

Contemporary Earthen Construction Technologies: Limitations and Perspectives in the Czech Republic

Soudobé technologie hliněných konstrukcí:
Limity a perspektivy v Česku

Eva Neumayerová

Tutor: doc. Ing. Ivana Žabičková, CSc., Ústav stavitelství, Fakulta architektury, Vysoké učení technické v Brně

E-mail address: xaneumayerova@stud.fa.vutbr.cz

ABSTRACT: In recent years, earth as a building material has been rediscovered and mentioned, in particular for its energy efficiency, recyclability and lack of a negative impact on human health. In our geographical conditions, earth is used for the reconstruction of traditional earthen houses and contemporary buildings.

This paper compares earthen construction technologies used in contemporary construction projects in the Czech Republic, analyzes them based on their implementation, material composition and availability and examines their limitations in order to define the most appropriate application for each technology. The possibilities for the future development of structures made of earthen building material will also be assessed.

KEYWORDS: earthen building material; construction technology; limitation

ABSTRAKT: Hliněný stavební materiál je v posledních letech znovuobjevován a zmiňován zvláště pro svou energetickou nenáročnost a zdravotní nezávadnost či možnost recyklace. V našich geografických podmínkách se používá v rekonstrukcích tradičních hliněných staveb i novostavbách.

V tomto příspěvku jsou srovnávány stavební technologie uplatňované v soudobých hliněných konstrukcích v českém prostředí a analyzovány na základě jejich provádění a dostupnosti i složení materiálu. Jsou zkoumány jejich limity s cílem definovat nejvhodnější uplatnění konkrétních technologií a posoudit možnosti budoucího rozvoje konstrukcí z hliněného stavebního materiálu.

KLÍČOVÁ SLOVA: hliněný stavební materiál; konstrukční technologie; limity

Úvod

Při posuzování technologií uplatňujících hliněný stavební materiál je důležité zohlednit následující faktory:

Hliněný materiál není zahrnut v technických normách, vlastnosti materiálu se zjišťují pomocí testů pro každý konkrétní případ. Zvláště absence normy pro navrhování hliněných konstrukcí limituje posouzení únosnosti konstrukce. Výsledkem je skutečnost, že se v Česku v současné době hliněný materiál v nosných konstrukcích téměř nepoužívá. Složení hlín závisí na lokalitě původu a poměr složek hliněné směsi určené pro stavbu se různí v závislosti na konkrétní technologii. Vždy jsou však zastoupeny tyto složky: jíl, prach, písek, štěrka a záměsová voda.

Užití hliněného materiálu výrazně ovlivňují také charakteristiky materiálu, jako jsou míra smrštění při vysychání a nízká odolnost vůči působení vody. Jíl, zajišťující soudržnost materiálu, zároveň ve spojení s vodou způsobuje bobtnání a smršťování. Smršťování a vzniku trhlin při vysychání hliněného materiálu lze zamezit přizpůsobením vhodných poměrů složek směsi, dále také přidáním vláknitých příměsí. Proti vlhkosti a dešti je nutné použít konstrukční opatření, jako jsou kamenné sokly, přesahy střech či hydrofobní povrchové úpravy. Hliněnou směs lze rovněž stabilizovat pomocí cementu či vápna, tyto složky ve směsi ale omezují možnosti recyklace hliněného materiálu.

Soudobé technologie hliněných konstrukcí v českém stavitelství vycházejí z tradičních technik, v historii běžně používaných. Ty se uplatňovaly nejčastěji ve formě cihelného zdiva nebo hliněných omítek. Tyto technologie se dále rozvinuly a přizpůsobily nárokům soudobého stavitelství. Cihelné zdivo a omítky jsou v tomto příspěvku posuzovány společně s dusanou hlínou a hliněnými prefabrikáty.

