

Применение текстурных методов анализа изображений флоков в коагуляции

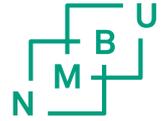
Наталия Сивченко, аспирант NMBU

Руководители:

проф. Харша Ратнавира, NMBU

проф. Кнут Квол, NMBU

Анализ флоков в коагуляции



- Образование и рост флоков – важные характеристики в процессе коагуляции
- Размер и форма образующихся частиц сильно влияют на последующие процессы разделения фаз
- Итоговая степень очистки воды зависит от параметров флоков

Анализ изображений частиц:

- Геометрические характеристики и фрактальное число – рассматривается каждая частица в отдельности
- Текстурный анализ изображений флоков – рассматривается все изображение

Лабораторные исследования

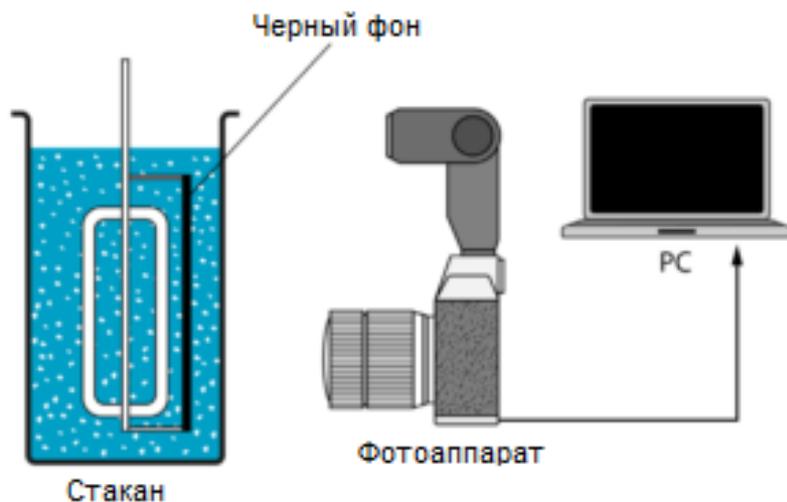
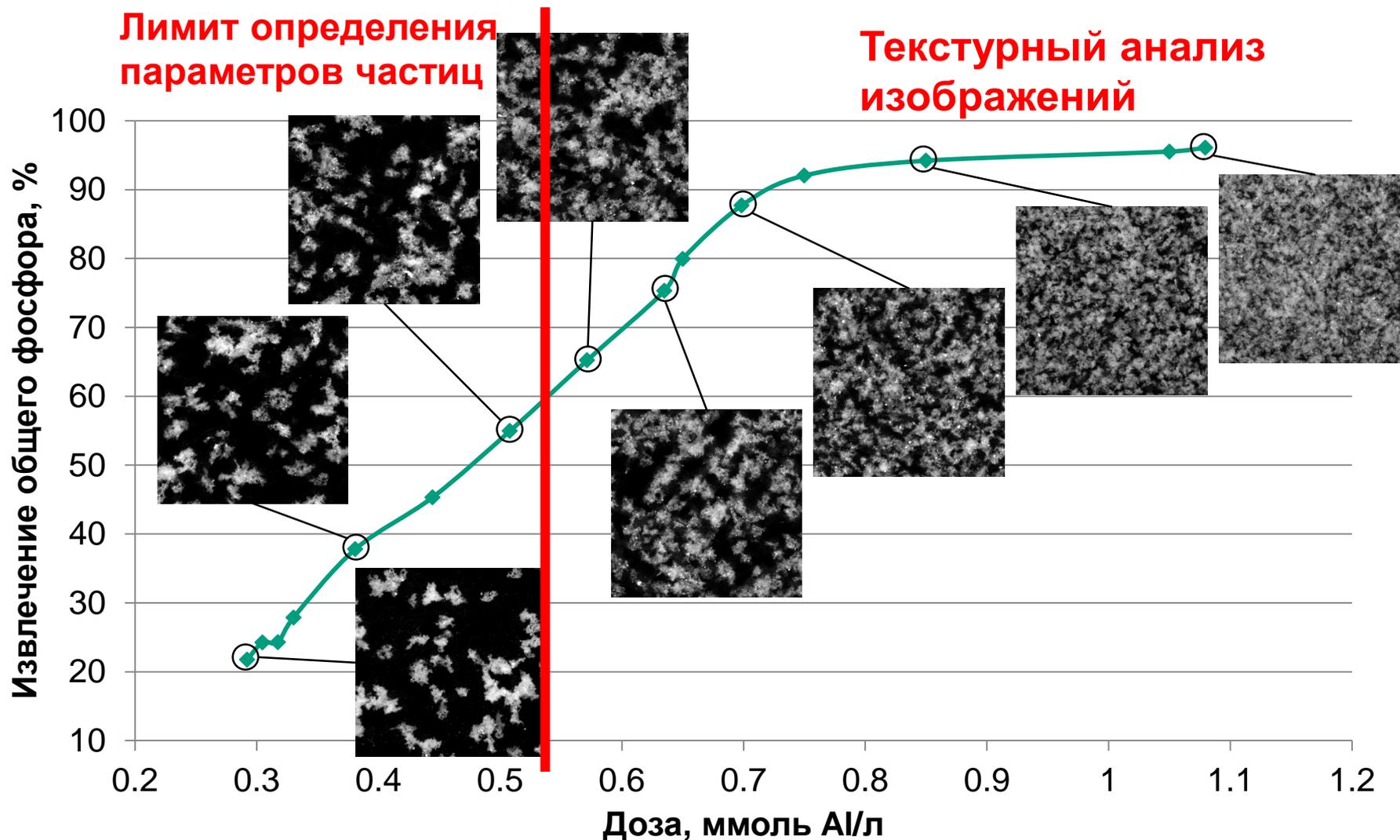


