

REAL-TIME PREDICTION OF PLUVIAL FLOODS AND INDUCED WATER CONTAMINATION IN URBAN AREAS

Lothar Fuchs¹, Thomas Graf², Uwe Haberlandt³, Heidi Kreibich⁴, Insa Neuweiler², Monika Sester⁵, Simon Berkahn¹, Yu Feng⁵, Aaron Peche², Viktor Rözer⁴, Robert Sämann², Bora Shehu³, Julian Wahl¹

¹Institute for technical and scientific hydrology, 30167 Hannover, Germany

²Leibniz University Hannover, Institute of Fluid Mechanics and Environmental Physics in Civil Engineering, 30167 Hannover, Germany

³Leibniz University Hannover, Institute of Hydrology and Water Resources Management, 30167 Hannover, Germany

⁴German Research Centre for Geosciences, 14473 Potsdam, Germany

⁵Leibniz University Hannover, Institute of Cartography and Geoinformatics, 30167 Hannover, Germany

* Corresponding author's e-mail: l.fuchs@itwh.de

SUMMARY: A forecast model for pluvial floods and their consequences is developed. It consists of the components: (1) short-term rainfall forecast using multiple data sources, among which are also Social Media and Volunteered Geographic Information (VGI) data; (2) a detailed 1D sewer and 2D surface flow model; (3) an Artificial Neural Networks-based flooding model for fast prediction of flooded areas; (4) a 3D subsurface model for saturated and variably saturated subsurface flow coupled with the 1D/2D model; (5) a particle based transport model for fast prediction of travel paths and times of contaminants after spill; and (6) a pluvial flood damage estimation model. The surface topography is based on a Digital Terrain Model refined by a Mobile Mapping Lidar.

KEYWORDS: Real-time forecast, pluvial floods, water contamination, crowd sourcing.

1. INTRODUCTION

Extreme rainfall leads to failure of drainage systems and flooding of the surface. A cascading potential damage is the accidental release of hazardous substances, which may endanger groundwater and surface water quality. We are developing a pluvial forecast model for rainfall, related flow, flow paths and times of contaminant transport in the sewer system, on the surface and subsurface and rapid damage estimation for the city of Hannover. Additional information about extreme rainfall and/or flooding is collected via mobile phone apps and analysing tweets. The structure of the pluvial flood forecast model consists of different sub-models, as shown in Fig. 1.

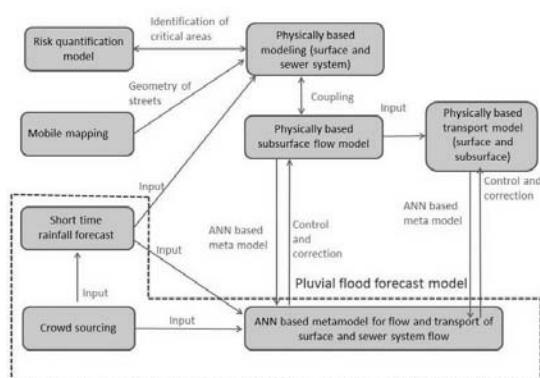


Fig. 1: Structure of the pluvial flood forecast model

2. SHORT TIME RAINFALL FORECAST

Accurate estimates of rainfall intensities with high spatial and temporal resolution are crucial for predicting flows and issuing adequately pluvial flood warnings. Radar data are used nowadays as a rainfall product for the urban models to distinguish, track and predict the movement of rainfall storms (Achleitner et al., 2009; Li et al., 1995). Nevertheless, the estimation and prediction of rainfall quantities from radar data still suffers from high errors (Seo et al., 1990). In this regard, the objective of this sub-project is to improve the rainfall quantification for pluvial flood now casting by 1) achieving a better representation of the rainfall field through merging different types of rainfall data sources, 2) developing a new forecast model for the city of Hannover with improved lead-time and 3) addressing the issue of uncertainty via ensemble members.

The present study is focused on the improvement of the precipitation estimates by merging radar and gauge data with a special focus on extreme events. Different techniques applied from hourly to daily durations have been investigated to merge appropriately the high spatial resolution of radar with the high accuracy of station data (Goudenhoofdt and Delobbe, 2009; Rabiei and Haberlandt, 2015). So far, only a few studies have investigated the merging on fine temporal resolution for urban flood forecasting (Berndt et al., 2014; Wang et

al., 2013). To investigate the benefit of merged in contrast to single rainfall data on 5 min time steps, three methods combining radar and gauge data are implemented here: mean field bias correction, quantile mapping based bias correction and conditional merging. Tab. 1 illustrates the methods used and their temporal window of combining station and radar intensities.

The study area is the Hannover radar range where data from 79 DWD gauges and radar station are available in 5 min time steps for the period 2006-2012. C-band radar data are provided by DWD as raw reflectivity with an azimuth angle of 1° and are converted to rainfall intensities according to the DWD Z-R

relationship ($Z=256R^{1.42}$) (Riedl, 1986; Seltmann, 1997). The merging methods are tested by split sampling over 80 pre-selected events and compared against raw radar data and kriging interpolation of stations. The performance criteria are calculated per station and event for time steps with rainfall intensities higher than a defined threshold. Since the study focusses on forecasting, the methods are implemented online where only past time steps are used as information for merging and the raw radar data are corrected by applying a simple clutter and erroneous beam correction as described in Berndt et al. (2014).

Tab. 1. Description of the products and merging methods used for the fine temporal (5 min) and spatial (1 km²) resolution of rainfall intensities *1.

Methods	Time window	Symbol
Raw radar data (ref.)	-	RR
Ordinary kriging interpolation of gauge data (ref.)	-	OK
Mean field bias of raw radar data	60 min	MFB
Quantile mapping based bias correction of raw radar data	180 min	QQ
Conditional merging of smoothed radar and gauge data	15 min	CM1
Conditional merging of MFB corrected radar and gauge data	60 min	CM2
Conditional merging of QQ corrected radar and gauge data	180 min	CM3

*1 Readers are guided to Berndt et al., (2014), Rabiei and Haberlandt (2015) and Seo et al. (1999) for further description of the methods.

From Fig. 2 it is visible that not all of the methods have an advantage towards the single data source. All the three performance criteria show that the conditional merging based on smoothed radar data (CM1) outperforms the other merging methods. Fig. 3 illustrates the benefit of using CM1 towards the single data sources RR (green) and OK (blue). Compared to radar data, the use of CM improves considerably the RMSE and the BIAS by 20%, however decreases the

correlation by 0.2. The application of CM smoothens the radar information both in time and space before merging, resulting so in a lower correlation. Compared to the use of OK as well, the CM improves the performance of RMSE, BIAS and even correlation by respectively 15%, 20% and 0.25. The results show clearly the advantage of the selected merging method CM1 towards the single data source. This gives way to the application of the merging on forecasting and investigating how the merging improves the estimation of the existing forecast algorithms.