1. Technologie monolitické – dusaná hlína

Proces výstavby

Hutnění probíhá ve vrstvách do připraveného bednění, při výšce vrstev obvykle do 15 cm. Nezbytná je výstavba stabilního bednicího systému, fixního anebo posuvného. Běžně je používána voděodolná překližka propojená spínacími tyčemi, bednicí tabule je nutné dodatečně zajistit proti průhybu. Jinou formou bednění jsou kovové bednicí dílce, běžně uplatňované u litého betonu, budované na výšku celé stěny. Výstavba bednění zabírá až 30 % práce celkově vynaložené na zdi z dusané hlíny, pro efektivní proces výstavby je tedy zásadní volba vhodného bednicího systému (Minke,

2009). Směs se udusává manuálně anebo pneumatickými dusadly. Povrch dusaných stěn se zpravidla nechává pohledový, proti otěru lze použít kaseinový nátěr. Na finálním odbedněném povrchu dusané stěny je viditelný postup práce, použitý materiál i odchylky v kvalitě dusání (Žabičková, 2009).

Limity technologie

Hotové směsi na dusání se v Česku zatím nevyrabí, příprava probíhá svépomocí na staveništi a vhodnou konzistencí směsi je třeba určit pomocí testů. Proces hutnění je časově i fyzicky náročný, kvalifikovaná pracovní síla je v našich podmínkách nákladná. Pneumatická dusadla mohou zkrátit proces dusání až o polovinu a dosahují většího stlačení, jejich nevýhodou je vyšší pořizovací cena, spotřeba energie a obtížná manipulace (hmotnost až 20 kg). Předností dusané hlíny je nižší míra smrštění, způsobená zpracováním směsi pouze v zavlhklém stavu s nižším podílem záměsové vody. Míru smrštění lze redukovat také přidáním hrubších částic šterku a vhodnou péčovací technikou.

Uplatnění a perspektivy dusané hlíny v konstrukcích

Technologii dusané hlíny lze uplatnit u nosných (absence normy), nenosných či výplňových konstrukcí a dusaných podlah. V našich geografických podmínkách je třeba vnější stěny izolovat, efekt pohledové stěny se tedy nejlépe uplatní v interiérech. Usnadnění a urychlení konstrukcí staveb větších rozměrů v evropských klimatických podmínkách umožňuje rozvíjející se prefabrikace dusaných dílců. Tyto dílce mají stejné složení materiálu a není třeba provádět stále nové testy. Odpadá také nutnost použití sofistikovaného bednění a sezónní práce (konstrukce nesmí promrznout). Přibývá však faktor dopravy dílců na stavenišť. Prefabrikace dusaných dílců probíhá ve výrobní hale a dílce jsou na sebe na staveništi kladeny jeřábem. V Česku se prefabrikace hliněných dílců testuje, častěji se používá například v Rakousku.

2. Zdivo z hliněných cihel

Proces výstavby a výroba cihel

Výroba hliněných cihel se provádí buď tradičním postupem, ručním péčováním do forem, anebo lisováním manuálními či automatickými lisami. Cihly se vysouší na vzduchu anebo uměle v sušárnách. Na českém trhu jsou produkty z dovozu (většinou německé či rakouské výroby) i od českých výrobců. Ruční výroba se u nás již prakticky neprovádí (pracnost), používají

se hotové výrobky – cihly před výpalem (tzv. zelené cihly – pouze z čisté cihlářské hlíny bez přísad určených pro výpal) či cihly lisované. Rozlišujeme hliněné cihly plné, děrované a lehčené (lehčené vláknitými přísadami, nejčastěji slaměnou řezankou). Hliněná cihla se pokládá na izolaci proti vlhkosti a obvykle je kladena na dvě základní vrstvy cihel pálených. Cihly jsou zpravidla vyzdívány na hliněnou maltu a povrch zdíva lze opatřit hliněnou omítkou nebo lze ponechat i jako režné zdivo a opatřit kaseinovým nátěrem proti otěru.

Limity technologie

Kvalita zděných konstrukcí závisí zejména na konkrétních charakteristikách zdicích prvků, jejich pevnosti, tvaru či děrování, ale i na kvalitě zdicí malty, její soudržnosti se zdicími prvky a způsobu zdění (Žabičková, 2009). Hliněné cihly vyžadují větší délky uložení vodorovných konstrukcí (např. překladů) a nepřipouští bodové zatížení (pod břemenem vždy musí být roznášecí deska). Není vhodné zdít najednou více než do výšky 1 m (cihly mají tendenci po maltě klouzat). Přednostmi hliněných zdicích prvků z automatizované výroby jsou shodné vlastnosti a rychlý výrobní proces, nevýhodou je vyšší spotřeba energie, spojená s umělým vysoušením. U výrobků malých lokálních cihelen se také prodrazí doprava na vzdálené staveniště.