Фото – каждые 20 с во время медленного перемешивания

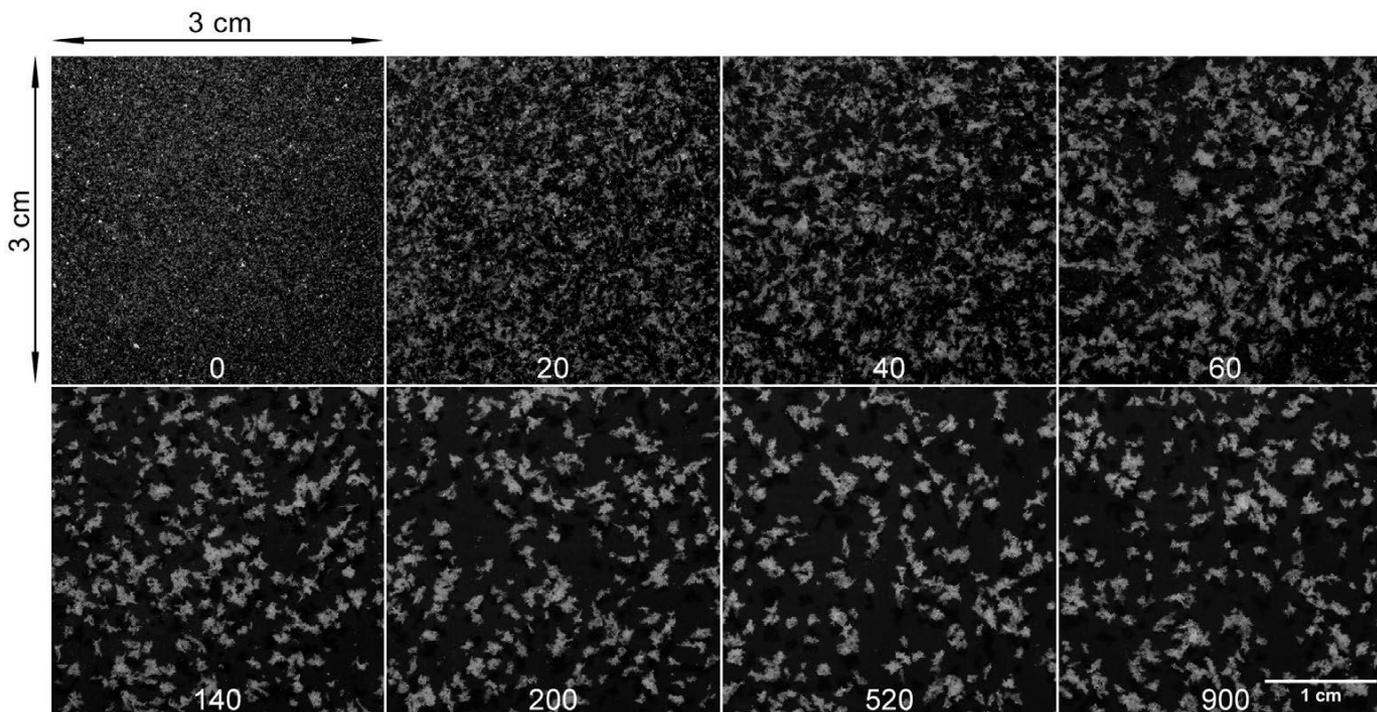
Варьируемые параметры:

- исходная модельная вода (6 типов);
- коагулянт (3 типа);
- доза коагулянта (3 дозы).

Дозы коагулянта и изображения флоков



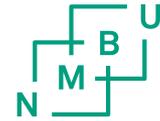
Формирование флоков



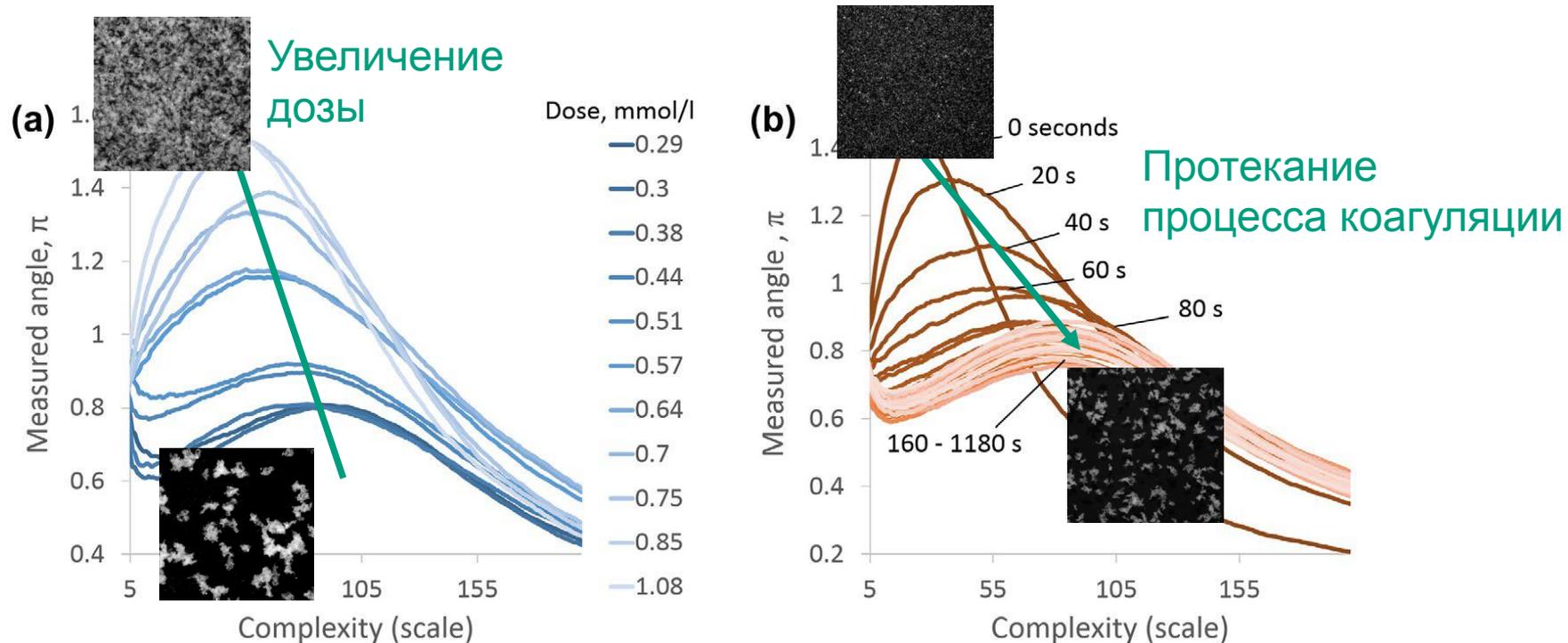
Формирование флоков после добавления коагулянта

Время приведено в секундах

АМТ спектры изображений флоков



АМТ – angle measure technique (техника измерения углов)



АМТ спектры изображений флоков:

(a) различные дозы коагулянта при одинаковом времени протекания коагуляции — 400 с после начала;