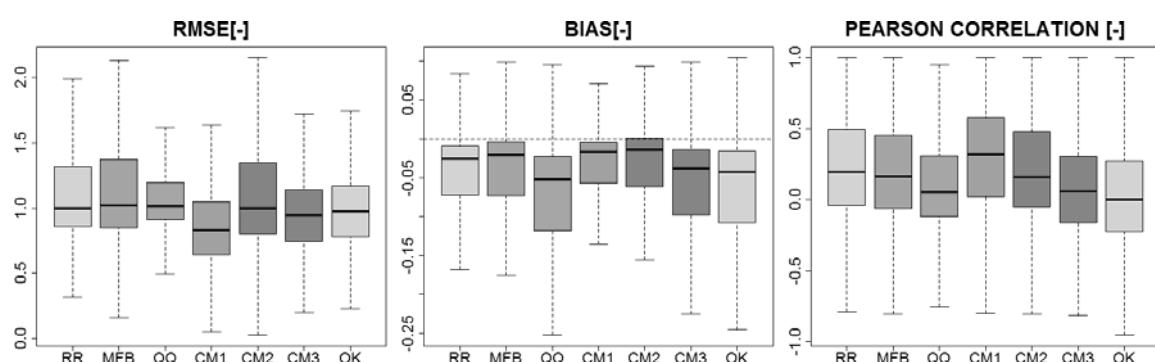


Fig. 2: The RMSE -normalized root mean square error (left), normalized bias (middle) and Pearson correlation (right) of the selected merging methods applied online. Boxplots represent station temporal errors for time steps higher $\geq 0.2 \text{ mm}/5 \text{ min}$ for all the events

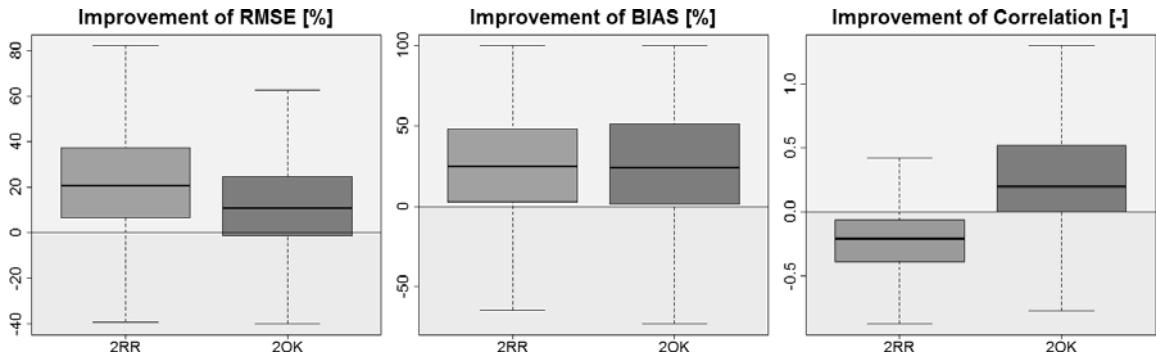


Fig. 3: Improvement of RMSE (left), bias (middle) and Pearson correlation (right) from comparison of CM1 with radar data (CM1vsRR - green) and with interpolation of station data (CM1vsOK - blue).

The boxplots represent improvement of all stations in all the events. The green/red areas of the plot indicate respectively that the CM1 performs better/worse than the single data

3. MODELLING ENVIRONMENT FOR SURFACE FLOW MODELLING

A coupled 1D/2D sewer and surface model (HYSTEM-EXTRAN 2D, itwh, 2015) is set up for the entire city using a 50 cm Digital Terrain Model (DTM). For fast forecasting of the flooding, we developed, tested and validated a meta-model based on Artificial Neural Networks (ANN) (Berkhahn et.al. 2017). Simulation times of the meta-model are sufficiently short to forecast pluvial floods.

For the test area in Hannover Oberricklingen, the DTM in the road area is refined to 10 cm by using data from a Mobile Mapping System with a 10 cm resolution. The Mobile Mapping System (MMS) captures very precise

3D-pointclouds in an area of approx. 200 m around the roads, which is accessible by the Laser. The test area has been measured with such a system and a DTM of roads in 10cm resolution [as shown in Fig. 4(a)] was generated using ground filtering algorithms (Wack, 2002). This DTM was merged with the 50cm resolution DTM product from the local land-surveying agency in order to fill the areas not covered by the MMS data. We applied interpolation to smooth unexpected height jumps at connecting borders of two DTMs. In this way, we improved the resolution of a 50cm resolution DTM in the road area to 10cm and achieved at the same time the completeness of data in the test area [Fig. 4(b), 4(c), 4(d)].

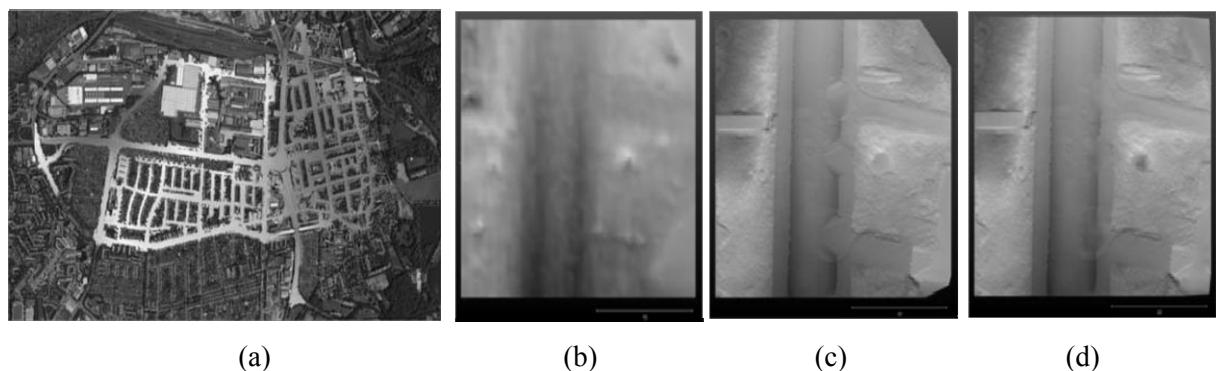


Fig. 4: Digital Terrain Model (DTM) generated from point cloud measured by the Mobile Mapping System (a). DTM from local land surveying agency in 50cm resolution (b), DTM measured by Mobile Mapping System in 10cm resolution (c) and DTM after merging (d)

4. SUBSURFACE FLOW MODEL

For the quantification of pluvial event-driven pipe leakage in an urban system a three-dimensional physically based subsurface flow model (SSFM) was developed. This model calculates saturated-unsaturated subsurface flow, pipe flow and exchange fluxes between defect pipes and the soil.

In order to generate the SSFM, the numerical pipe flow simulator HYSTEM-EXTRAN (itwh, 2015) was

coupled with the numerical groundwater simulator OpenGeoSys (Kolditz et al., 2012). That novel shared-memory coupling is based on a time step-wise (non-iterative) updating of boundary conditions and source terms. The coupled SSFM was successfully validated and verified by numerically reproducing results from two transient physical experiments and one steady-state analytical solution.

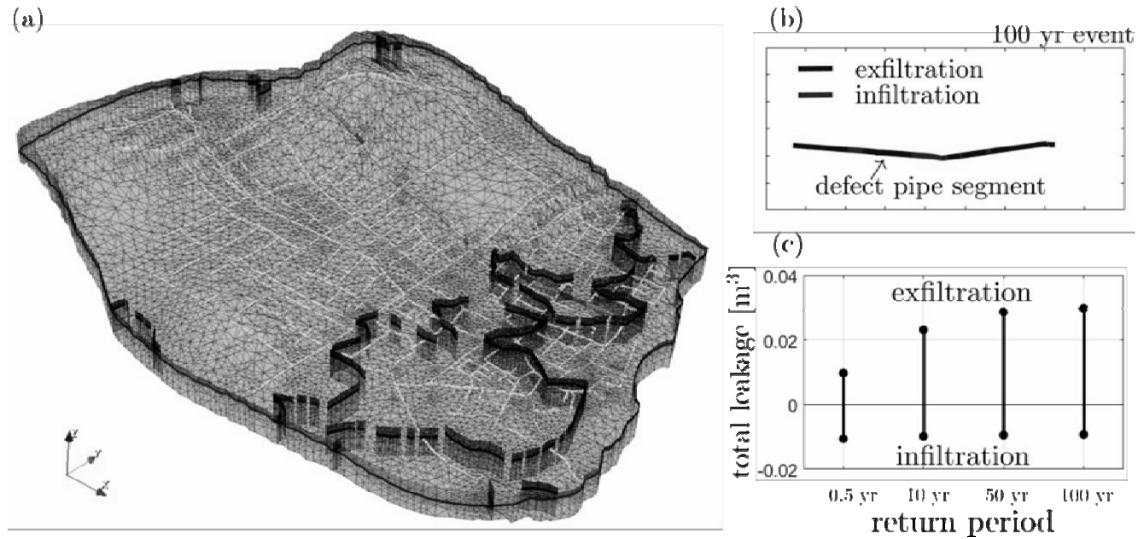


Fig. 5: (a) Model domain and numerical grid of a catchment scale SSFM simulation. Grey colors indicate the full pipe network, colorful pipes the defect pipe section, the subsurface pressure distribution is given in blueish (positive) and reddish (negative) colors. (b) Exfiltration and infiltration in the defect pipe segment. (c) Total leakage for each simulated event