Uplatnění a perspektivy hliněných cihel

Hliněné cihly jsou stavivo užívané na nenosné příčky, předstěny nebo výplně hrázděných staveb a dřevěných skeletů, plné cihly lze použít i na nosné zdivo (absence normy). Zdění z cihel malých formátů je poměrně pracné, vývoj zděných konstrukcí tedy směřuje k rozvoji velkoformátových dílců o větších rozměrech a menší hmotnosti.

3. Hliněné prefabrikáty

Proces výstavby a výroba

Tyto stavební prvky byly vyvinuty za účelem urychlení pracovního procesu. Jsou to velkoformátové, vzduchem vysoušené prvky z lehčené hlíny (jemná hlína, jíla a vláknité přísady, nejčastěji dřevěné piliny) určené k suché výstavbě vnitřních nenosných konstrukcí. U nás jsou používány například hliněné stavební desky či dutinové stěnové dílce. Upevnění hliněných desek ke konstrukci se provádí pomocí samořezných vrtutí, pneumatické sponkovačky nebo lepením. Existují i desky s drážkami pro umístění stěnového vytápění. Hliněné dutinové stěnové dílce jsou zdicí prvky vyráběné v tloušťkách vhodných pro vyzdívaní příček. Jsou opatřeny perem a drážkou a lze je řezáním upravit na požadovanou délku. Zdí se na hliněnou maltu. Na povrch se nanáší hliněná omítka.

Limity technologie

Prefabrikáty z lehčené hlíny mají nižší hmotnost a jejich větší formát umožňuje rychlejší zdění, zároveň však mají nižší pevnost a jsou náchylnější k otěru, a je tedy nutná zvýšená pozornost při manipulaci s dílci (Minke, 2009). Jejich předností je suchý proces výstavby. Tyto prvky mají dobré zvukové a tepelněakumulační vlastnosti. V současné době čeští výrobci nenabízí vlastní certifikovaný sortiment, ale dováží od různých výrobců ze zahraničí, především z Německa. Nevýhodou je vyšší cena, spojená s dopravou, a výsledné množství zabudované energie ve stavbě.

Uplatnění a perspektivy hliněných prefabrikátů

Hliněné stěnové dílce se používají na vnitřní nenosné konstrukce. Hliněné stavební desky jsou vhodné pro lehké nenosné příčky, jako suchá omítka, vnitřní obložení masivních konstrukcí a konstrukcí z dřevěných ráků, obklady stropů a krokví (tloušťky desek dle výrobce, 16 až 30 mm) a dále jako výplň podlah (tloušťka 50 mm).

4. Povrchové úpravy – hliněné omítky

Aplikace omítek a výroba

Hliněné omítky jsou u nás v současné době nejčastěji užívanou technologií uplatňující hliněný materiál. Dělí se na hrubé, jemné a dekorativní. Hrubá, základová omítka se nanáší na zdrsňený, zvlhčený podklad ručně anebo strojním omítáním. Jemná hliněná omítka pak často tvoří finální vrstvu, může však být také podkladem pro vrstvu další, dekorativní omítky či ochranný nátěr, a aplikuje se ručně s pomocí hladítek. Omítky lze vyrobit svépomocí přímo na staveništi nebo lze koupit průmyslově vyráběné omítkové směsi. Na českém trhu existuje již několik výrobců.

Limity technologií

Hliněné omítky vyhovují omítkářským normám, lze je tedy aplikovat bez omezení. Při vysychání omítky je však třeba prostory dostatečně větrat, aby se zamezilo možnému vzniku plísní. Omítky lze uplatnit na jakoukoli konstrukci, vítané jsou i u panelových domů.

Uplatnění a perspektivy hliněných omítek

Hliněné omítky se aplikují na vnější i vnitřní konstrukce, tato technologie nabízí širokou škálu možností experimentovat se složením směsi, příměsemi i barvou

Závěr

Rozvoj užívání hliněného materiálu probíhá v Česku v posledních deseti letech kontinuálně, přičemž největší zájem je o hliněné omítky. