

Characterization and modelling of grit chambers based on particle settling velocity distributions

Thèse

Queralt Plana Puig

Sous la direction de:

Peter A. Vanrolleghem
Paul Lessard

Resumé

Les dessableurs font partie du prétraitement de la plupart des stations de récupération des ressources de l'eau (StaRRE). Ces unités de dessablage servent à protéger les équipements et les procédés aval ainsi qu'à maintenir la performance des traitements primaire et secondaire. Même si ces unités jouent un rôle crucial, un manque criant au niveau des connaissances sur les caractéristiques des particules de « grit » sur leur comportement et sur la modélisation des dessableurs est observé. Ce manque implique une définition incorrecte des particules de « grit », l'inexistence d'un protocole standard d'échantillonnage et de caractérisation des particules autour d'un dessableur, et l'utilisation de modèles simples basés sur un % d'enlèvement constant.

Le premier objectif de la thèse est de développer une méthode de caractérisation de la vitesse de chute des particules, variable clé du processus de sédimentation. Cet objectif peut être divisé en plusieurs sous-objectifs. Un premier sous objectif est de concevoir un protocole d'échantillonnage spécifique pour les sites expérimentaux échantillonnés. Un deuxième sous-objectif est de comparer les méthodes actuellement utilisées pour caractériser les particules de « grit » de proposer une méthode de caractérisation pour les particules mentionnées autour des unités de dessablage.

Le deuxième objectif de la thèse est de développer un modèle dynamique basé sur la distribution de vitesse de chute des particules (DVCP). Le modèle est appliqué à deux différents cas d'études avec différentes conceptions de dessableur (vortex et aéré) et de capacités de traitement. Dans les deux cas, le modèle est calibré et validé avec succès. Il s'agit d'un modèle puissant permettant de prédire la concentration des solides à la sortie des dessableurs et la quantité de solides enlevés (particules de « grit ») en fonction de la dynamique des solides et du débit à l'entrée du dessableur.

Les résultats obtenus dans le cadre de ce doctorat ont permis de présenter une nouvelle approche expérimentale pour la caractérisation des particules de grit ainsi que, pour la première fois, un modèle dynamique des unités de dessablage basé sur la DVCP. Les deux nouveaux outils ont été testés avec succès.

Abstract

Grit chambers can be found at the headworks of most water resource recovery facilities (WRRFs) to protect equipment and the processes downstream and maintain the performance of primary and secondary treatments. Even though they play a crucial role, there is a lack of knowledge on grit characteristics and grit chamber behaviour and modelling. This leads to an improper grit definition, a non-existing standard protocol of sampling and characterization, a non-existing standard protocol to evaluate the performance of the system and only simple models based on a static %-removal.

Given the fact that particle settling is the governing process of grit particle removal, that a vast diversity of sampling and characterization methods is existing, and modelling has been limited to very simple static %-removal based equations, two main objectives in the context of this study are pursued.

The first objective aims for a characterization method taking into account the key parameter of the settling process, i.e. particle settling velocity. It is divided in multiple subobjectives. First, the establishment of a site-specific sampling protocol to obtain representative samples from the water around the studied grit chambers. Then, the currently used methods to characterize grit particles and wastewater are compared and adapted prior to the proposal of a characterization method.

The second objective of this study is to present a new dynamic model based on particle settling velocity distributions (PSVD). The model is tested on two different case studies with different grit chamber designs (vortex and aerated) and treatment capacities. In both cases, the model was successfully calibrated and validated showing a powerful model to predict the solids concentration at the outlet and solids removal at the underflow (i.e. grit particles) of a grit chamber depending on the inlet dynamics.

Summarizing, the results of this PhD study are a new experimental characterization and, for the first time, a dynamic model, based on PSVD. Both new tools have been successfully tested at full-scale.