

a tým deseti elektrikářů a specialistů se postaral o elektrotechnické práce. Podle dubajských představitelů může technika 3D tisku ve stavebnictví přinést o 50 až 80 procent nižší náklady na práci a mohla by zkrátit dobu výstavby až o 70 procent," doplňuje Kellerová. Právě technologie Siemensu byla použita při řízení všech komponentů nové kancelářské budovy a integruje optimalizační technické infrastruktury stavby, bezpečnostní monitorovací systémy, klimatizaci a další prvky.

Kancelářská budova v Dubaji byla vytištěna během 17 dnů s pomocí tiskárny dlouhé 36,6 metru, vysoké 6,1 metru a široké 12,2 metru. Samotný proces tisku mělo na starost velké robotické rameno. Jako stavební materiál posloužila speciální směs cementu, která byla testována ve Velké Británii a Číně. Stavba se rozkládá na ploše přibližně 250 metrů čtverečních. Dubaj má přitom s 3D tiskem budov velké plány. Nedávno zveřejnila strategii, podle které by do roku 2030 mělo být 25 procent všech dubajských budov založeno na technologii 3D tisku.

### Česko chce udávat směr

Oproti světovým průkopníkům však nechce Česko zůstat pozadu. Tým vědců z Technické univerzity v Liberci vyvíjí unikátní robotické rameno pro 3D tisk ve stavebnictví. Robotické zařízení bude schopné tisknout i rozsáhlé nebo vícepodlažní budovy. Testy přelomového zařízení již začaly a univerzita v současnosti usiluje o patentovou ochranu své technologie. Robot je navržen tak, aby tiskl přímo na staveništi, kam ho bude možné převézt bez použití robustní dopravní techniky.

„Navrhujeme mobilní robotické zařízení, které se přemísťuje po staveništi a postupně zvládne tisknout jak svislé, tak vodorovné konstrukce," říká Jiří Suhomel z Fakulty umění a architektury Technické univerzity v Liberci a upozorňuje tím na to, že ve světě užívané průmyslové roboty tisk stropů a střešních konstrukcí zatím nezvládají.

Zařízení pojmenované TestBed se testuje v Kloknerově ústavu ČVUT v Praze, protože v Liberci

nebyli k dispozici dostatečně velké prostory. „Kolegové se tam budou zabývat mimo jiné vývojem cementové směsi a vhodných konstrukcí pro tisk. Materiál je alfou a omegou tohoto tisku. Musí totiž tuhnout dostatečně rychle, aby se vrstvy neborstily, ale zároveň se spojovaly," říká za vědecký tým z liberecké fakulty mechatroniky Leoš Beran. V Kloknerově ústavu podrobují zkouškám celý Test-Bed včetně trysky, průběh tisku testují i mechanické vlastnosti částí vytištěných z různých typů směsí.

Na liberecké strojírní fakultě nyní řeší mimo jiné i konstrukci tiskové hlavy, která bude sloužit pro vytlačování cementové směsi. „K úpravám na konstrukci tiskové hlavy dochází tím, jak se postupně seznamujeme s problematikou tiskových směsí – jejich tekutostí nebo rychlostí tuhnutí," říká Petr Zelený, vedoucí katedry výrobních systémů a automatizace Fakulty strojírní Technické univerzity v Liberci.

### Robot na staveništi

Tisk na staveništi až do vzdálenosti 5,6 metru a výšky 3,2 metru bude zajišťovat otočné a posuvné robotické rameno. Zatím naši vědci vyvinuli model tohoto ramene v měřítku 1:4 a na něm si už ověřili, že rameno dokáže opsat jakoukoli křivku.

„Architekti požadují, aby bylo možné tisknout stěny s prakticky libovolnou půdorysnou křivostí, která se může velmi rychle měnit. Včetně přerušování tisku a vzniku ostrých zlomů," upřesňuje Václav Záda z fakulty mechatroniky, jeden z hlavních autorů tiskového robota.