The SSFM was applied to a series of transient problems on different scales: single pipe defects, street scale defects and catchment scale defects. For simulations on a scale bigger than the single defect scale, pipe leakage was up scaled using novel transfer functions derived from numerical simulations. This upscaling enables a significant reduction in computation time.

A visualization of the model domain of a catchment scale simulation is given in Fig. 5 (a). In that model, a series of quadratic standard defects after Karpf (2012) was distributed along the pipes in a hypothetical scenario. Strong pluvial block rain events of 100 year, 50 year, 10 year and 0.5 year return periods (for a city located in northern Germany) and hourly duration were simulated and the total leakage volume was quantified. Fig. 5 (b) shows the locations within the defect pipe segment where pipe water exfiltrated into the subsurface (exfiltration) and where groundwater infiltrated into the pipe segment (infiltration). Fig. 5 (c) shows total leakage in form of exfiltration and infiltration and for each pluvial event.

5. PARTICLE BASED TRANSPORT MODEL

Due to high water levels during pluvial flooding, the risk of mobilization of potentially dangerous substances increases. High precipitation may lead to exceeding the capacity of urban drainage systems, resulting in interaction flow between pipes and surface via manholes and street inlets, so that the transport paths are not necessarily clear. One aim of the project is to develop a real time contaminant spreading forecasting model, which helps civil protection and disaster management authorities to deal with hazardous substances in case that they are spilled during a pluvial flood event. Temporal

connections between pipes due to overland flow as well as due to possibly reversed flow directions create complex dynamic flow patterns. The problem for the project is that computation times are long when solute transport is calculated coupled to a hydrodynamic model. Therefore, a particle based transport model for fast prediction of travel paths of contaminants has been setup that is independent of the hydraulic model, but reads in velocities at given time steps. Advection, mixing and dispersion is captured in the model by using a time explicit random-walk approach (Banton et al., 1997).

Particles represent a solute mass in a drainage network after an accidental spill. Assuming that injected substances have a negligible volume, they do not affect the flow field. Also, density effects are neglected. A dynamic flow field, matching the actual heavy rainfall event, is chosen from an assembly of pre-calculated simulations using a Nearest-Neighbor approach (Lall & Sharma, 1996). The selected flow field is used to calculate the advective transport velocity in a one dimensional pipe network. Diffusion and mixing are accounted for with a random jump in each time step, scaled with the square root of a dispersion factor of $2 \text{ m}^2/\text{s}$ (Schlüter & Mark, 2003). The particle transport model is validated against a finite volume model with very fine spatial and temporal discretization, reproducing a concentration peak in a pipe with a discharge wave after several kilometers. The advantage of this particle model is the easy way to track the path of contaminants. Another benefit is its conservation of mass and the low numerical diffusion, which is essential for a good prediction of solute concentration.

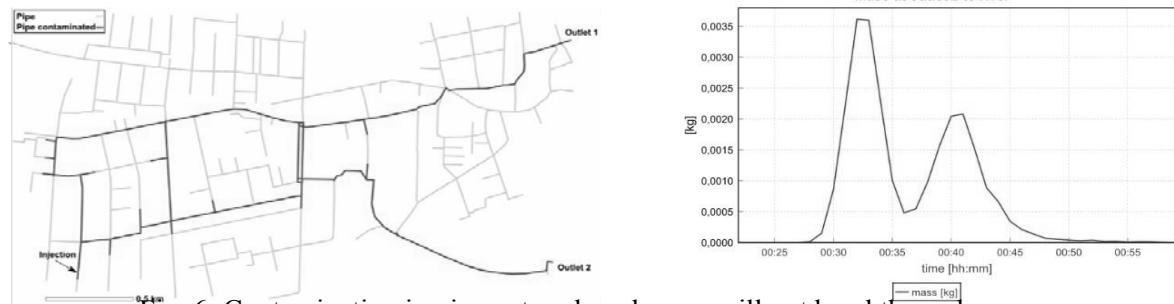


Fig. 6: Contamination in pipe network and mass spill out breakthrough curve.

An example of the model is shown above. A scenario spill event was run and the model shows clearly contaminated pipes and a breakthrough curve with two mass peaks at an outlet. These peaks were created by a split at a junction in the pipe system and a later reunion (Fig. 6).

The model is also coupled to a surface flow model to take storage in ponds and transport with overland flow on streets into account. A detailed description can be found in “Lagrangian particle transport model for real-time solute spreading forecasting in an urban drainage system” (Sämann et al., 2017)

6. RISK QUANTIFICATION

To quantify the pluvial flood risk, we will combine the flow model with a pluvial flood damage model. We develop a new probabilistic multi-variable damage estimation model based on empirical data. First, a tree-based machine-learning algorithm is used to identify

the most important damage influencing factors out of a set of 35 candidate variables. Second, the most important variables are used to derive the pluvial flood damage estimation model by learning a Bayesian Network (BN). By inherently providing quantitative uncertainty information and the possibility to include expert knowledge, the BN damage model is expected to outperform existing approaches in terms of spatial and temporal transfer (Schröter et al. 2014).

7. CROWD SOURCING FOR DISTRIBUTED DATA ACQUISITION

A fast developing method for data acquisition is crowd sourcing, which aims at collecting useful information containing location information from voluntarily users. For collecting crowd-sourcing information, exchanging of necessary information between subprojects and visualizing of the prediction results, we propose a data infrastructure (Fig. 7).