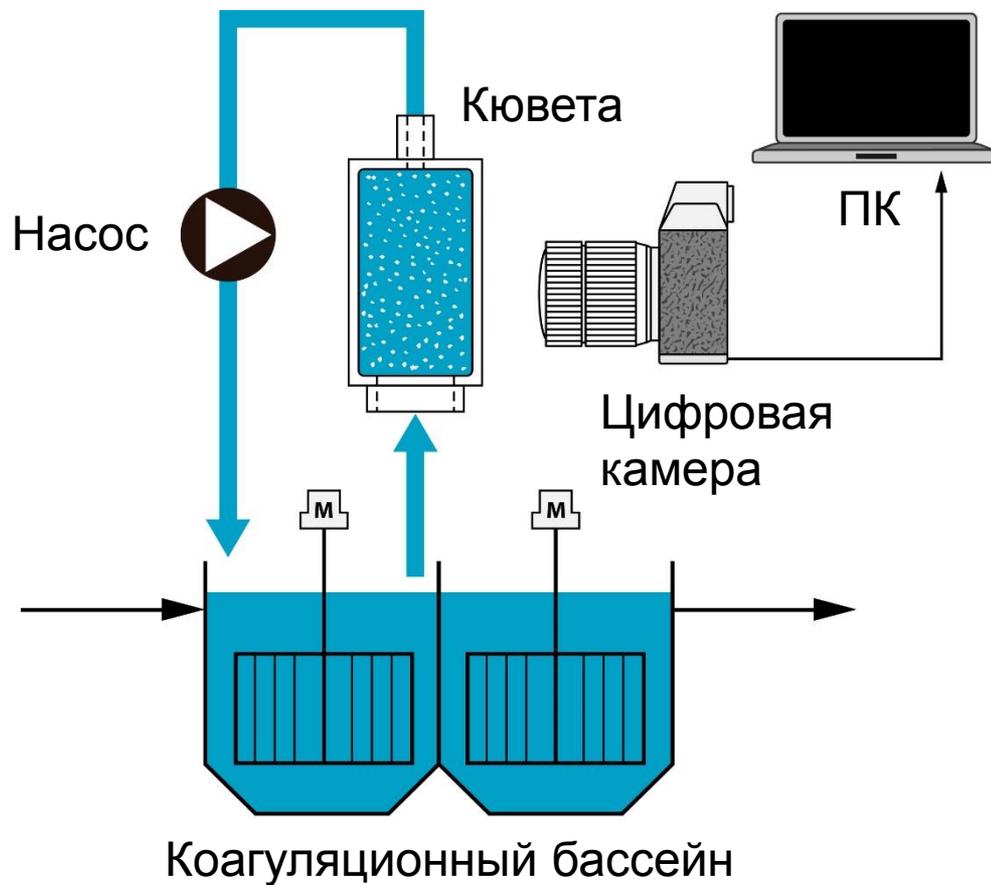
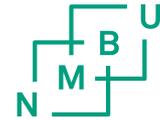
(b) процесс протекания коагуляции, доза — 0.3 ммоль Al/л.

DOSCON – система автоматического контроля и дозирования коагулянта

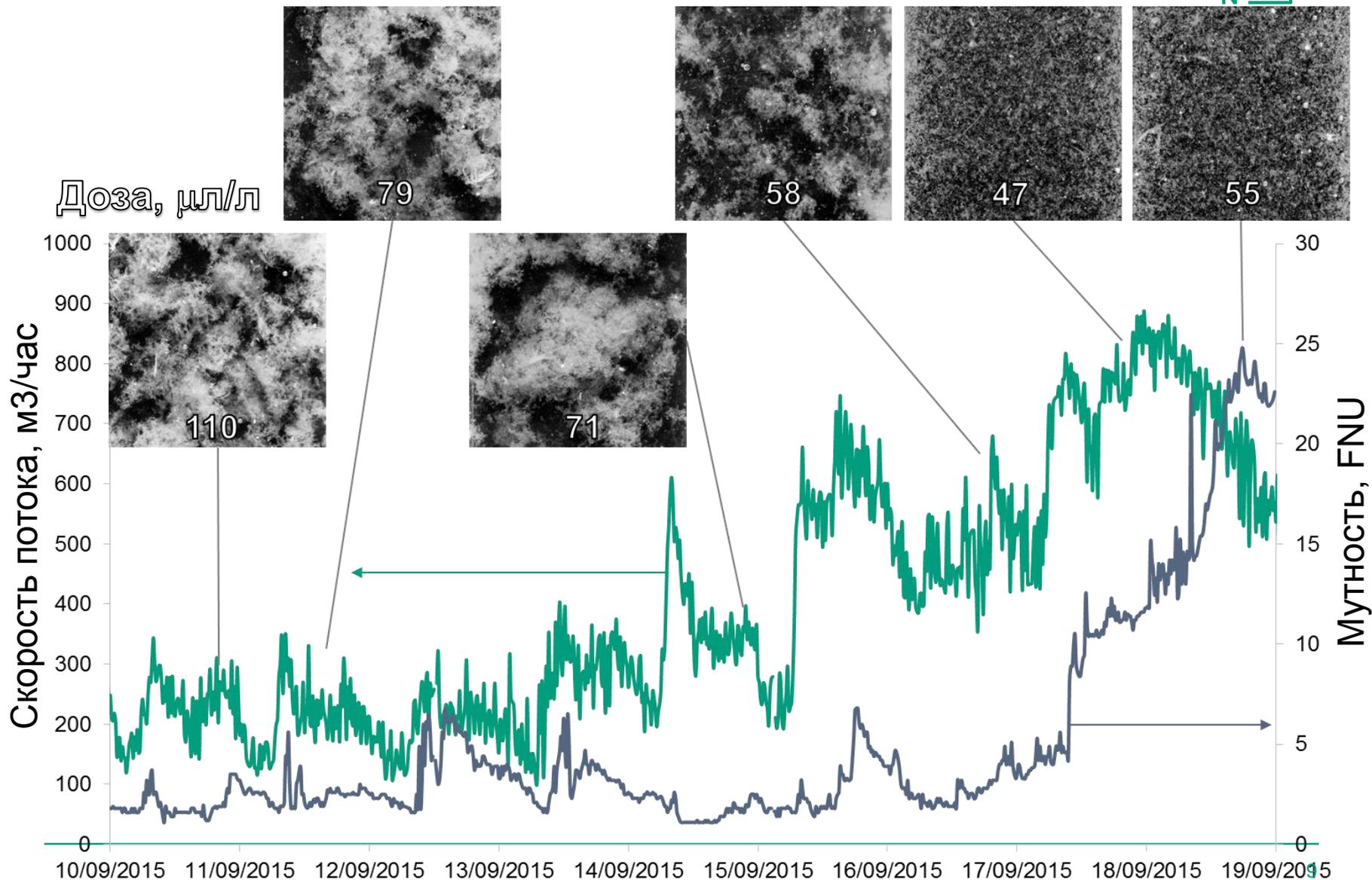


Датчики/сенсоры регистрируют данные в режиме он-лайн
Доза коагулянта вычисляется основываясь на параметрах исходной воды

