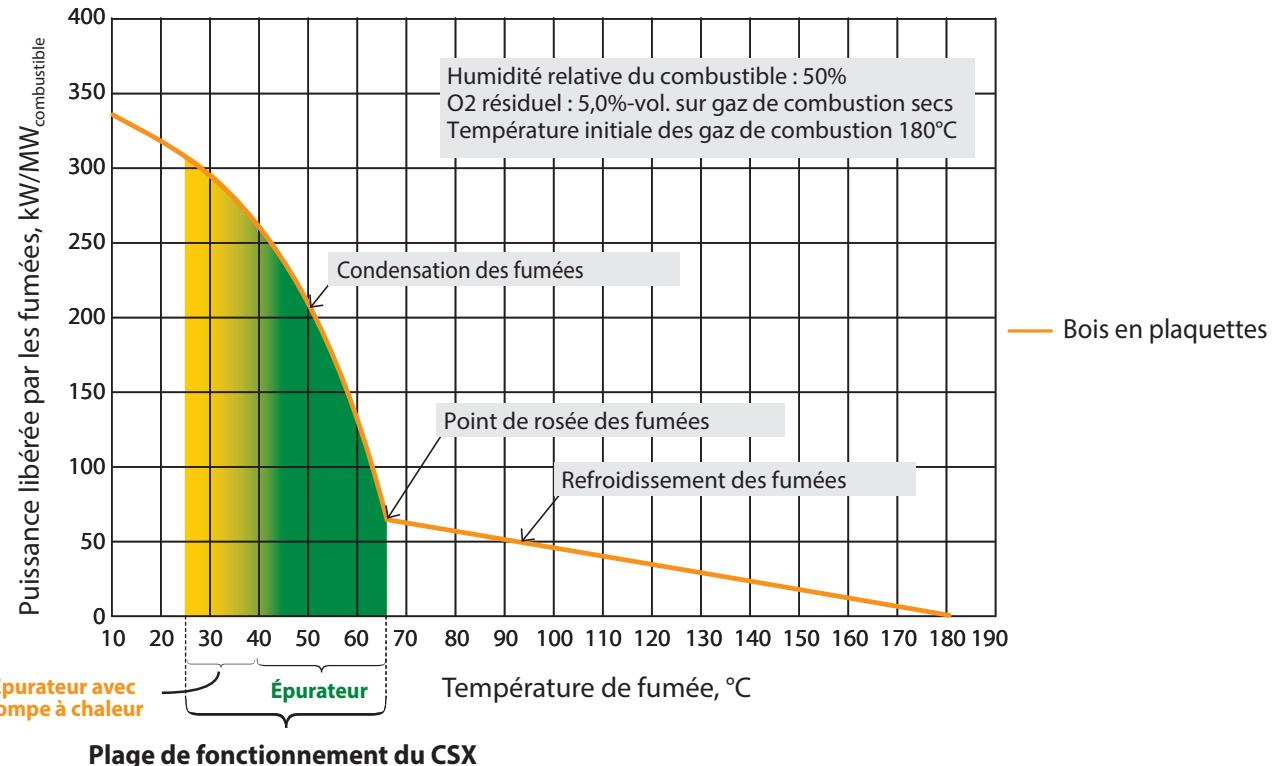
Les dimensions principales sont indicatives.