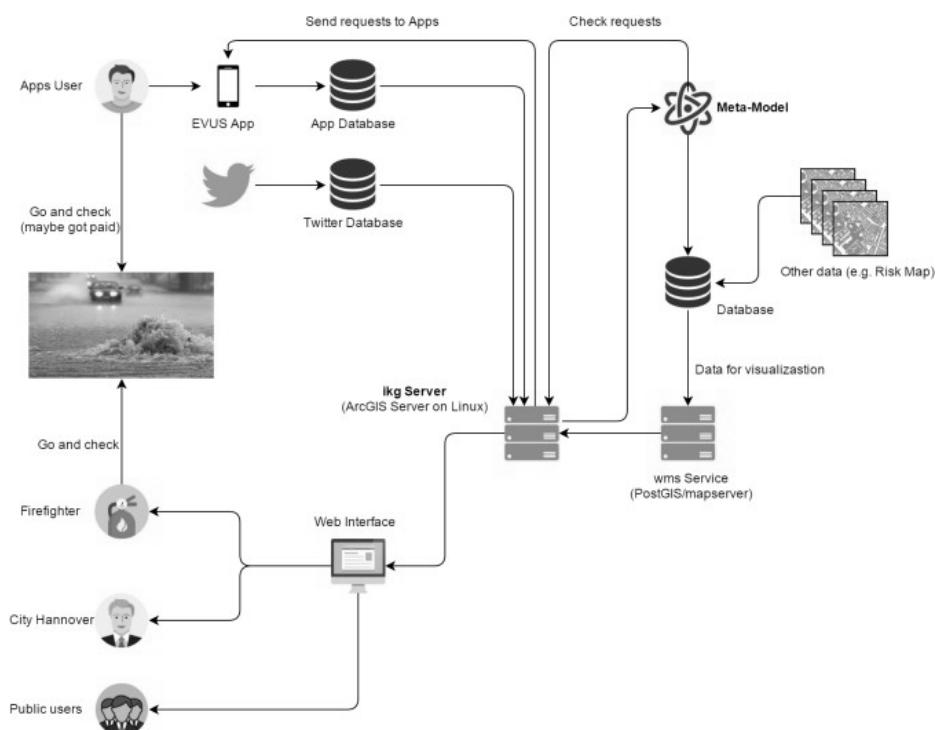


Fig. 7: Design of data infrastructure for EVUS project.

Reports from users are collected with two approaches, a participatory approach and an opportunistic approach. For the participatory approach, it requires a conscious and active participation by the users. To this end, we developed a mobile phone app to collect reports from users, which contains their location and our desired information, such as rain intensity, range of inundation area, and occurrence of contaminations (Fig. 8). For the

opportunistic approach, information is acquired in a quasi-unconscious and passive manner. Therefore, we developed an approach to identify and localize rainfall events from social media (Feng & Sester, 2017). As Twitter provides access to users' posts in real-time, we developed algorithms based on Natural Language Processing and spatiotemporal clustering to extract rainfall-relevant events from geo-tagged Tweets (Fig. 8).



Fig. 8: Screenshots of the mobile phone app designed for collecting pluvial flood relevant data (Left). Extracted spatiotemporal clusters in west Europe on Jun. 23 2016 (Right).

The crowd sourcing information then serves as necessary inputs for contaminants movement analysis and short time rainfall forecasting. Finally, the results will be visualized in a web interface and will be made available for city governors, fire fighters and public users in Hannover (Fig. 7).

8. CONCLUSIONS

The model environment has been developed and tested for a sub-catchment. The individual models are developed and will be further tested, enhanced and validated. First experiments with processing of crowd sourcing of rainfall event data have been conducted. Images from social media platforms will be analyzed with Deep Learning approaches to investigate their potential for rainfall event detection. In a next step, the modelling system will be implemented for the entire city of Hannover. The complementation of pluvial flood warning with information about potential flood impacts is an innovative enhancement to better support decision making in emergency management.

9. ACKNOWLEDGMENT

The research is being conducted within the BMBF funded research project "EVUS-Real-Time Prediction of Pluvial Floods and Induced Water Contamination in Urban Areas" (BMBF, 03G0846B). Radar and rain gauge data provided by the German Weather Service (DWD). Aerial photographs and cadastral maps provided by Geoinformation (land-surveying agency)/city of Hannover.

REFERENCES

- [1] Achleitner, S., Fach, S., Einfalt, T. & Rauch, W. 2009 Nowcasting of rainfall and of combined sewage flow in urban drainage systems. *Water Science and Technology*, 59: 1145-51.
- [2] Banton, O., Delay, F., & Porel, G. 1997 A New Time Domain Random Walk Method for Solute Transport in 1-D Heterogeneous Media. *Ground Water*, 35(6), 1008-1013.
- [3] Berkahn, S., Fuchs, L., & Neuweiler, I. 2017 Artificial neural network for two-dimensional urban flood simulation and real-time forecasting. *Proc. 17th ICUD*, Prague.
- [4] Berndt, C., Rabiei, E. & Haberlandt, U. 2014 Geostatistical merging of rain gauge and radar data for high temporal resolutions and various station density scenarios. *Journal of Hydrology*, 508: 88-101.
- [5] Feng, Y. & Sester, M. 2017 Social media as a rainfall indicator. In: *Bregt, A., Sarjakoski, T., Lammeren*.
- [6] R. van, Rip, F. (Eds.). *Societal Geo-Innovation: short papers, posters and poster abstracts of the 20th AGILE Conference on Geo-graphic Information Science*, Wageningen, the Netherlands.
- [7] Goudensoofdt, E., Delobbe, L. 2009 Evaluation of radar-gauge merging methods for quantitative precipitation estimates. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 13: 195-203.
- [8] itwh 2015 *Kanalnetzberechnung/Überflutungsberechnung. HYSTEM-EXTRAN 2D Modell- beschreibung*,

- (Sewer and flooding simulation – HYSTEM-EXTRAN 2D, model description) Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hannover.
- [9] Karpf, C. (2012). Modellierung der Interaktion zwischen Grundwasser und Kanalisation (Modelling the interaction between groundwater and sewer system). Dissertation, Technical University Dresden.
- [10] Kolditz, O., Bauer, S., Bilke, L., Böttcher, N., Delfs, J.O., Fischer, T., Görke, U.J., Kalbacher, T., Kosakowski, G., McDermott, C.I., Park, C.H., Radu, F., Rink, K., Shao, H., Sun, F., Sun, Y.Y., Singh, A.K.,
- [11] Taron, J., Walther, M., Wang, W., Watanabe, N., Wu, Y., Xie, M., Xu, W. & Zehner, B. 2012 OpenGeoSys: An open-source initiative for numerical simulation of thermo-hydro-mechanical/chemical (THM/C) processes in porous media. Environmental Earth Sciences, 67(2), 589–599.
- [12] Lall, U. & Sharma, A. 1996 A nearest neighbor bootstrap for resampling hydrological time series. Wat. Resour. Res., 32: 679-693.
- [14] Li, L., Schmid, W. & Joss, J. 1995 Nowcasting of motion and growth of precipitation with radar over a complex orography. J Appl Meteorol 34: 1286-300.
- [15] Rabiei, E. & Haberlandt, U. 2015 Applying bias correction for merging rain gauge and radar data. Journal of Hydrology 522, 544-557.
- [17] Riedl, J. 1986 Radar-Flächenniederschlagsmessung. Promet, 20-23.
- [18] Sämann, R., Graf, T. & Neuweiler, I. 2017 Lagrangean particle transport model for real-time solute spreading forecasting in an urban drainage system. Proc. 17th ICUD, Prague.
- [19] Schlüter, F. & Mark, O. 2003 Dynamic modelling of pollutants from CSOs. Water Science and Technology, 47(4), 149-156.
- [20] Schröter, K., Kreibich, H., Vogel, K., Riggelsen, C., Scherbaum, F. & Merz, B. 2014 How useful are complex flood damage models? Water Resources Research, 50(4), 3378-3395.
- [21] Seltmann, J. 1997 Radarforschung in DWD: Vom Scan zum Produkt, Promet, 32-42.
- [22] Seo, D.-J., Breidenbach, J. & Johnson, E. 1999 Real time estimation of mean field bias in radar rainfall data. Journal of Hydrology 223, 131-147.
- [23] Wack, R. & Wimmer, A. 2002 Digital terrain models from airborne laserscanner data grid based approach. International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34(3/B), pp.293-296.
- [24] Wang, L.P., Ochoa-Rodriguez, S., Simoes, N. E., Onof, C. & Maskimovic, C. 2013 Radar-raingauge data combination techniques: a revision and analysis of their suitability for urban hydrology. Water science and technology, 68.4, 737-747.

