



BUREAU D'INGENIEURS TAUW

Un CFD pour une épuration des eaux plus éconergétique

Bon nombre d'administrations et de sociétés sont confrontées à des investissements techniques pour rendre leurs installations d'épuration des eaux conformes à la réglementation européenne. Cette situation profite pleinement aux bureaux d'ingénierie et environnementaux spécialisés. Le bureau d'ingénieurs néerlandais Tauw a reçu la demande d'aménager un processus d'épuration des eaux d'égout afin que les concentrations de phosphate et de nitrate répondent aux normes. Dans le cadre du projet, le bureau a utilisé un modèle informatique CFD pour calculer le débit dans le bassin d'activation des boues.



Anne Bosma, conseillère chez Tauw: "Les calculs de débit CFD permettent parfaitement de prévoir à quel moment des machines comme les mélangeurs et les propulseurs peuvent être mises hors service. L'épuration des eaux coûte de l'énergie."

La réglementation européenne relative à l'eau a fortement changé ces dernières années. Ces nouvelles adaptations ont pour but de mieux harmoniser la réglementation et les normes. La réglementation vise aussi à laisser plus de latitude à des solutions créatives permettant d'utiliser nos matériaux de construction et nos maigres ressources de manière plus durable. La réduction de la quantité de phosphate et de nitrate dans les eaux usées est un élément important de ces nouvelles normes européennes.

Le bureau d'ingénierie néerlandais Tauw, spécialisé dans les problèmes environnementaux et d'aménagement du territoire, a reçu la demande de la compagnie des eaux De Dommel, entre autres, d'étendre la station d'épuration des eaux d'égout d'Eindhoven et d'aménager le processus afin de réduire les concentrations de phosphate et de nitrate dans les eaux usées. Outre la rencontre des normes stipulées, Tauw a également vérifié comment réduire la consommation d'énergie nécessaire à l'épuration des eaux usées.

Processus d'épuration

Une pré-étude détaillée a montré que l'amélioration du fonctionnement des bassins d'activation des boues constitue la meilleure alternative pour rencontrer les nouvelles normes européennes. Ces bassins d'activation des boues représentent une étape importante dans le processus d'épuration. Dans ces bassins, les bactéries convertissent les pollutions en substances non nuisibles, ce qui assure l'épuration de l'eau polluée. Tauw a développé le concept de ces bassins d'activation des boues. Durant la phase de calcul, le bureau a tenu compte de la quantité d'eau à traiter et de la quantité d'air nécessaire pour un fonctionnement optimal des bactéries dans le bassin. Le concept des bassins tient également compte du pire scénario et aucune limite n'est recherchée. Tauw estime toutefois qu'il est possible de réduire dans certaines conditions la consommation d'énergie tout en rencontrant les normes précises.

"L'épuration des eaux usées coûte de



Aperçu de la station d'épuration des eaux d'égout d'Eindhoven. Les trois nouveaux bassins d'activation des boues sont visibles au deuxième rang, en haut à gauche.



La cuve de dénitrification du bassin d'activation des boues à Eindhoven lors de la construction. À gauche, les trois pompes de recirculation, à droite (en bas de la paroi), les passages. Au milieu, quelques-uns des six propulseurs.

l'énergie" remarque Anne Bosma, conseillère en construction mécanique du département Construction hydraulique et Traitement des eaux chez Tauw. "Les bactéries convertissent les pollutions en substances inoffensives. Ces



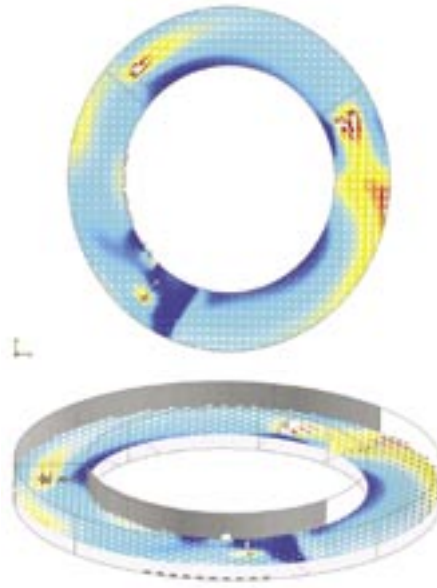
bactéries doivent rester dissoutes dans le liquide sous forme de boues activées. On utilise à cet effet plusieurs mélangeurs et propulseurs. Dans certaines conditions de fonctionnement, il n'est pas nécessaire d'utiliser tous les mélangeurs et propulseurs disponibles. Les calculs de débit permettent de prédire parfaitement l'instant où les machines peuvent être coupées, sans mettre en danger la qualité de l'eau de surface."