Interface d'utilisation



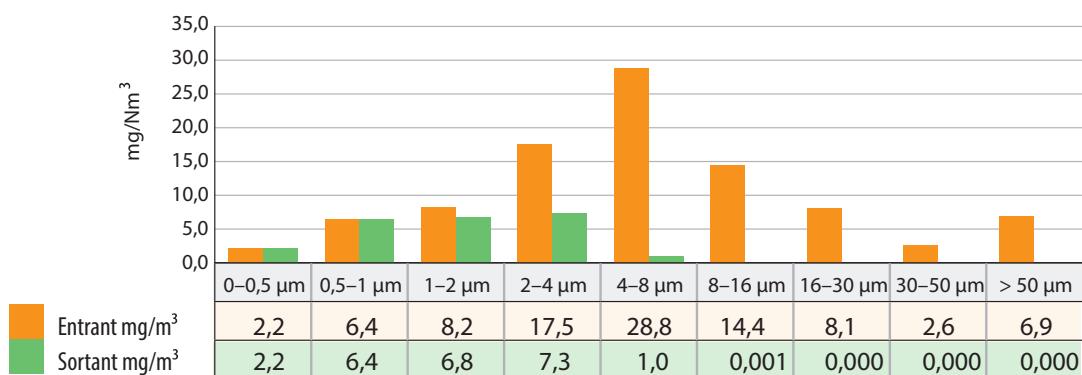
L'Energie libérée par les gaz de combustion

que l'on exprimera sous forme de puissance (kW / MW_{combustible}) en fonction de la température :