THIẾT KẾ KIẾN TRÚC MẪU NHÀ Ở CÔNG NHÂN THEO PHƯƠNG PHÁP MÔ-ĐUN HÓA

ARCHITECTURAL DESIGN OF HOUSING MODEL FOR WORKERS BY MODULARIZATION METHOD

TS. KTS. Nguyễn Dũng¹ KTS. Nguyễn Tùng Lâm²

¹Viện Khoa học công nghệ xây dựng, Email: dungkts62@gmail.com

²Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.

TÓM TẮT: “Theo thống kê của Tổng liên đoàn Lao động Việt Nam, hiện cả nước có 2,8 triệu công nhân tại các khu công nghiệp, khu chế xuất, trong đó có 1,7 triệu người có nhu cầu về nhà ở. Trong khi đó, theo số liệu từ Bộ Xây dựng, trên phạm vi cả nước, mới hoàn thành đầu tư xây dựng 87 dự án nhà ở xã hội cho công nhân khu công nghiệp, quy mô xây dựng khoảng 28.800 căn hộ, mới đáp ứng được gần 28% nhu cầu về nhà ở cho công nhân. Như vậy, số lượng nhà ở cần đầu tư xây dựng để đáp ứng nhu cầu về nhà ở cho công nhân khu công nghiệp là rất lớn”. Để đáp ứng nhu cầu về nhà ở cho công nhân, cần nghiên cứu ứng dụng công nghệ sản xuất nhà hàng loạt để rút ngắn thời gian thi công và hạ giá thành xây dựng. Thiết kế kiến trúc mẫu nhà ở công nhân trên cơ sở mô đun hóa trong nghiên cứu này là bước khởi đầu nhằm triển khai một dự án nghiên cứu lớn hơn trong tương lai gần.

TỪ KHÓA: Nhà ở công nhân, mô-đun hóa.

ABSTRACT: "According to statistics of the Vietnam General Confederation of Labor, at present, there are 2.8 million workers in industrial zones and export processing zones in the country, of which 1.7 million need housing. Meanwhile, according to data from the Ministry of Construction, the country only meets nearly 28% of demand for housing for workers. Thus, the number of houses that need to be built to meet the demand for housing for workers in industrial zones is huge". In order to meet the demand for housing for workers, it is necessary to study and apply the technology of mass production to shorten construction time and lower construction costs. A sample of architectural design typical of worker housing by modularization method in this study is the first step to implement a larger research project in the near future.

KEYWORDS: Housing for workers, modularization method.

1. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ MẪU NHÀ Ở CÔNG NHÂN TRONG NUỚC

Kể từ năm 2005 khi Luật Nhà ở đề cập tới chính sách phát triển nhà ở xã hội và sau đó, năm 2009 khi Chính phủ ban hành Nghị quyết số 18/NQ-CP “Về một số cơ chế, chính sách nhằm đẩy mạnh phát triển nhà ở cho học sinh, sinh viên các cơ sở đào tạo và nhà ở cho công nhân lao động tại các khu công nghiệp tập trung, người có thu nhập thấp tại khu vực đô thị”, nhà ở xã hội nói chung và nhà công nhân nói riêng đã thực sự được toàn xã hội quan tâm và đầu tư phát triển. Nhiều nghiên cứu, thiết kế về các mẫu nhà ở công nhân đã được đề xuất và các khu nhà ở công nhân được hình thành cũng ngày một nhiều. Điển hình có Công ty Sam Sung Bắc Ninh đang hỗ trợ xây dựng nhà cho hàng nghìn công nhân tại khu công nghiệp Yên Phong, Bắc Ninh. Công ty Sam Sung Thái Nguyên đã đầu tư xây dựng khoảng 2.470 căn hộ tại Khu công nghiệp Yên Bình 1, tỉnh Thái Nguyên để giải quyết chỗ ở cho khoảng 20.000 công nhân. Tổng công ty Vinaconex cũng đã hoàn thành 1.100 căn hộ đáp ứng cho khoảng 5.500 công nhân tại Khu công nghiệp

Kim Chung, Đông Anh, Hà Nội... Tại phía Nam, Tổng công ty Becamex Bình Dương đã hoàn thành đầu tư xây dựng trên 3.500 căn hộ cho công nhân tại Bình Dương, Tổng công ty IDICO (Bộ Xây dựng) đã hoàn thành đầu tư xây dựng khoảng 1.100 căn hộ cho công nhân tại tỉnh Đồng Nai. Trên địa bàn tỉnh Hà Nam hiện đang triển khai hai dự án nhà ở cho công nhân, một dự án do Tổng Liên đoàn Lao động Việt Nam thực hiện với diện tích 4,2 ha và một dự án xã hội hóa do tư nhận tự bỏ tiền đầu tư, được triển khai trên khu đất rộng 2.000 m². [1]



Hình 1. Nhà ở công nhân tại Công ty Sam Sung, khu công nghiệp Yên Phong, Bắc Ninh. Ảnh: Nguyễn Dũng



Hình 2. Nhà ở công nhân tại khu công nghiệp Hiệp Phuộc. Ảnh: sưu tầm.

Năm 2012, Sở Xây dựng thành phố Hà Nội cũng đã công bố Bộ thiết kế cơ sở mẫu nhà ở xã hội, nhà ở cho người có thu nhập thấp, nhà ở phục vụ di dân giải phóng mặt bằng, nhà ở cho học sinh, sinh viên các cơ sở đào tạo và nhà ở cho công nhân lao động tại các KCN tập trung xây dựng trên địa bàn thành phố Hà Nội. “Theo đó, Bộ thiết kế cơ sở mẫu nhà ở trên bao gồm 25 tập, trong đó có 3 tập thiết kế cơ sở Mẫu nhà ở xã hội; 10 tập thiết kế cơ sở Mẫu nhà ở cho người thu nhập thấp; 5 tập thiết kế cơ sở Mẫu nhà ở phục vụ di dân GPMB; 3 tập thiết kế cơ sở Mẫu nhà ở học sinh, sinh viên các cơ sở đào tạo và 4 tập thiết kế cơ sở Mẫu nhà ở công nhân lao động tại các khu công nghiệp tập trung. Riêng dự án nhà ở xã hội sử dụng vốn ngân sách đều phải nghiên cứu áp dụng mẫu được công bố trong Bộ thiết kế cơ sở mẫu nhà ở này”. [2]



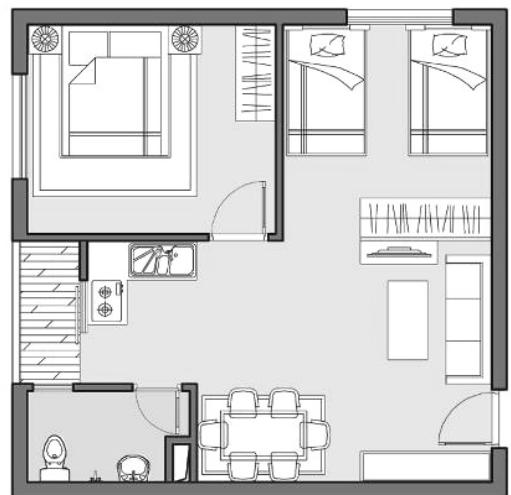
Hình 3. Một mẫu thiết kế điển hình nhà ở công nhân trong bộ thiết kế mẫu của Hà Nội. [3]



Hình 4. Một mẫu nhà ở công nhân trong bộ thiết kế mẫu điển hình của Bộ Xây dựng. [3]



Hình 5. Mẫu nhà ở công nhân của VINACONEX Xuân Mai. [3]



Hình 6. Mặt bằng căn hộ điển hình, nhà ở công nhân trong bộ thiết kế mẫu của Hà Nội. [3]

Các thiết kế mẫu nói trên đã được nghiên cứu trên cơ sở kinh nghiệm từ việc thực hiện các dự án nhà ở trên địa bàn Hà Nội trong thời gian qua. Tuy nhiên, các thiết kế mẫu mới chú trọng vào điển hình hóa về:

- Chỉ tiêu diện tích ở, diện tích khu phụ (vệ sinh, phơi đồ...);
- Kích thước trang thiết bị phục vụ sinh hoạt các nhân hàng ngày và không gian cần thiết để sử dụng các trang thiết bị;
- Nhân trắc người Việt Nam;
- Diễn hình về cấu kiện (sử dụng cấu kiện lắp ghép của bê tông Xuân Mai);
- Diễn hình về trang thiết bị vệ sinh (Viglacera).