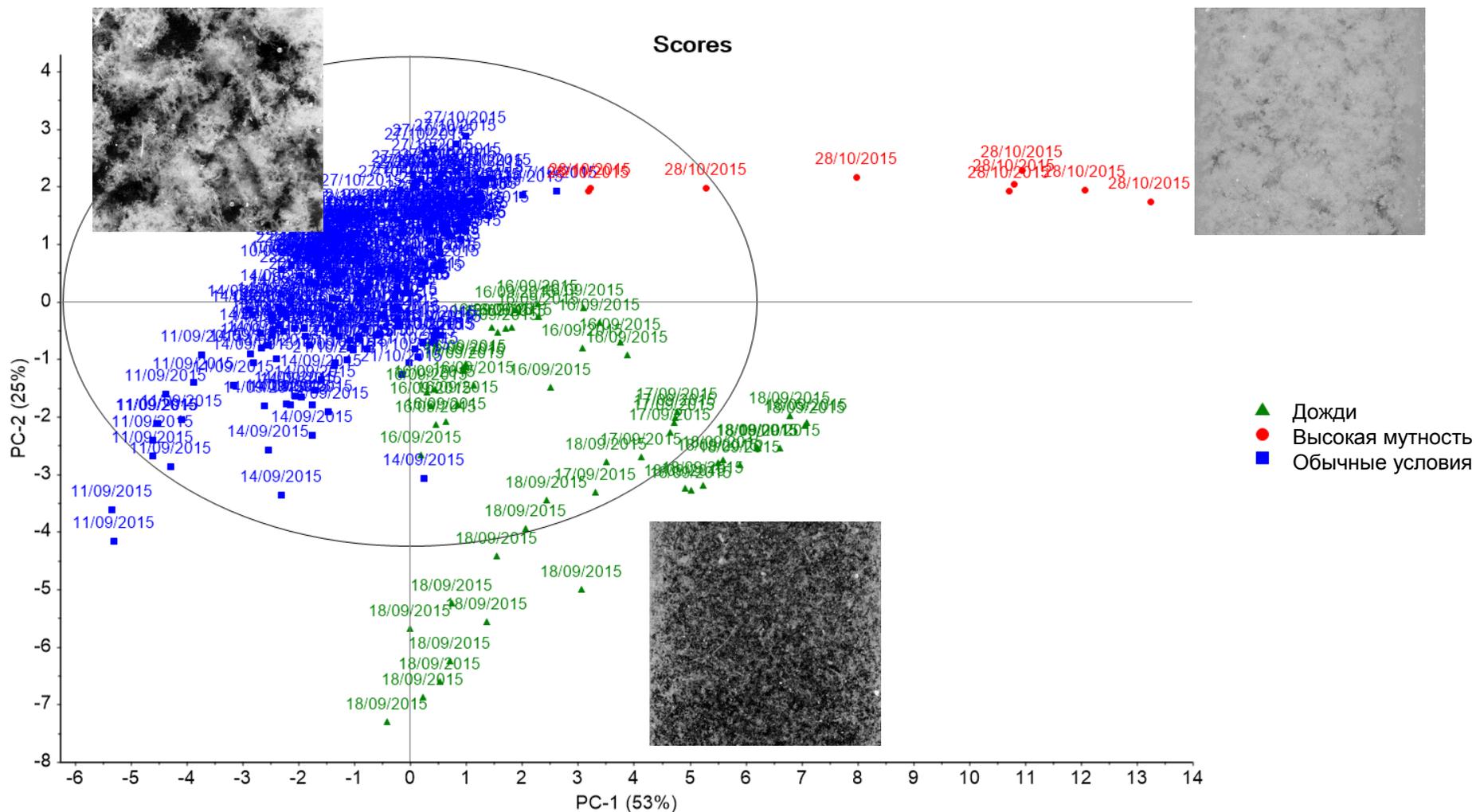
Пилотная установка



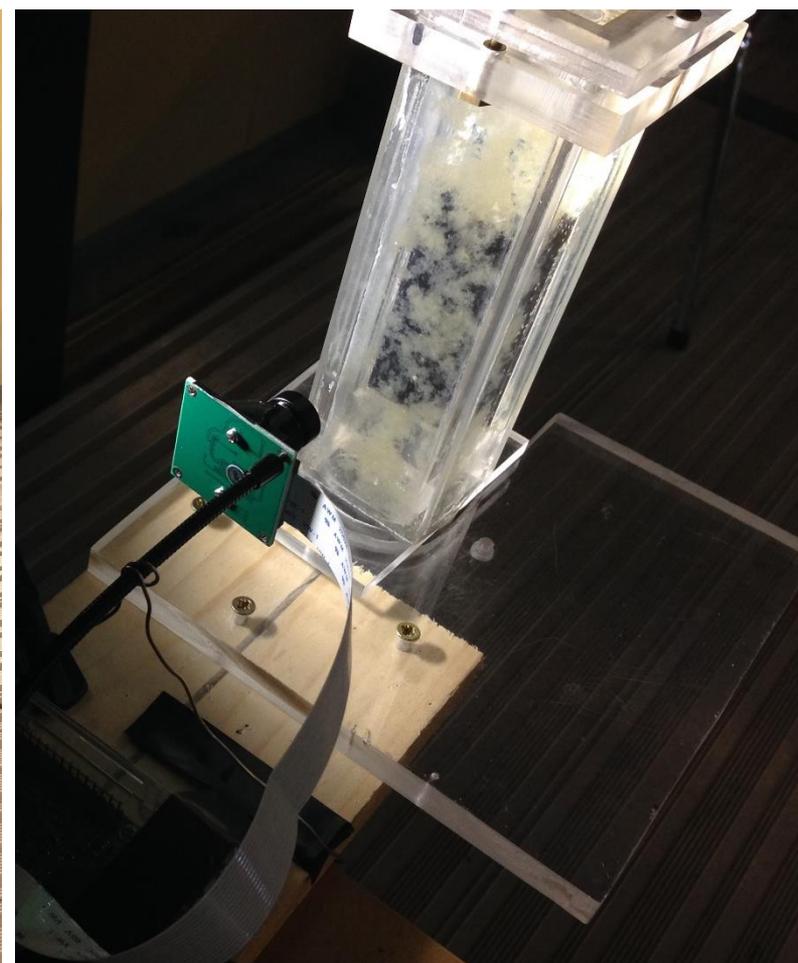
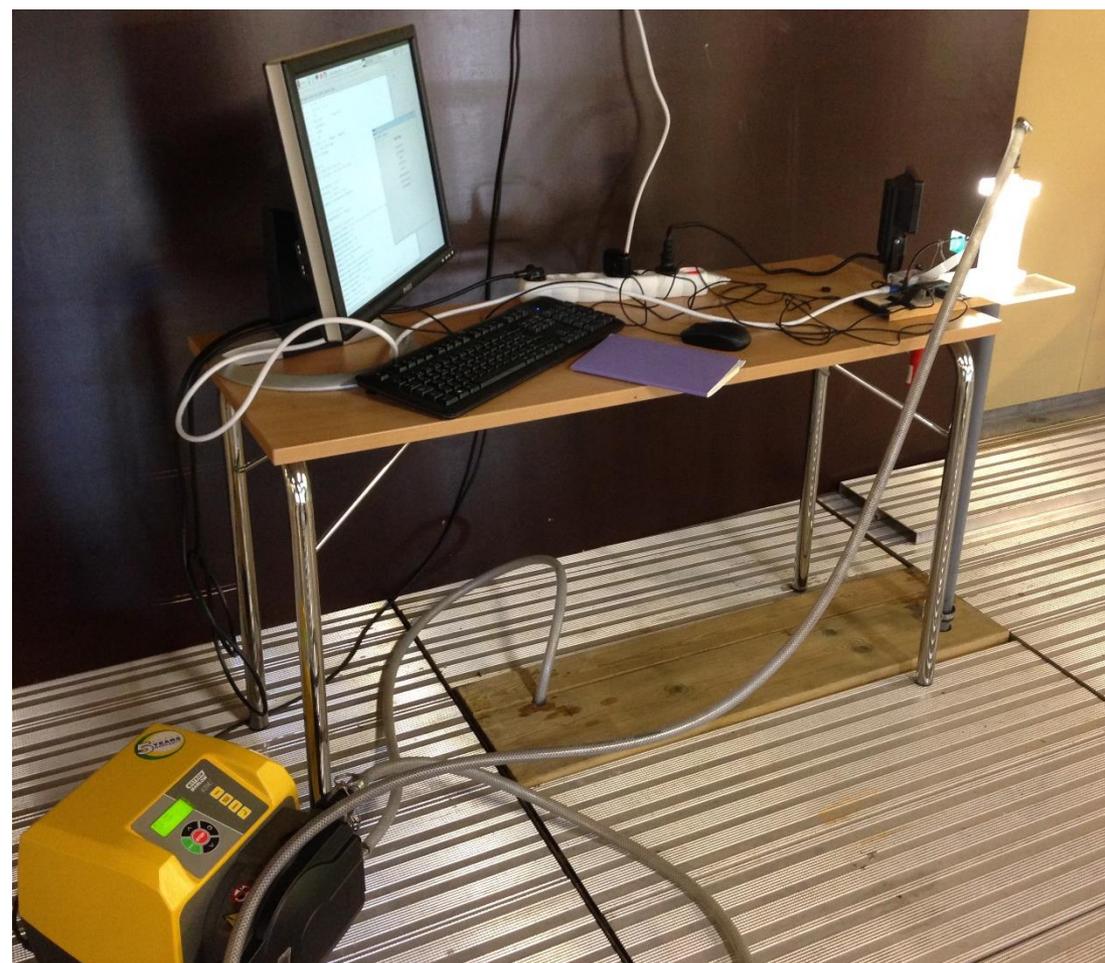
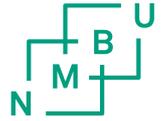
Скорость потока, флокки и остаточная мутность