Teneur en particules des gaz de combustion

entrants et sortants selon la taille de particules dans la phase d'épuration

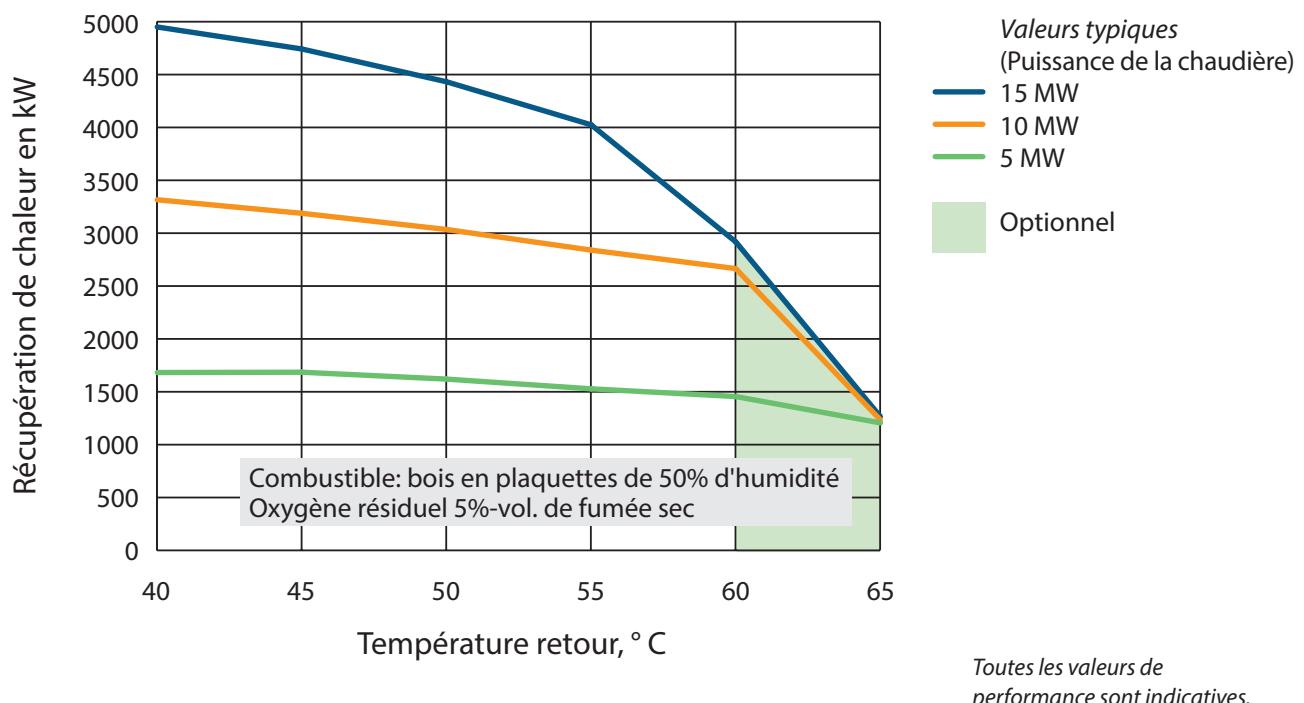


Contrôle des émissions, valeurs nominales

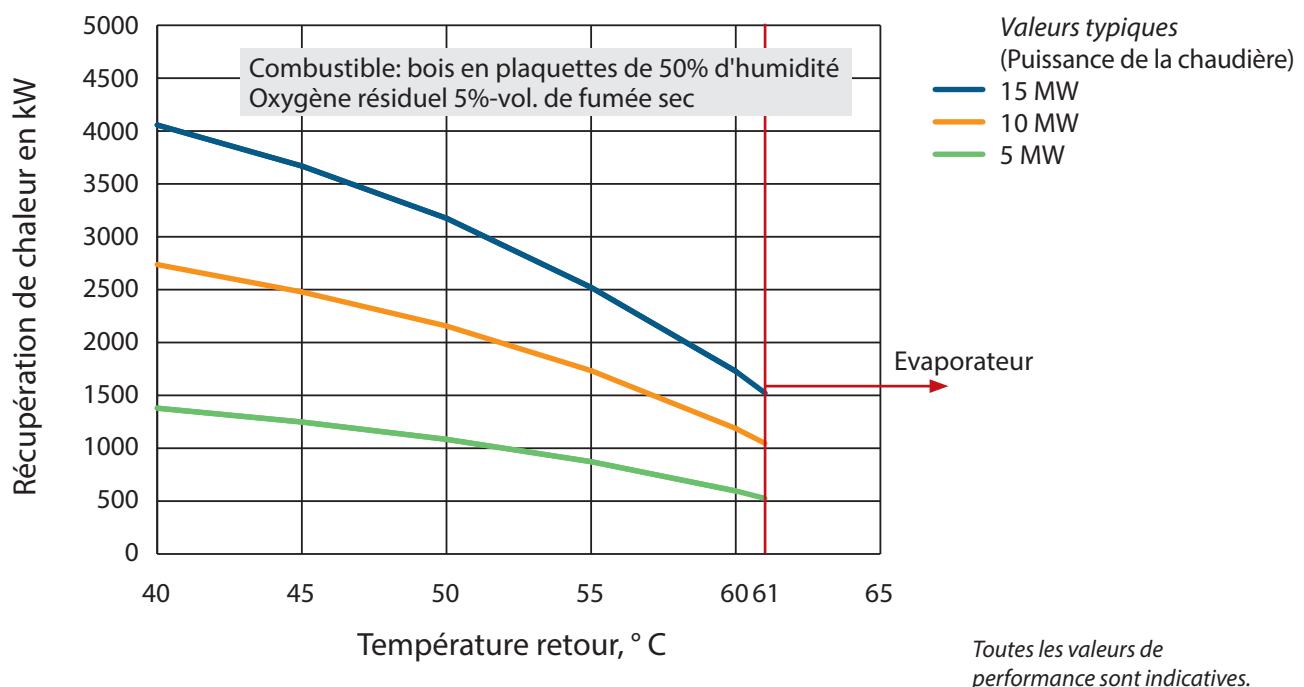
	Efficacité d'élimination %	Entrée mg/Nm ³	Sortie mg/Nm ³
Particules	70-90	(5) 20-250	(<1) 5-50
SO ₂	>99	<500	<5
HCl	>97	<200	<5
HF	>97	<20	<1
NH ₃	>95	<50	<5
NOx	<5	<500	N.A.

Concentrations réduites à 6,0 % vol O₂ (sec)

