

PŘÍBĚH PRVOKA

Kateřina Nováková

Vznik týmu Scoolpt

Příběh Prvoka musíme i v časopise Beton začít plastem, neboť osobně se zabývám recyklací PET materiálů v architektuře a Jiří Vele je odborníkem na 3D tisk všemožných materiálů a práci s roboty, kterými 3D tiskárny tak trochu jsou.

V experimentálním studiu Pet-mat a na Fakultě architektury ČVUT jsme měli možnost sbírat zkušenosti i rozšiřovat své znalosti v oblasti 3D tisku a v celém projektu jsme tak nositeli know-how, jak prakticky využívat této nové technologie. Seznámením se sochařem Michalem Trpákem naše činnost akcelerovala ve smyslu převodu analogového sochařského umění do digitální formy a produkce pomocí programování počítačů a robotů.

Na jaře 2019 jsme se poprvé pustili do 3D tisku betonu v rámci akce Umění ve městě a za pochodu se učili, jak celá technologie funguje. Producenti za námi sami chodili, abychom zkusili tisknout z jejich směsí.

2



3a



1

„Beton mne baví z mnoha ohledů: dá se formovat, tvarovat ať už litím do formy, nebo přímo modelováním, stříkáním, vrstvením. Dá se s ním různorodě pracovat...“

Michal Trpák

Úspěšně jsme otestovali směs Weber, Isotropico a Rapido, s Fakultou dopravní ČVUT jsme testovali jejich nově vyvíjenou betonovou směs s příměsí popílku. Naše snažení vypadalo slibně a v září 2019 jsme v týmu Trpák, Nováková, Vele založili společnost Scoolpt zaměřující se na 3D tisk z betonu. Nakonec nám společnost BASF, resp. zástupce Master Builders Solutions Luboš Matzner nabídl spolupráci na vývoji speciálního cementového kompozitu a na přelomu roku 2019 a 2020 jsme ji začali důkladně testovat na vzorcích možných designů stěn Prvoka.

Softwarové modelování

Díky Jirkovým skicám a modelování v softwarových programech začal

3b



vznikat systém dvou oddělených stěn: vnitřní stěna obsahovala hřebíkovou výztuž vyztužené sloupky a byla navržena jako nosná a vnější stěna připomínající svým tvarem vodní hladinu byla programována jako samonosná a voděodolná s řízeným odváděním vody ze zelené střechy. S metodou navrhování se praly dva počítačové programy: Archicad schopný vést celý projekt v BIMu a modelovací Rhinoceros. Výsledkem je prostorově dvojité zakřivená fasáda navržena pomocí plug-inu Rhino Grasshopper, jejíž design napomáhá ke stabilitě stěny při tisku. Uvědomme si, že jedna stěna má tloušťku pouhých 45 až 50 mm a je z prostého betonu.

3c





4a

Zkouška Prvoka

S tím, jak se design Prvoka blíží ke své finální podobě, začala být palčivou otázkou ověření stability a únosnosti jeho konstrukce. S Experimentálním centrem na Fakultě stavební ČVUT jsme začali plánovat tlakové zkoušky v lisu. V hale tohoto centra panovaly optimální podmínky co do teploty a vlhkosti prostředí. Hala je vytápěná a to bylo 1. dubna 2020 celkem podstatné. Po předchozích zkušenostech jsme už věděli, že úspěšný tisk betonu je závislý na stabilní teplotě nad 15 °C, jinak se směs neaktivuje a výtisky netuhnou.

Ukázalo se, že design, který po velkých „bitkách“ mezi sochařem a architekty vznikl, není možné otestovat na malých vzorcích. Bylo nutné vytisknout rovnou půlku betonové struktury v měřítku 1:1, neboť každá část domu je unikátní a nevytvrdí o chování konstrukce jako celku. Předpoklady statiků byly pozitivní, a tak jsme se rozhodli pro destruktivní zkoušku. Jaké bylo naše zklamání! Žádný apokalyptický zážitek se nekonal. Test dopadl nadmíru pozitivně – i při maximálním možném zatížení 500 kN, což byl desetinásobek zákonom požadované únosnosti pro oblast Praha a Střední Čechy, se stavba nedeformovala o více než 1 mm. Prv-



4b

ní pokusný výtisk se povedl zrealizovat během jednoho dne, tisk trval 10 h se dvěma technologickými pauzami. Vytisknutý objekt byl následně rozřezán na vzorky, které budou testovány i na ohyb, tah apod. (samotné testy ještě neproběhly).

Technologické pauzy

Ukázalo se, že pauzy v tisku trvající déle než 20 až 25 min mají vliv na soudržnost vrstev a v konstrukci v inkriminovaných místech při následném testování vznikají trhliny. Nemá to však vliv na únosnost stěn ani na statické chování stavby. Nicméně při následném provádění požárních zkoušek se ukazuje, že tyto trhliny propouštějí teplotní zatížení dovnitř konstrukce, která sice nekolabuje, ale dochází k urychlení destrukce tepelné izolace a průniku vysoké teploty na druhou stěnu konstrukce.