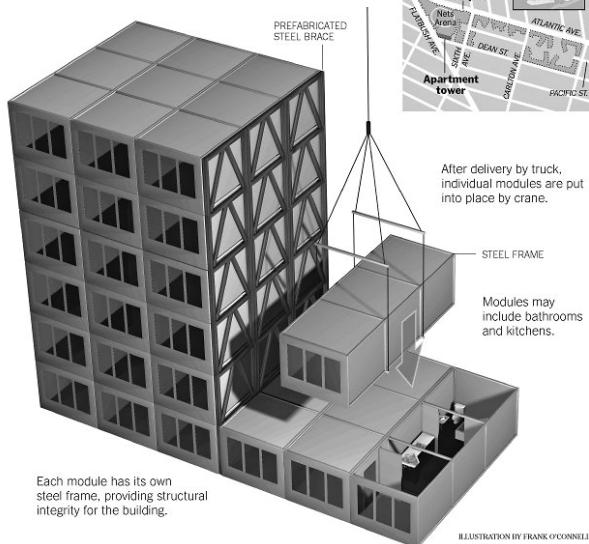
Các mẫu chưa đề cập tới khả năng ứng dụng công nghệ sản xuất nhà hàng loạt nhằm tăng năng suất và hạ giá thành. Trên thực tế, các khu nhà ở công nhân trong cả nước đều được xây dựng theo phương pháp truyền thống (xây dựng đơn chiếc theo các công nghệ xây dựng thông thường như nhà xây gạch, nhà khung bê tông cốt thép đổ tại chỗ có tường xây gạch...).

2. CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG NHÀ TIỀN CHẾ TRÊN THẾ GIỚI

Khi thực hiện khảo sát ở nước ngoài hoặc tìm hiểu trên mạng, chúng ta có thể thấy công nghệ tiền chế trong xây dựng nhà đã có từ rất lâu, đã trở thành phổ biến bởi tính ưu việt về chất lượng thi công cao, thời gian thi công nhanh và giá thành hạ.

A Modular High-Rise

The developer of Atlantic Yards in Brooklyn is exploring plans to build what would be the tallest prefabricated steel structure in the world, a 34-story apartment building. The "modules" could be built in a factory and bolted together on-site, as in this hypothetical section:



Hình 7. Một số hình ảnh về thi công xây dựng nhà theo công nghệ tiền chế (ảnh sưu tầm)

2.1. Công ty Guerdon

Xây dựng kiểu mô-đun, nơi các tòa nhà được tạo ra trong các điều kiện giống như nhà máy và sau đó

được lắp ráp tại chỗ, không phải là mới. Các ngôi nhà già đình đơn lẻ kiểu mô-đun không đắt tiền đã trở thành một yếu tố chủ chốt trong nhiều thập kỷ ở Hoa Kỳ và trên thế giới, và xây dựng mô-đun cho các tòa nhà thương mại như căn hộ và khách sạn đã trở thành tiêu chuẩn ở Châu Âu và Trung Quốc trong nhiều năm. Guerdon xây dựng các dự án của mình cho Canada và 10 bang miền Tây. Ngoài ra, chi phí vận chuyển các mô-đun tới công trường là không đáng kể. Lý do chính cho sự tăng trưởng mô-đun là chi phí lao động giảm và chất lượng sản phẩm tăng. Công ty đang phát triển mạnh ở Idaho. Công ty đã ngừng xây dựng nhà mô-đun gia đình đơn lẻ gần 20 năm trước và chuyển sang các tòa nhà chung cư và sau đó là nhà "trại nam" (man camp) cần thiết trong thời gian bùng nổ dầu ở Bắc Dakota từ khoảng năm 2009 đến năm 2014. Công ty xây dựng khách sạn đầu tiên cho công nhân công ty dầu mỏ ở Stanley, ND và sau đó được Marriott thuê xây khách sạn kiểu mô-đun đầu tiên của chuỗi ở Folsom, Calif.

2.2. Sáng kiến Marriott

Xây dựng kiểu mô-đun, đôi khi sử dụng container vận chuyển, đã trở nên rất phổ biến trong các nhà xây dựng nhà nhỏ và trong số các chủ nhà tìm cách cắt giảm lượng khí thải carbon của họ. Nhưng phải mất một thời gian để mô-đun được chấp nhận trong các lĩnh vực kinh doanh chính của Hoa Kỳ như xây dựng khách sạn. Marriott đã dẫn đầu ngành khách sạn sử dụng mô-đun, và là khách hàng đầu tiên khi Guerdon bước vào hoạt động xây dựng khách sạn khoảng năm năm trước. Nay giờ, Guerdon đang làm việc cho các dự án của Holiday Inn Express, Hampton Inn and Suites và Hyatt. Một lợi thế của việc xây dựng mô-đun là công việc có thể bắt đầu trên các phòng của khách sạn ở tại nhà máy trong khi công trường đang được triển khai ở một nơi khác.

Các phòng khách sạn ở mới Dual-branded Marriott Hotel gần Los Angeles, dự kiến sẽ mở vào năm 2018. Cấu trúc sẽ là một khách sạn kiểu mô-đun, được tạo thành từ các khối được tạo ra trong suốt sáu tháng trên sàn nhà máy của công ty Guerdon Enterprises LLC của Boise và sau đó được vận chuyển đến L.A. để được lắp ráp trên công trường. Đó là một phương thức xây dựng đang trở nên phổ biến hơn khi các nhà xây dựng khách sạn tìm cách tiết kiệm thời gian và tiền bạc. Marriott bắt đầu nghiên cứu xây dựng mô-đun vào năm 2014 và bắt đầu sử dụng mô-đun vào năm 2015. Trong một hội nghị vào mùa xuân năm đó tại Los Angeles, Marriott đã trình diễn (ra mắt) phòng khách Courtyard by Marriott do Guerdon sản xuất. Chuỗi khách sạn đã công bố ngày 1 tháng 5 rằng họ dự kiến sẽ ký 50 giao dịch khách sạn trong năm nay sử dụng phòng khách hoặc phòng tắm đúc sẵn. Marriott đã mở một khách sạn theo sáng kiến kiểu mô-đun, 97 phòng nghỉ của Fairfield Inn & Suites ở Folsom, Calif., do Geurdon sản xuất tại nhà

máy. Thêm bốn chiếc Marriot được xây dựng bởi Guerdon đang được xây dựng ở Pullman, Wash., thành phố Oklahoma, Louisville, Kentucky và Chapel Hill, N.C.

"Xây dựng là biên giới tiếp theo cho sự đổi mới, và mô-đun đang dẫn đầu," Eric Jacobs, giám đốc phát triển của Select Brands, Bắc Mỹ, một thương hiệu trung cấp của Marriott cho biết.