Анализ принципиальных компонент (PCA) основании текстурных характеристик изображений флоков



Что дальше?





Выводы

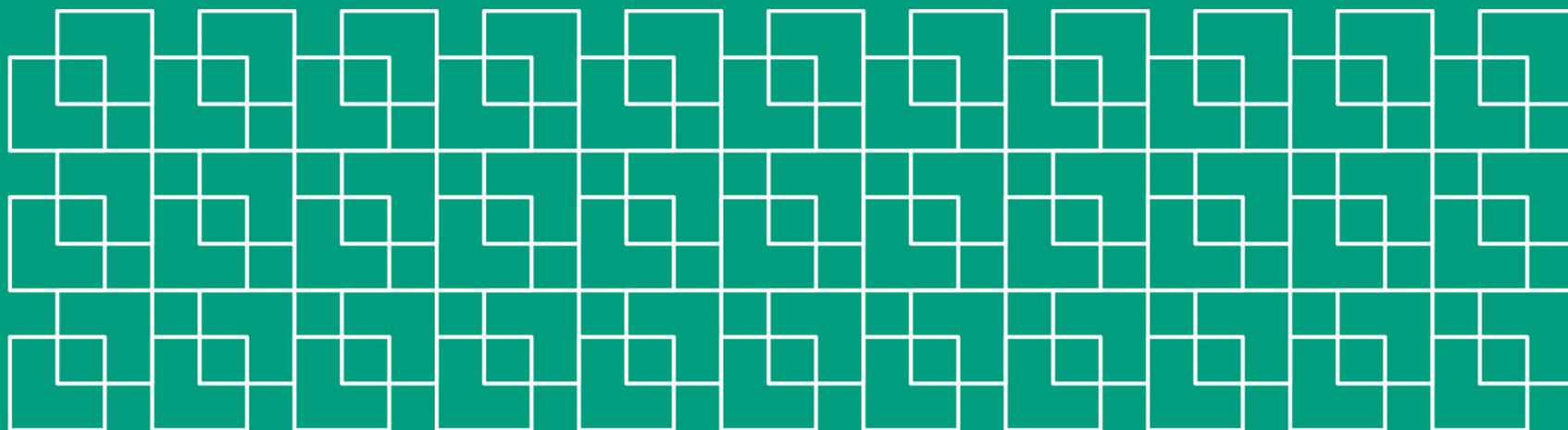
Изображения флоков дают четкую идентификацию изменений параметров исходной воды или дозы коагулянта

Потенциально возможно использовать технологию анализа изображений флоков он-лайн для предотвращения неоптимальных условий коагуляции и вычисления необходимой дозы коагулянта

Текстурный анализ изображений флоков является альтернативным привычному методу анализа каждой частицы отдельно для определения дозы коагулянта на заводах по очистке сточных вод

Спасибо за внимание!

e-mail: nasi@nmbu.no



Dosage prediction

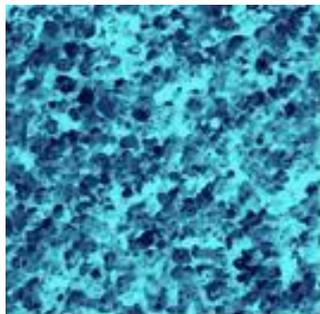


Prediction 1: $\text{Dose} = f(\text{water quality parameters})^*$

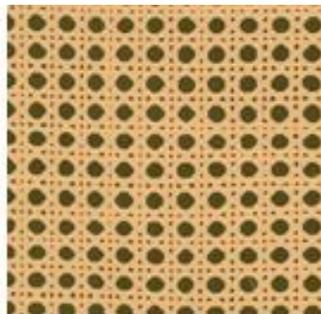
Prediction 2: $\text{Dose} = f(\text{water quality parameters} + \text{images texture features})$