Différences d'approvisionnement

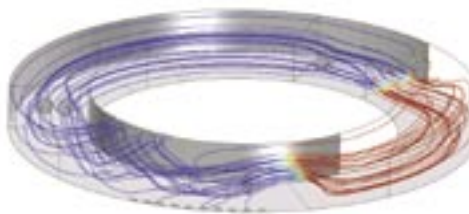
Les installations d'épuration des eaux purifient l'eau afin qu'elle soit en toutes circonstances suffisamment propre pour être déversée dans l'eau de surface. La conception robuste des installations et processus vise à minimiser autant que possible le risque de pollution de l'eau de surface. L'Europe connaît une grande variation d'approvisionnement de la quantité d'eaux usées. De par leur conception, les bassins d'activation des boues sont toutefois à même d'assumer le pire scénario. En d'autres termes, les propulseurs doivent pouvoir traiter une grande quantité d'eau. Par temps sec, l'installation doit traiter beaucoup moins d'approvisionnement et la consommation d'énergie des propulseurs et pompes peut être réduite, sans que cela ne nuise à la qualité du processus. Par temps de pluie et en été, il faut une grande puissance pour assurer un mélange suffisant. Le test de ces réglages peut toutefois influencer négativement les performances de l'épuration des eaux usées. Face à ces variations de l'approvisionnement (pluie ou temps sec), il est souvent difficile de déterminer exactement le nombre de propulseurs minimum devant être en service. Le bureau d'ingénieurs Tauw a par conséquent calculé le débit dans les bassins d'activation des boues sous différentes conditions afin de réduire la consommation d'énergie des propulseurs et de limiter les risques pour l'exploitation. Pour ce faire, Tauw a utilisé le logiciel de simulation multiphysique Comsol. "La vitesse à laquelle l'eau circule dans le bassin est essentielle pour le processus d'épuration" explique Anne Bosma. "Lorsque la circulation devient trop lente, la boue active décante, ce qui perturbe le processus d'épuration. Il est donc essentiel d'avoir suffisamment de propulseurs en service pour garantir un débit optimal dans la cuve. De tels tests peuvent être réalisés avec une combinaison de simulations informatiques et de mesures."

Logiciel CFD

Les bassins d'activation des boues de la station d'épuration des eaux d'égout d'Eindhoven sont répartis dans trois réacteurs afin d'assurer les différentes conversions des substances. Les boues activées entrent dans le bassin par des ouvertures de débordement dans la paroi de séparation. Trois pompes de recirculation présentes dans la paroi de gauche génèrent un courant de retour vers la cuve de dénitrification. Six propulseurs poussent les boues activées au-



Exemples de répartitions de vitesse illustrées dans ces figures à 2,5 mètres de haut dans une cuve. Dans la figure de gauche, les six propulseurs sont actifs et dans la figure de droite, deux des six propulseurs sont coupés. Il semble qu'avec quatre propulseurs, la vitesse moyenne est encore suffisante. Ces illustrations montrent que pour chaque emplacement souhaité dans la cuve, l'image du débit peut être visualisée. Cela permet de déterminer le nombre optimal de propulseurs pour de nombreux réglages de processus différents.



Les lignes indiquent comment des particules entrantes se déplacent dans la cuve. Les lignes de courant deviennent rouges lorsqu'elles entrent en contact avec des bulles d'air introduites par les systèmes d'aération. De fortes turbulences sont visibles avant et après les systèmes d'aération. Les bulles d'air montantes assurent des forces ascendantes et accroissent la résistance au débit dans le bassin d'activation des boues. Cette technique contrôle si les boues activées s'écoulent correctement dans le bassin

déjà des systèmes d'aération et dans la bonne direction à travers la cuve. Les boues activées quittent le bassin vers les bassins de décantation par de petits passages dans le bas de la paroi de droite. Toutes ces données sont utilisées dans un modèle informatique tridimensionnel qui calcule le débit dans le bassin d'activation des boues. Ce type de calculs provient d'un modèle internationalement connu sous le nom de Computational Fluid Dynamics (CFD).

Tauw a calculé à l'aide du paquet CFD la quantité de propulseurs nécessaire pour déplacer

une quantité d'eau déterminée tout en conservant une vitesse de courant optimale de l'eau. Les calculs de débit indiquent les vitesses atteintes dans le bassin selon les conditions introduites. Lorsque la vitesse diminue, suite à la coupure des propulseurs par exemple, il est possible que la boue décante dans le bassin d'activation des boues. Cette situation n'est naturellement pas souhaitable car elle a une influence négative sur les processus biologiques. A contrario, une vitesse trop élevée signifie une grande utilisation d'énergie.

Tauw a également vérifié la direction du débit des boues activées. La coupure des propulseurs peut engendrer une vitesse insuffisante pour emporter toutes les boues activées dans la cuve. Dans ce cas, les boues activées coulent directement vers la sortie sans que les bactéries ne puissent faire leur travail de nettoyage. On appelle cela des courants de court-circuit. Les critères d'évaluation des résultats tiennent compte d'une présence de courants de court-circuit.

Moins de frais d'énergie et de maintenance

La fiabilité des calculs est évaluée en comparant les prévisions avec les résultats de mesure. Il semble y avoir une bonne correspondance entre la vitesse moyenne calculée et les résultats des mesures. Cela confirme la qualité des calculs pour des situations dans lesquelles il n'y a pas de résultats de mesure. Le débit peut être calculé pour chaque situation souhaitée, ce qui permet de donner des directives de réglage des propulseurs. 22 situations différentes ont été calculées sur la base desquelles Tauw a pu faire des recommandations. Avec ces recommandations, l'installation d'épuration des eaux peut être réglée sur les critères établis par Tauw. Les propulseurs peuvent ainsi être pilotés par un système de régulation automatisé. Ce système automatisé règle l'installation toujours de façon optimale. L'installation d'Eindhoven compte trois bassins d'activation des boues identiques. La coupure des propulseurs assure à cette échelle une économie d'énergie considérable. Cette économie est de l'ordre de 50.000 euros par an. Cela limite par ailleurs les frais de maintenance en raison de la réduction du nombre d'heures de service de ces machines. Et ces mesures ne sont pas prises au détriment de la qualité du processus d'épuration.

Stade de conception

Les calculs de débit CFD donnent une vue sur les effets des adaptations du processus, sans nécessiter pour cela d'importants tests pratiques. Dans les processus sensibles comme l'épuration des eaux usées, cela permet d'améliorer des réglages du processus, sans conséquences négatives sur la qualité du processus d'épuration. Selon les attentes, les calculs de CFD seront bientôt aussi utilisés dès la phase de conception. Cela permettra de mieux maîtriser au préalable la gestion d'énergie des installations d'épuration des eaux. <<