Hình 8. Một mô-đun có chứa hai dãy phòng khách sạn hoàn chỉnh được xây dựng trong nhà máy Boerdon's Boise được đặt ở vị trí trong khuôn viên của Đại học Washington State ở Pullman, Wash, mô-đun này là một trong số 62 phòng tạo nên Courtyard by Marriott với 114 phòng. Ảnh: Guerdon. [4]



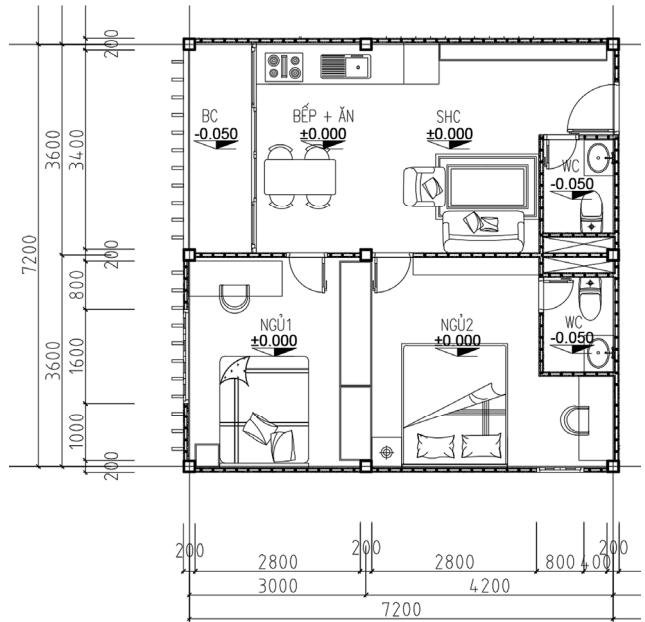
Hình 9. Các công nhân đang kết nối các mô-đun trong quá trình lắp đặt cầu của Bricktown AC by Marriott ở thành phố Oklahoma. Tám mươi mốt mô-đun, tất cả được xây dựng trong nhà máy Boerdon's Boise, đến với nhau để tạo nên khách sạn gồm 142 phòng. Ảnh: Guerdon. [4]

3. THIẾT KẾ MẪU NHÀ Ở CÔNG NHÂN THEO PHƯƠNG PHÁP MÔ-ĐUN HÓA

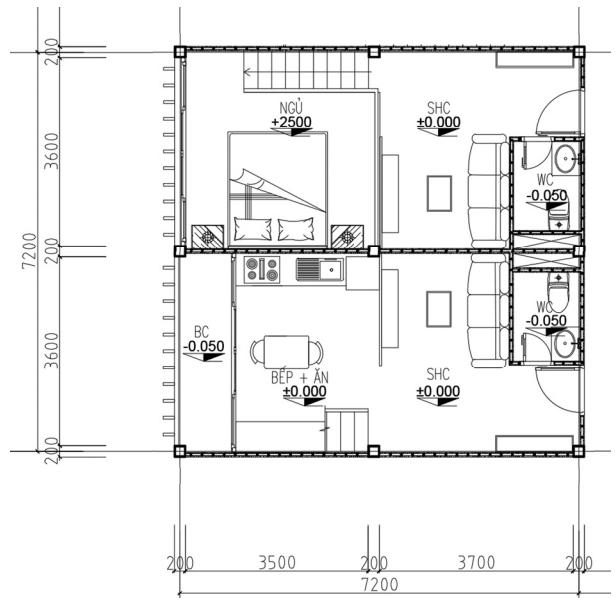
Căn cứ vào các nhu cầu cơ bản của người công nhân, các yêu cầu về không gian sống tối thiểu cho người công nhân được tính toán trên cơ sở *khoi tich toi thieu dam bao ve sinh* [5], nhóm tác giả đề xuất các chỉ tiêu ở về diện tích như sau:

- Mỗi hộ được tính cho tối đa cho 04 người (hai người lớn, hai trẻ em);
- Diện tích căn hộ: $35 - 50 \text{ m}^2$;

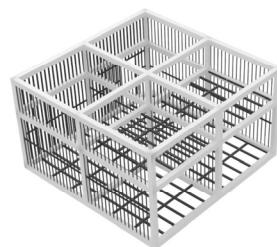
- 01 buồng vệ sinh (có tắm đứng): $2,4\text{m}^2$;
- 01 lô gia (đa chức năng): 3m^2 .



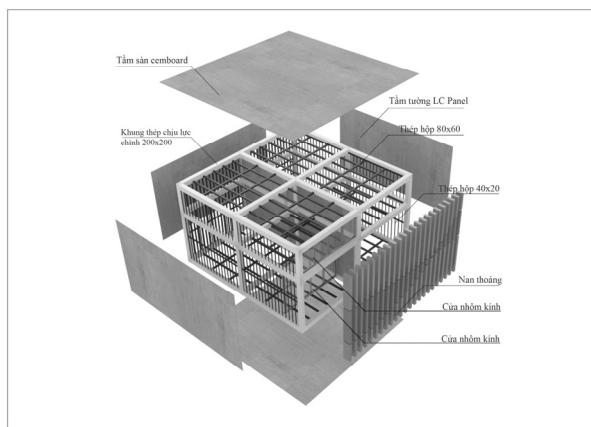
Hình 10. Mẫu mô-đun A. Căn hộ có 3 buồng (2 buồng ngủ), diện tích $51,8\text{m}^2$; mỗi căn hộ tạo thành 1 mô-đun có các cạnh bằng $7,2\text{m} \times 7,2\text{m} \times 3\text{m}$



Hình 11. Mẫu mô-đun B. Căn hộ 1 buồng (26m^2) và một gác lửng (13m^2); cứ 2 căn hộ tạo thành một mô-đun hình hộp có các cạnh bằng $7,2\text{m} \times 7,2\text{m} \times 4,5\text{m}$



Hình 12. Các mô-đun có kết cấu bằng hệ khung thép



Hình 13. Các mô-đun được bao che bằng vật liệu hoàn thiện nhẹ, lắp ghép

Các mô-đun được liên kết với nhau theo phương đứng và theo phương ngang qua hệ khớp nối để tạo thành một tổ hợp công trình có nhiều tầng, nhiều căn hộ một cách tùy biến, linh hoạt. Mặt đứng của các căn hộ cũng được lắp dựng theo các mẫu thiết kế có họa tiết và màu sắc khác nhau, tạo nên các khối nhà có mặt đứng khác nhau, phong phú về kiểu dáng và màu sắc và có thể thay đổi được.

Giữa các mô-đun căn hộ là các cầu kiện lắp ghép tạo thành hành lang tầng, cầu thang.



Hình 14. Một mẫu nhà lắp ghép đang được nghiên cứu triển khai tại Viện KHCN Xây dựng



Hình 15. Thi công tấm sàn nhẹ Cemboard

Hệ khung tạo mô-đun bằng hợp kim hoặc vật liệu hỗn hợp đảm bảo độ cứng nhưng nhẹ và chống cháy.