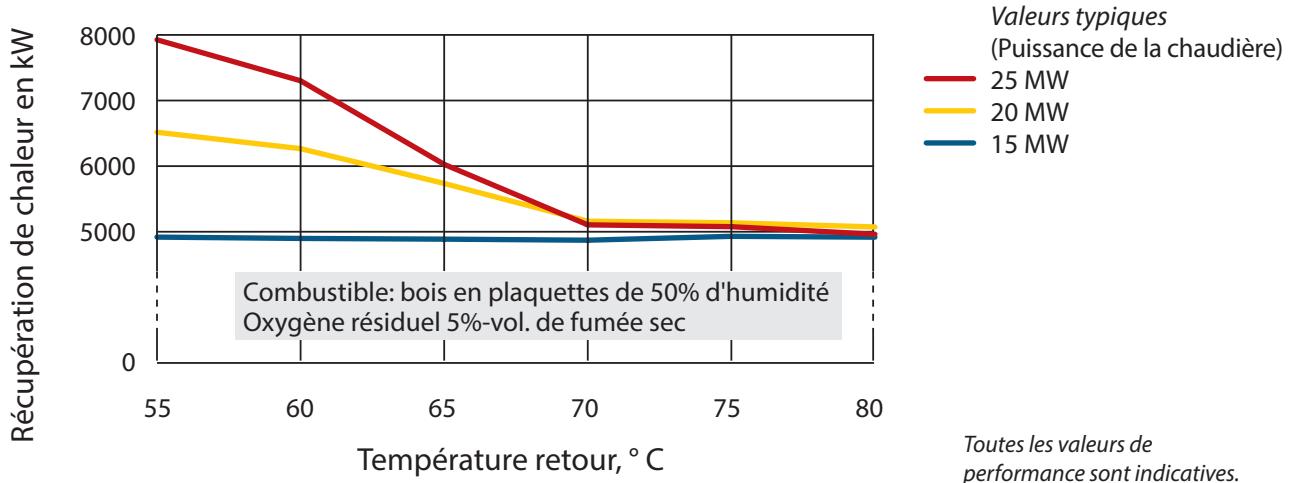
Récupération de chaleur – modèle PHP



Récupération de chaleur de base par épurateur



Récupération de chaleur – modèle SHP



Consommation d'électricité

PUISSEANCE DE LA CHAUDIÈRE	Température de retour du réseau chaleur	Puissance standard
modèle Caligo SHP 15 MW	basse	650 kW
	haute	1150 kW
modèle Caligo SHP 20 MW	basse	700 kW
	haute	1150 kW
modèle Caligo SHP 25 MW	basse	750 kW
	haute	1150 kW

PUISSEANCE DE LA CHAUDIÈRE	Température de retour du réseau chaleur	Puissance standard
modèle Caligo PHP 10 MW	basse	140 kW
	haute	240 kW
modèle Caligo PHP 15 MW	basse	180 kW
	haute	240 kW

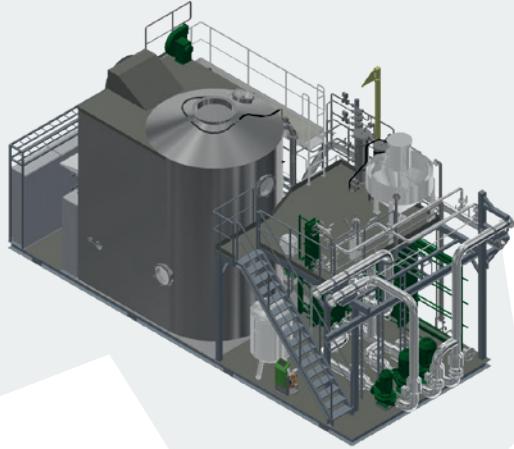
Consommation standard d'électricité pour les modèles catalogue Caligo <30 kW, aux performances optimisées de récupération de chaleur. Toutes les valeurs PHP et SHP avec modèle spécifique des applications de pompes à chaleur.

Autres valeurs de rendements

DÉFINITION DE RENDEMENT	Modèle	Valeur garantie
Si teneur entrante en particules <150 mg/Nm ³ , Alors la teneur sortie de l'épurateur est :	CS15/5	Moins de 50 mg/m ³ n
Si teneur entrante en particules <300 mg/Nm ³ , Alors la teneur sortie de l'épurateur est :	CS30/5	Moins de 50 mg/m ³ n
Efficacité de séparation du dioxyde de soufre	Tous les modèles	Plus de 95 %
pH des condensats sortants	Tous les modèles	6...10
Teneur en matière solide (boues) des condensats sortants	Tous les modèles	Moins de 10 mg/l
Consommation d'eau de réseau spécifique à une marche normale	Tous les modèles	0 m ³ /h