„Výhodou této konstrukce je, že když je potřeba na krátkou chvíli zastavit koncový efektor, například v bodě zlomu, mohou se ostatní články robota po tu krátkou dobu stále pohybovat. Tím se neztrácí kinetická energie ramene, která bude u velkého zařízení nezanedbatelná. Ostatní stroje toto neumějí," vysvětluje Václav Záda.

Ve stavebnictví by měl 3D tisk pomoci nejenom k úspoře nákladů, ale i snížení dopadů na životní prostředí. „Výroba cementu představuje velkou zátěž pro životní prostředí a navíc nám

docházejí potřebné suroviny, jako jsou kamenivo a štěrky. My chceme stavět lehké tenkostěnné betonové a nekonvenčně vyztužené konstrukce, které spotřebu materiálu značně sníží," přibližuje Jiří Suhomel. Očekává, že podobný tisk přinese do architektury i větší rozmanitost.

„Tato technologie totiž umožňuje tisk komplikovaných tvarů a dokáže vyhovět i náročným a neobvyklým požadavkům," podotýká Jiří Suhomel. Tým chce navíc dosáhnout tiskové přesnosti dvou až tří milimetrů, která není ve stavebnictví běžná.

Díky 3D tisku se podle odborníků budou objekty sestavovat z jednotlivých částí jako velké lego. „Některé části konstrukce, zejména svislé stěny, zvládneme vytisknout v konečném umístění. Vodorovné části vytiskneme na zemi a přeneseme na místo. Vše přímo na staveništi," plánuje Jiří Suhomel. Podle něj bude ale zapotřebí vyřešit také otázku legislativy. Dodnes totiž neexistují stavební předpisy pro tištěné konstrukce.

### Chytré struktury

Nástup technologie 3D tisku ve stavebnictví přitom může obor posunout ještě výrazně dál. Vědci z Vysokého učení technického (VUT) v Brně totiž testují použití tisku z organických materiálů, navíc s takovou strukturou, která napodobuje stavbu některých prvků z rostlinné či živočišné říše.

Chytré stavební struktury, jejichž statické, dynamické a izolační vlastnosti lze přizpůsobovat na míru, mohou mít lepší vlastnosti než klasické stavební výplně. Na první pohled přitom nepřipomínají cihly nebo konstrukce z betonu, vypadají spíše jako pórovité membrány z hodiny přírodopisu.

„Všichni známe klasické stavební postupy, kdy vznikají převážně jednoduché pravouhlé tvary tak, že se ukládá beton do připraveného bednění. S postupným nástupem 3D tisku ve stavebnictví nyní máme úžasnou možnost ovlivnit vnější tvar i vnitřní strukturu stavebního prvku tak, abychom získali mimořádně bezpečné a ekonomické stavby. Chytré stavební výplně připomínají organický pórovitý materiál a mimo jiné využívají principu dvojí křivosti, která ideálně přenáší zatížení," vysvětlil Jan Podroužek.

Jeho práce spočívá v matematickém návrhu a 3D tisku prostorových materiálů včetně experimentálního a numerického ověřování jejich vlastností. Dosud využíval pro 3D tisk biologicky rozložitelné termoplasty, které se získávají například z kukuřičného či bramborového škrobu. I tak byl ale schopen vytisknout pórovitý válec, který při rozměrech 20 centimetrů na výšku i na šířku a hmotnosti 1,2 kilogramu unesl zátěž pěti tun a až poté se začal postupným skládáním se do sebe deformovat. Výsledky výzkumu lze ale obecně uplatit i při tisku z cementových kompozitů nebo k životnímu prostředí šetrnější směsi bláta a rostlinných vláken.

JIŘÍ KUČERA



Rodinný dům na začátku roku v USA o ploše téměř 177 metrů čtverečních, postavili tři lidé za osm dní. Samotný tisk přitom trval pouhých 48 hodin. Dům byl vytisknutý na místě stavby a cena materiálu nepřekročila 6000 dolarů, tedy v přepočtu necelých 136 000 korun