* Prediction by DOSCON model, L. Manamperuma

Текстуры



D28



D101



D17



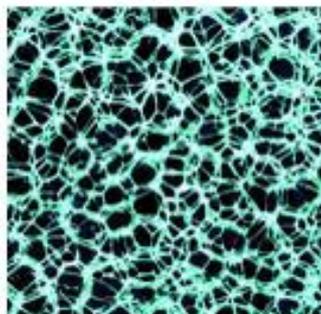
D64



D14



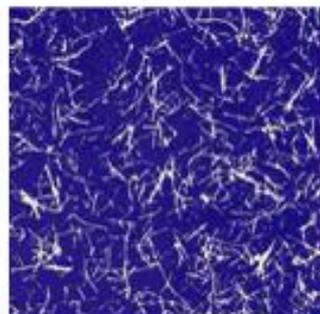
D95



D111



D44



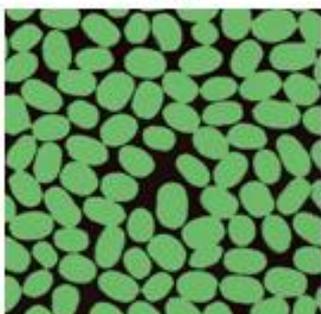
D109



D32



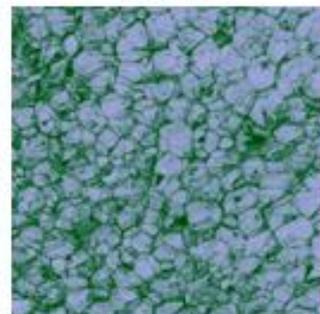
D99



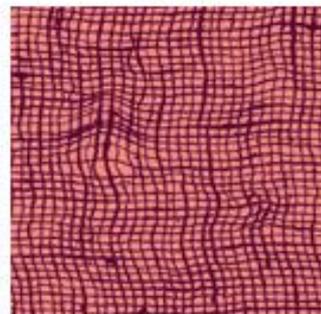
D75



D71

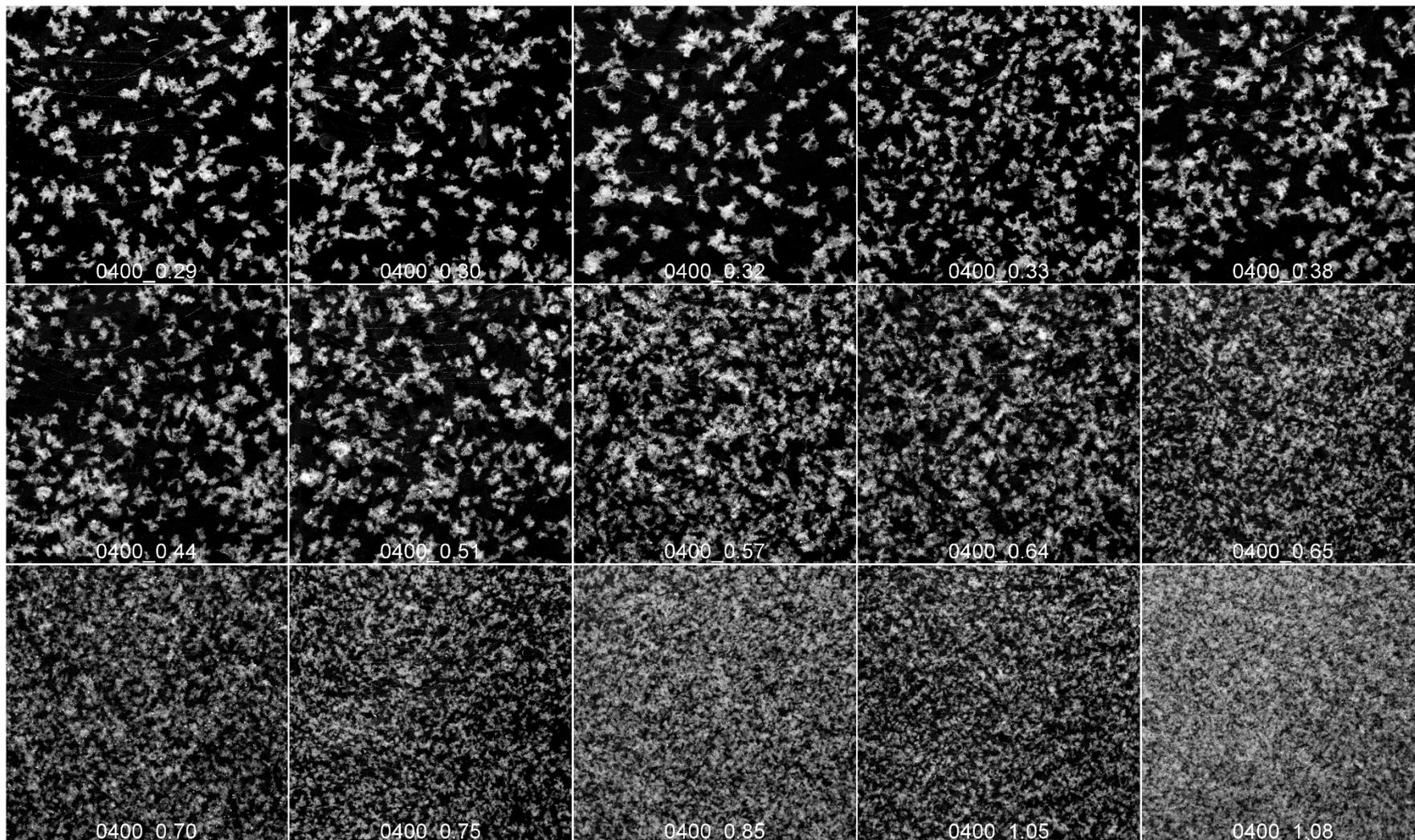


D112

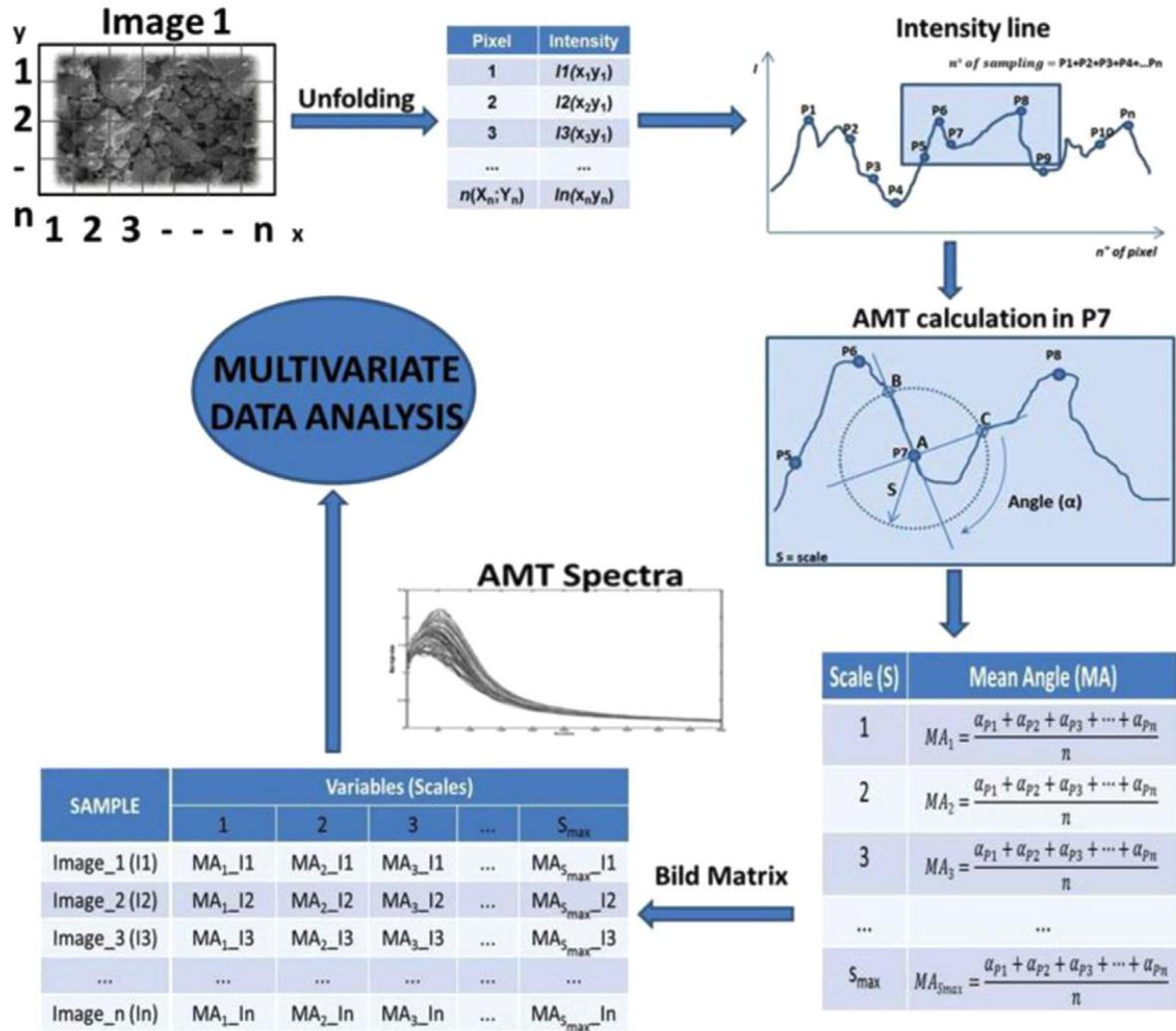


D104

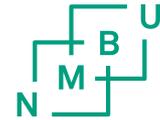
Различные дозировки коагулянта



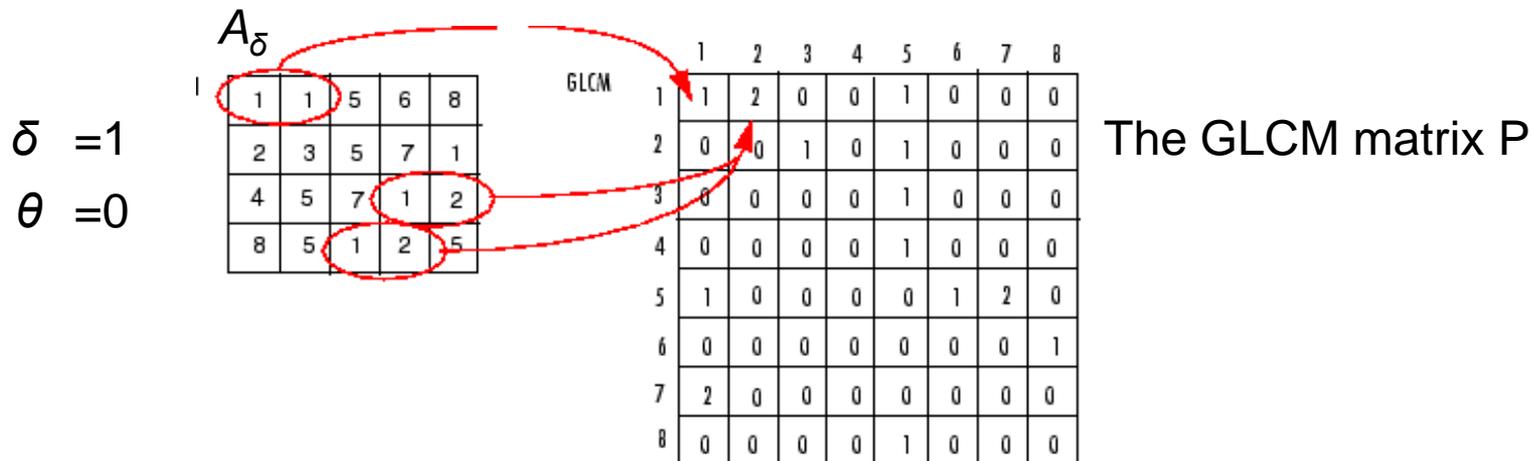
AMT – техника измерения углов



The gray level co-occurrence matrix (GLCM)



- Statistical calculations on the second-order histograms of the gray scale images.
- Calculate how often two pixels, in the matrix element $A_\delta(i, j)$, with intensity values i and j at a particular displacement distance δ from along a given direction θ (horizontally, vertically, or diagonally) occurs in the image