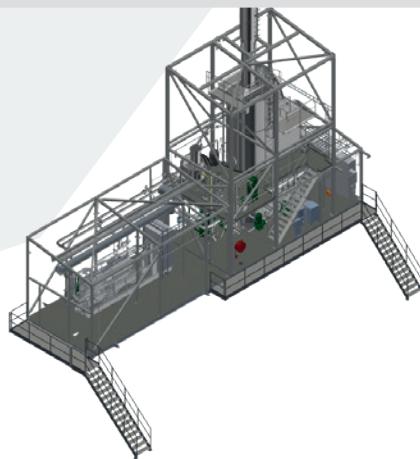
* Attention ! Afin que la valeur de capacité de filtrage soit garantie, la distribution de taille des particules entrantes dans laveur-condenseur de fumée doit être conforme à la norme SMS 2027
Diagram 4 (pour les copeaux et la tourbe).

Modèles



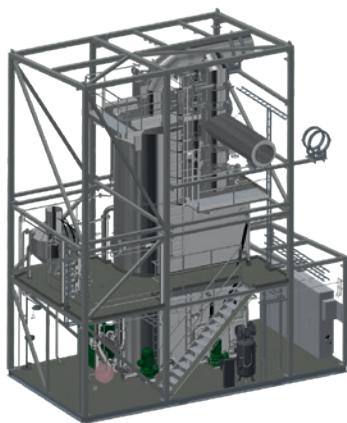
Caligo CSxBWT – Épurateur en version de base

Il s'agit de notre unité de base. Il comprend la filtration des particules et du SO₂ des gaz de combustion, une zone de récupération de chaleur ainsi que le module de traitement des condensats et des boues.



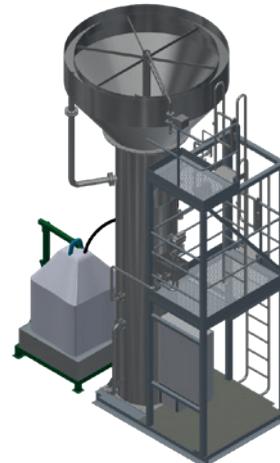
Caligo CSxHPxWT – Épurateur avec pompe à chaleur

Le modèle Caligo CSxHPxWT est fourni équipé d'une pompe à chaleur intégrée. La connexion brevetée avec la pompe à chaleur assure une récupération maximale de chaleur même lorsque les températures retour du réseau de chauffage urbain sont élevées. Ceci est le cas typique où sur un épurateur classique, la récupération de chaleur tombe en panne. Alors que notre solution permet d'économiser jusqu'à plus de 30 % des coûts annuels de combustible.



Caligo CSxHPxWT – Épurateur avec connexion de pompe à chaleur

Ce modèle est recommandé si l'épurateur à gaz de combustion version de base était suffisant pour les besoins actuels, mais particulièrement si les températures retour du réseau de chaleur urbain étaient amenées à augmenter dans l'avenir, tel le cas d'un (plusieurs) client(s) industriels qui se raccorde(nt) au réseau. Cet épurateur dispose d'un espace réservé à une deuxième zone de récupération de chaleur et sa connexion à une autre pompe à chaleur (non incluse à la fourniture)



Caligo WTx – Module de traitement des condensats

Le module de traitement des condensats peut également être fourni sous forme d'unité séparée. Ce système gère le traitement des condensats, la filtration et la séparation des boues de manière totalement indépendante. Les condensats traités peuvent être écoulés sans risque dans le réseau d'évacuation d'eaux usées.

