

# PŘEHLED DOSTUPNÝCH TECHNOLOGIÍ 3D TISKU Z CEMENTOVÝCH MALT ■ REVIEW OF AVAILABLE 3D PRINTING TECHNOLOGIES USING CEMENT MORTAR

Michal Kovářik, Pavel Svoboda,  
Petr Štemberk

Na základě shrnující rešerše dostupných technologií je v článku české odborné veřejnosti přibližena ve světě velmi slibně se rozvíjející technologie 3D tisku v oblasti betonových konstrukcí. S ohledem na dosavadní mezeru na poli české odborné literatury jsou kromě jiného v článku také popsána specifika a naznačen přelomový potenciál této perspektivní oblasti stavební technologie.

Based on the state of art research of 3D printing technologies in the field of concrete structures, this article aims to introduce this globally emerging technology to construction professionals in the Czech Republic and to indicate its specifics and prospective potential in order to fill an existing gap in the domestic construction literature.

V několika posledních letech začínají ze světa pronikat i do tuzemských médií první příklady využití technologie 3D tisku neboli aditivní výroby ve stavebnictví. Palcové titulky typu „V Číně vytiskli za 24 h deset domů“ [1] poutají pozornost široké veřejnosti, podněcují nekritická očekávání, která přehlušují nezralost a omezení této technologie, a připisují jí téměř zázračné vlastnosti. Novátorská technologie 3D tisku se díky podobným článkům těší mezi veřejností velikému zájmu, je předpovídán její fantastický přínos pro celý svět a je proklováno, že budeme do několika let schopni opustit stávající stavební technologie a 3D tisknout celé komplexy budov nebo mrakodrapy [2].

Realita je však na počátku roku 2018 taková, že jsme schopni s řadou omezení a zatím neekonomicky tisknout části svislých nosných a kompletačních konstrukcí, zatímco tisk celých

budov včetně systémů domovní techniky zatím zůstává v oblasti vizí. V prostředí českého stavebnictví dosud chyběla jak střízlivá rešerše dosavadního vývoje této technologie ve smyslu shrnutí různých projektů a technik, tak i kritické zhodnocení vlastností této technologie a nástin možností jejího budoucího masového rozšíření do běžné stavební praxe.

Tento článek se snaží zmíněný deficit napravit a na kritickém základě provést analýzu stávajících řešení s cílem najít reálné využití této v mnohém velmi perspektivní technologie a naznačit směry jejího budoucího vývoje a vlivu na stavební výrobu i navrhování.

## SITUACE VE STAVEBNICTVÍ A JEHO PŘIPRAVENOST NA PŘÍCHÁZEJÍCÍ ČTVRTOU PRŮMYSLOVOU REVOLUCI

Stavebnictví je velmi specifickým oborem vyznačujícím se významnými rozdíly oproti ostatním oblastem hospodářství. Projektování, plánování a realizace staveb obvykle neprobíhá v rámci jednoho podniku, a tak vlivem obtížné koordinace mezi různými subjekty a ztrát při předávání informací často vznikají chyby, zpoždění a nemalé ekonomické ztráty. Produkty stavebnictvím realizované, tedy stavby, se vyznačují velkou hmotností, značnými rozměry a jsou až na výjimky pevně spojeny s pozemkem. Značná část stavební výroby probíhá in situ, kde je vystavena klimatickým vlivům, a kvůli rozměrům pracoviště je velmi náročná na koordinaci časovou i prostorovou. Velká část výrobních procesů se přes široké využití mechanizace stále spoléhá na těžkou manuální práci, což má nezane-

dbatelý vliv na kvalitu, efektivitu i bezpečnost výroby. Stavebnictví je zároveň velmi neefektivní ve využívání surovin, některé analýzy odhadují, že až 50 % z materiálu, započteného do nákladů stavebních děl, činí odpad [3]. Zvyšující se požadavky na stavby, tlak na cenu a na úspornost nejen výstavby samotné, ale celého životního cyklu staveb s ohledem na trvalou udržitelnost začínají narážet na limity dosud využívaných technologií i způsobů plánování a řízení staveb. Podniky jsou zároveň s tímto tlakem nuceny čelit změnám na trhu práce a nezájmu mladých lidí, kteří před stavebnictvím upřednostňují sektor služeb v čele s IT. Jako jeden z ukazatelů krize stavebnictví lze vnímat fakt, že zatímco v ostatních odvětvích ekonomiky v rámci EU produktivita v posledních desetiletích výrazně vzrostla, ve stavebnictví stagnuje (obr. 1). Stavebnictví tak jako jeden z pilířů hospodářství vyžaduje koncem druhého desetiletí nového milénia zásadní změnu. Touto potřebnou změnou se zdá být přechod na čtvrtou průmyslovou revoluci, která začala po roce 2010 a staví na využití tzv. kyberneticko-fyzikálních systémů a digitalizaci celého životního cyklu výrobků [4]. Nutnou podmínkou přechodu stavebnictví na takový systém se jeví digitalizace celého životního cyklu staveb, tj. navrhování, realizace i jejich provozu.

## DIGITALIZOVANÉ NAVRHOVÁNÍ STAVEB

Od počátku 80. let 20. století začalo vlivem rozvoje informačních technologií a přejímáním progresivních řešení z jiných oborů, zvláště ze strojírenství, docházet ve stavebnictví k postupnému

Obr. 1 Vývoj produktivity ve vybraných odvětvích hospodářství EU mezi lety 2000 až 2013, upraveno autorem. Pozn.: Produktivita v základních cenách (referenční rok 2000) na zaměstnance v součtu pro EU-28 (zdroj: [33]) ■ Fig. 1 Evolution of labour productivity in selected industries for the EU-28 from 2000 to 2013 (2000=100). Note: Gross value added at basic prices (chain-linked volumes, reference year 2000) per person employed for the EU-28 aggregate. Modified by the author. (source: [33])