GLCM

The element $P(i,j)$ is the GLCM matrix Element!

- a) *Angular Second Moment or Energy (ENR)*: showing the uniformity of an image, is a measure of orderliness, energy is 1 for a constant image.

$$ASM = \sum_i \sum_j P^2(i,j)$$

$$ENR = \sqrt{ASM}$$

- b) *Contrast (CON)*: showing the amount of local variations present in an image, measure of contrast between pixel intensity and its neighbor over the whole image, contrast is 0 for a constant image.

$$CON = \sum_{n=0}^D n^2 \left(\sum_i \sum_{\substack{j \\ |i-j|=n}} P(i,j) \right)$$

- c) *Correlation (COR)*: measure the linear pixel dependencies.

$$COR = \frac{\sum_i \sum_j (ij)P(i,j) - \mu^2}{\sigma^2}$$

where, μ are the mean value of the matrix obtained from the equation below:

$$\mu = \sum_i \sum_j iP(i,j)$$

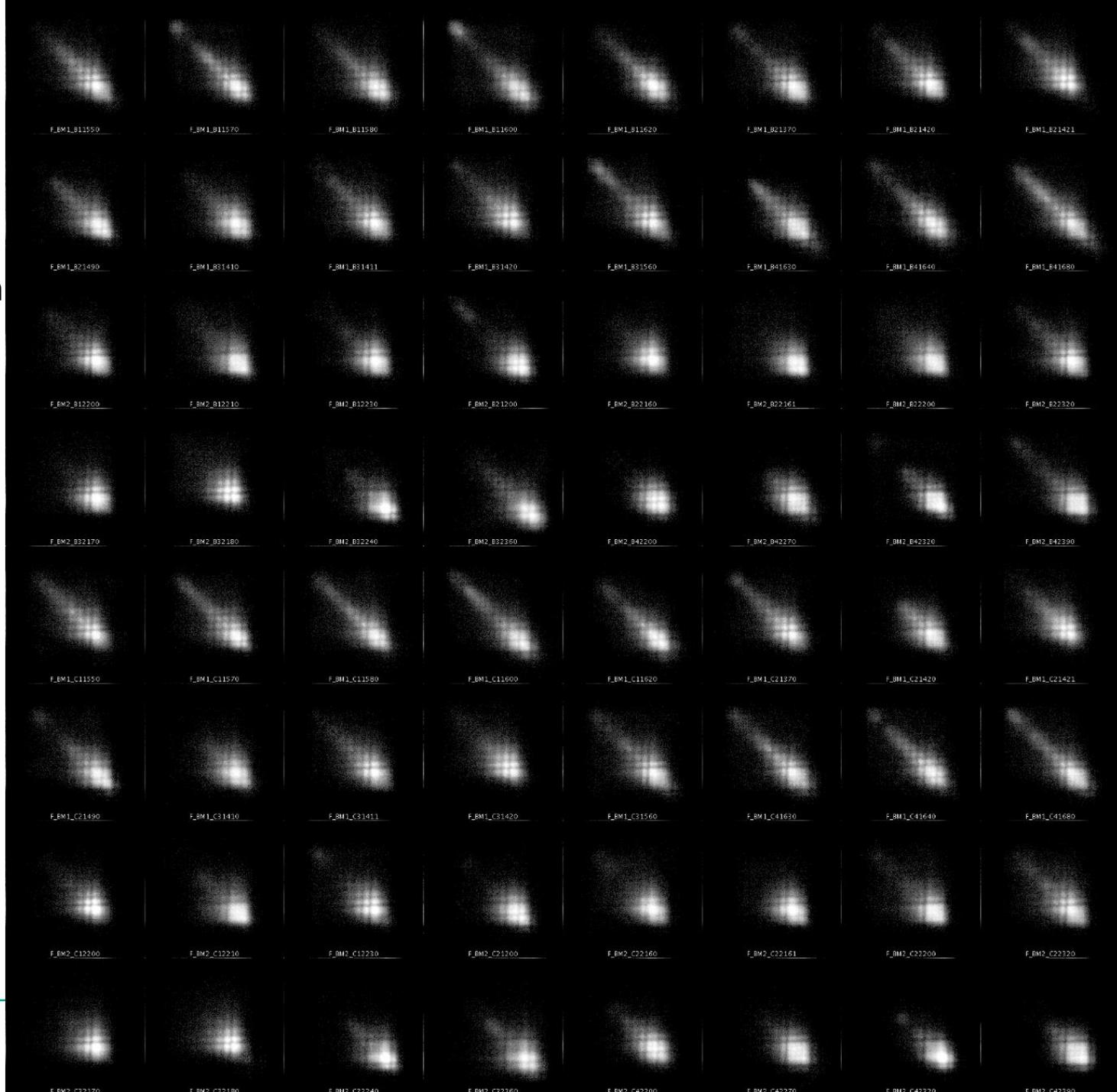
- d) *Entropy (ENT)*: is a measure of statistical randomness, it is related to a measure of the image disorder.