Vlastní tisk

Tisk samotného Prvoka trval v přepočtu na tiskový čas pouhých 24 h. My jsme si to kvůli nepříznivým povětrnostním podmínkám prodloužili na celý týden a upřímně – stěny nám musely několikrát spadnout, než jsme do haly bývalého výměníku v Českých Budějovicích pořídili naftové ohřívací agregáty pro udržení stálé teploty

1 Tým Scoolptu v Prvoku, zleva: Michal Trpák, Kateřina Nováková, Jiří Vele, Ladislav Trpák
2 Zkouška teplotním zatížením na ČVUT v Praze
3 a) První milimetry stěn Prvoka, b) vkládání horizontální výztuže, c) zalévání spodní části oddělených stěn cementovým materiálem
4 a) Jiří Vele u obsluhy tiskového stroje, b) detail nanášení jednotlivých vrstev
5 Stěny Prvoka těsně po dokončení tisku

1 Team of Scoolpt inside of the Prvok, from the left: Michal Trpák, Kateřina Nováková, Jiří Vele, Ladislav Trpák
2 Thermal load test at the CTU in Prague
3 a) First millimetres of the Prvok's walls, b) placing of the horizontal reinforcement, c) pouring the cementitious material into the bottom part
4 a) Jiří Vele at the printer, b) detail of the laying up of the individual layers
5 Prvok's walls immediately after completion of the printing process

5





6



7a



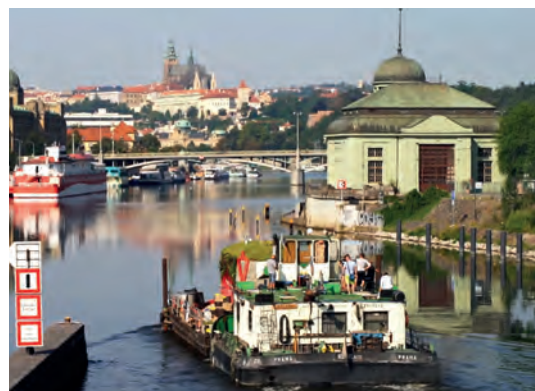
7b



7c



8



9

6 Montování dřevěných vazníků a prken střechy
7 Transport Prvoka z Českých Budějovic do Prahy: a) v hale v Českých Budějovicích byly části zvedány halovým jeřábem, b) do Prahy byl převezen na kamionech s podvalníkem, c) ukládání na ponton v přístavu v pražských Holešovicích
8 Instalace ozelenění na střeše
9 Plavba po Vltavě směrem ke Střeleckému ostrovu

6 Installation of the wooden beams and the roof boards
7 Transport of the Prvok from České Budějovice to Prague: a) parts of the Prvok were lifted by a portal crane in the workshop in České Budějovice b) Prvok was transported by trucks with low-loaders, c) loading of the Prvok onto a pontoon in the port in Prague-Holešovice
8 Installation of the greenery on the roof
9 Sailing up the Vltava River towards the Střelecký Island

prostředí. Nepřízeň nás nicméně naučila se se spadlými kusy vyrovnat a Jiří Vele naučil robota najít a dotisknout přesně ty části, které spadly.

Vnitřní a vnější stěna jsou navzájem kotveny kompozitními plastovými tyčemi, a navíc plošně slepeny pěnovou polyuretanovou izolací Incyenne Lapolla. Experimentem u výrobného prototypu je použití prostého betonu ve velikých plochách bez cíleného vytváření spár. Kvůli pružné podstavě ze železného roštu a kvůli pohybum, ke kterým dochází při výrobě a manipulaci s Prvokem, se však trhliny tvoří samy. Na nás je zaznamenávat jejich rozsah a četnost, dobu a důvody vzniku a průběh jejich chování. Fasádu navíc opětovně opatřujeme hydrofobním nátěrem, aby voda do trhlin nezatékala. Tyto většinou svislé trhliny nemají vliv na statiku stavby, nicméně ukazují, že kromě technologických pauz, které zapříčinily zavadnutí vrstev, čímž nedošlo k jejich spojení, nemají s technologií aditivní výroby nic společného a vyskytují se v místech tahového a smykového namáhání kolmo na vrstvy v nepravidelných trajektoriích.

Závěr

Prvok je velký experiment na poli 3D tisku, je to startovací výstřel pro vývoj vylepšených betonových směrů, levnějších armovacích tiskových hlav či pro staticky efektivní design při tenkovrstvé fasádě. Může být také první vlastovkou nových trendů ve stavebnictví, kde se po dlouhé éře plochých fasád objeví fasády tvarů organických. Sochař Michal Trpák tento přerod hodnotí parafrází Adolfa Loose, když říká, že „ornament is not a crime“. Jen tento ornament bude tvořen inteligentními systémy týkajícími se dis/absorbce slunečního světla, vedení a sběru dešťové vody, akustiky, aerodynamiky a třeba i informace (iA).

Fotografie:
 1 – Stanislav Krupař, archiv Stavební spořitelny Buřínka,
 2, 4b, 5, 7a, 7b – archiv Scoolpt,
 3, 4a, 6, 7c, 8, 9 – David Veis, archiv Stavební spořitelny Buřínka (převzato z videa)



Ing. arch. Kateřina Nováková
 Osbourne, Ph.D.
 Fakulta architektury ČVUT v Praze
 Ústav modelového projektování
 & Scoolpt, s. r. o.
 katerina.novakova@scoolpt.com