Références notables

Épurateur Caligo avec pompe à chaleur (PAC)

VATAJAKOSKEN SÄHKÖ OY, KANKAANPÄÄ 2021

- › Installation industrielle
- › Épurateur Caligo avec deux pompes à chaleur
- › Récupération de chaleur : 6,0 MW

VALIO OY, LAPINLAHTI 2021

- › Centrale bioénergie 22 MW
- › Épurateur Caligo avec deux pompes à chaleur
- › Récupération de chaleur : <25%

HERRFORS OY, YLIVIESKA 2019

- › Centrale de cogénération (CHP) 31 MW
- › Récupération de chaleur : >30 % (prévu) avec connexion PHP

DALKIA, JOUÉ-LÈS-TOURS, FRANCE 2018

- › Centrale 9,5 MW
- › Épurateur Caligo avec deux modules de pompe à chaleur SHP
- › Récupération de chaleur : 20–25 %

ENGIE SOLUTIONS, STRASBOURG

- › Deux chaudières biomasse de 8 et 15MW
- › Centrale de condensation et d'épuration des gaz de combustion Caligo avec l'option de pompe à chaleur intégrée
- › Récupération de chaleur : 20-25%



Épurateur Caligo avec connexion exclusive de pompe à chaleur (PAC)

KAUHAJOEN LÄMPÖHUOLTO OY, KAUHAJOKI 2020

- › Centrale bioénergie 15 MW
- › Récupération de chaleur : >20 %

KURIKAN KAUKOLÄMPÖ OY, ILMAJOKI 2020

- › Centrale bioénergie 15 MW
- › Récupération de chaleur : >15 %



Épurateur Caligo, version de base

STENVALLS TRÄ AB, SESKARÖ SAWMILL, SWEDEN 2023

- › Chaudière biomasse 9 MW à la scierie

VYNCKE NV, WIELE, POLAND 2021

- › Centrale bioénergie 18 MW

NEVEL OY, KARKKILA 2021

- › Centrale bioénergie 8 MW

LANTMÄNNEN CEREALIA OY, KOTKA 2020

- › Usine agroalimentaire

FLO ENERGIE – PIVETEAU BOIS SAW MILL, SAINTE-FLORENCE, FRANCE 2019

- › Centrale biomasse 15 MW

KEITELE ENERGY OY, KEITELE SAW MILL 2019

- › Centrale biomasse 18 MW

KEITELE TIMBER OY, ALAJÄRVI SAW MILL 2019

- › Centrale biomasse 16 MW



Épurateur Caligo CSSx Piccolo

PÖYTÄN LÄMPÖKESKUS OY, RIIHIKOSKI 2017

- › Centrale 2,5 MW
- › Récupération de chaleur moyenne : 15 %

PROPRETÉ ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Nous concevons, développons et fournissons des solutions de machines et de systèmes intégrés pour l'épuration des gaz de combustion dans les secteurs de l'énergie et des process industriels, pour l'utilisation de la chaleur résiduelle fatale au travers les procédés, mais aussi des clapets et des registres pour le monde entier.

Toutes nos solutions Caligo sont fournies en un système assemblé et testé en usine. Les systèmes Caligo ont été largement industrialisées. Les charges élevées de montage sur site peuvent être ainsi évitées.

Nos bureaux sont situés à Turku et à Jyväskylä (Finlande). N'hésitez pas à nous contacter pour nous faire part de vos projets particuliers.

Nos experts qualifiés choisiront la meilleure solution parmi notre gamme de produits pour répondre sur mesure à votre demande.

Caligo Industria Oy

sales@caligoindustria.com

Sales

Oskari Salovaara, Directeur général
Tel. +358 50 452 8208
oskari.salovaara@caligoindustria.com

Mika Nummila, Directeur de la technologie
Tel. +358 50 530 8311
mika.nummila@caligoindustria.com

Matti Tulkki, Représentant commercial en France
Tel. +33 (0)6 08 27 82 60
matti.tulkki@fennofrance.fr

Turku

Itäinen Rantakatu 72
FI-20810 Turku, Finlande

Jyväskylä
Ylistönmaentie 33C
FI-40500 Jyväskylä, Finlande

Tampere (site de production)
Etu-Hankkionkatu 1 B 2
FI-33700 Tampere, Finlande

www.caligoindustria.com