$$ENT = - \sum_i \sum_j P(i,j) \log(P(i,j)).$$



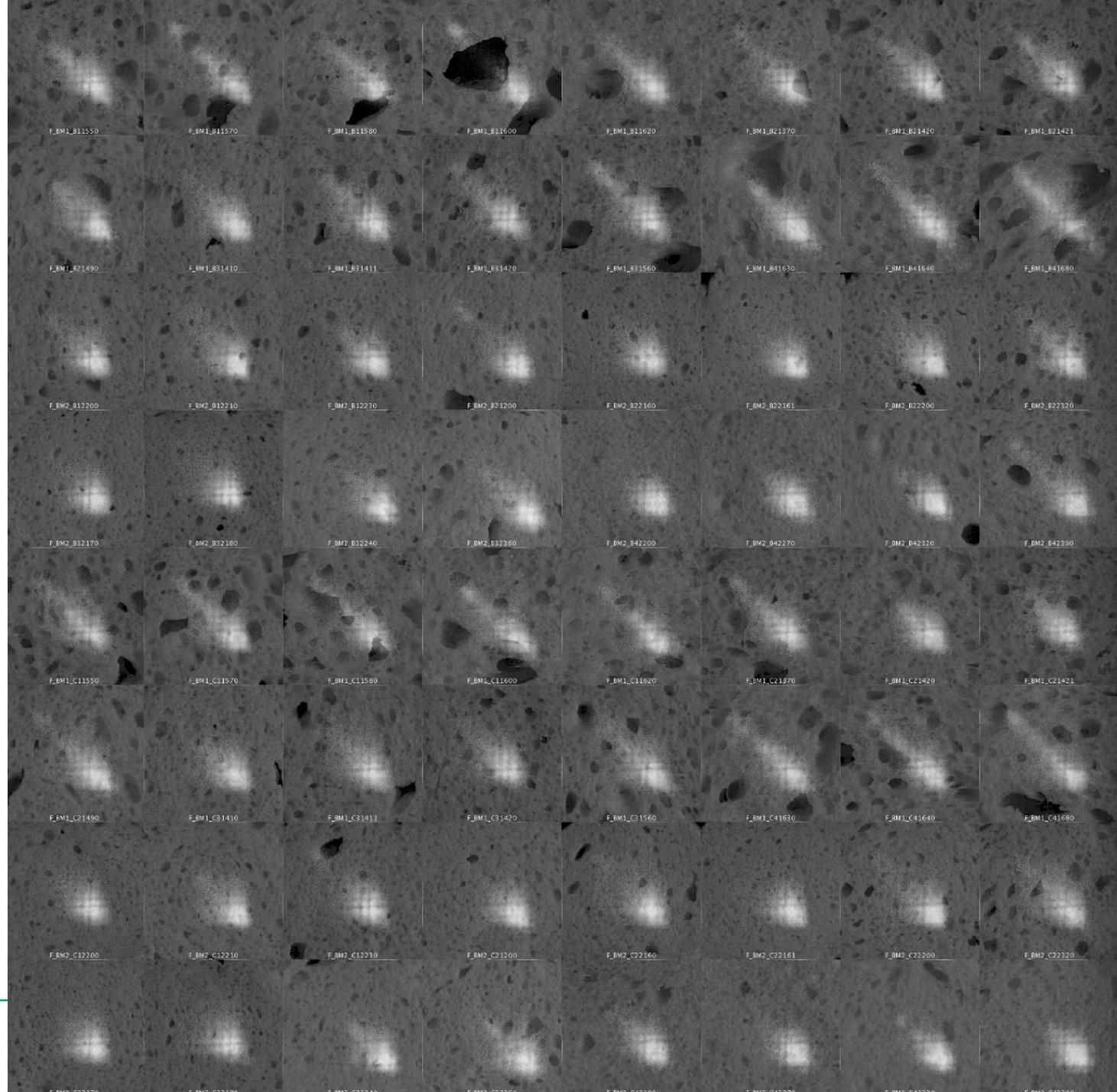
GLCM

Image Representation of GLCM



GLCM

GLCM
overlays
textures





CrossMark

CIVIL & ENVIRONMENTAL ENGINEERING | RESEARCH ARTICLE

Evaluation of image texture recognition techniques in application to wastewater coagulation

Nataliia Sivchenko^{1*}, Knut Kvaal¹ and Harsha Ratnaweera¹

Received: 31 March 2016
Accepted: 23 June 2016
First Published: 29 June 2016

*Corresponding author: Nataliia Sivchenko, Department of Mathematical Sciences and Technology, Norwegian University of Life Sciences, P.O. Box 5003-IMT, Aas 1432, Norway
E-mails: nataliia.sivchenko@gmail.com, nataliia.sivchenko@nmbu.no

Reviewing editor:
Yiu Fai Tsang, The Hong Kong Institute of Education, Hong Kong

Additional information is available at the end of the article

Abstract: Flocs formation and growth are important characteristics in wastewater coagulation process. The shape and size of flocs highly affect further separation processes, therefore resulting treatment efficiency of wastewater after coagulation. Observed images of flocs tend to show strong relations to coagulation parameters: dose and coagulation time. In this article, three texture recognition techniques were evaluated for the ability to mathematically describe the relationship between the images of flocs and coagulant dosages. The easily computable texture analysis methods were found to be potential techniques for the characterization of the particles images. Ten out of eleven co-occurrence matrix-based grey level co-occurrence matrix (GLCM) texture features were found to be significant for the dosage prediction by a principal component regression model with only one principal component. Two features (Inverse difference moment and Variance) were selected for the multiple linear regression model. Test set prediction accuracy varied from 83 to 96% depending on texture analysis method and multivariate model. Best dosage prediction and image classification results were achieved by GLCM and angle measure technique. The results of image texture analysis coupled with multivariate modelling techniques indicate that it is possible to characterize and relate flocs images, captured during coagulation, with different coagulant dosages, as well as predict those dosages.