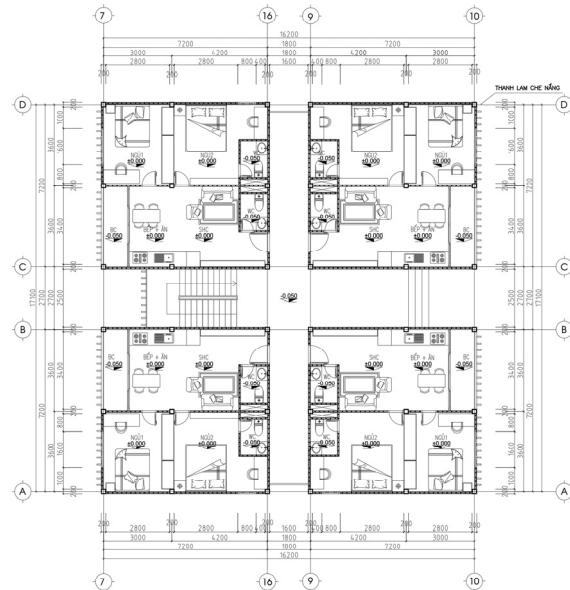
Vật liệu bao che các mô-đun là các vật liệu nhẹ, có khả năng cách âm, cách nhiệt, chống cháy và chống thấm tốt (khá phong phú, đa dạng và phổ biến hiện nay như tấm bê tông nhẹ ALC, LC, tấm thạch cao, tấm cemboard...).

Hệ thống cửa đi, cửa sổ, mặt dựng được làm bằng các vật liệu thông thường như gỗ công nghiệp, nhôm, kính.

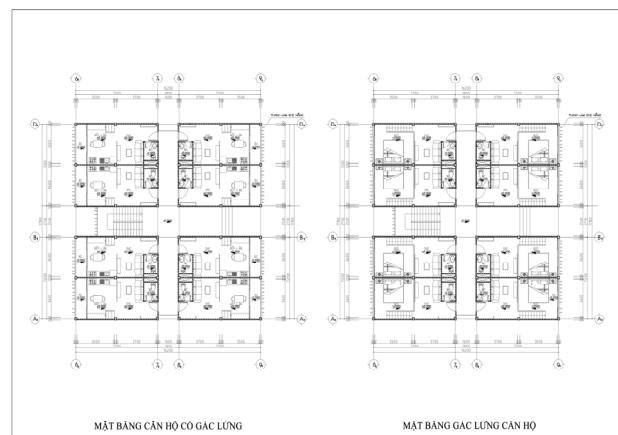
Mặt đứng sử dụng các thanh bê tông chuyên dụng, vật liệu composite hoặc hợp kim nhôm.

Trên nóc buồng thang đặt bể nước.

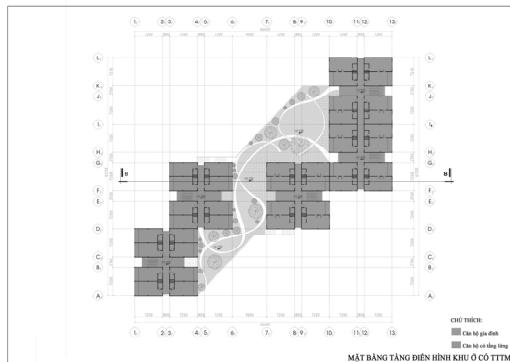
Mái nhà có thể được đặt các tấm pin năng lượng mặt trời, trồng cây xanh, cây thủy sinh để tăng giá cải thiện đời sống, hoặc để dùng chung cho các hoạt động phơi phỏng, hóng mát, vui chơi...



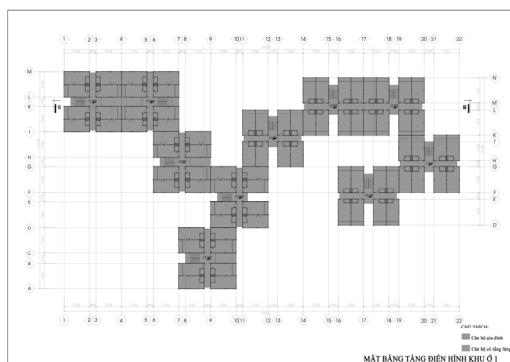
Hình 16a. Các mô-đun A và B được tổ hợp thành các nhóm căn hộ để tạo nên một khối nhà ở



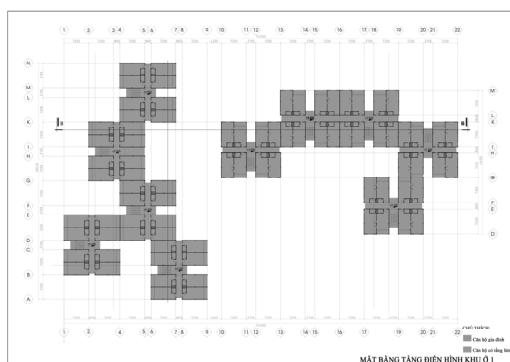
Hình 16b. Các mô-đun A và B được tổ hợp thành các nhóm căn hộ để tạo nên một khối nhà ở



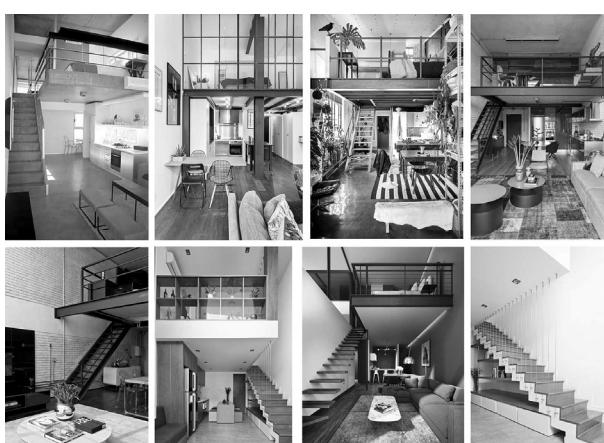
Hình 17a. Các nhóm căn hộ được tổ hợp theo nhiều phương án khác nhau tạo nên các khu ở



Hình 17b. Các nhóm căn hộ được tổ hợp theo nhiều phương án khác nhau tạo nên các khu ở



Hình 17c. Các nhóm căn hộ được tổ hợp theo nhiều phương án khác nhau tạo nên các khu ở



Hình 18. Minh họa nội thất căn hộ có gác lửng



Hình 19. Mô hình minh họa một khu nhà ở công nhân theo phương pháp mô-đun hóa



Hình 20. Phối cảnh minh họa một khu nhà ở công nhân theo phương pháp mô-đun hóa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://dautubds.baodautu.vn/nha-o-cong-nhan-moi-dat-28-nhu-cau-d77969.html>.
- [2] https://hanoi.gov.vn/huong_toi_dai_hoi_dang/-/hn/FJNMIsYREDd4/7320/100985/5/cong-bo-bo-thiet-ke-co-so-cac-mau-nha-o-xa-hoi.html;jsessionid=S+F4zcHBbTCEGKIT-avn7QVP.app2.
- [3] Bộ thiết kế cơ sở mẫu nhà ở xã hội tại Hội nghị công bố mẫu thiết kế điển hình nhà ở xã hội trên địa bàn thành phố Hà Nội ngày 04/11/2010 của UBND TP. Hà Nội.
- [4] <https://idahobusinessreview.com/2017/07/06/piecing-it-together-hotels-turn-to-modular-construction-for-savings-in-money-and-time/>.
- [5] Nguyễn Dũng (2013). *Nhà ở công nhân – Cơ sở khoa học tổ chức không gian sống*. Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học kỷ niệm 50 năm ngày thành lập Viện KHCN Xây dựng. Phần 1.



BỘ XÂY DỰNG

Ministry of Construction

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG - IBST

Vietnam Institute for Building Science and Technology

Địa chỉ: 81 Trần Cung - Nghĩa Tân - Cầu Giấy - Hà Nội - Việt Nam

Add.: 81 Trancung - Nghiatan - Caugiai - Hanoi - Vietnam

Tel.: +84.24.37544196 - Fax: +84.24.38361197

Email: vkhcnxd@ibst.vn - Website: www.ibst.vn

ISBN: 978-604-82-2586-5

A standard barcode representing the ISBN number.

9 786048 225865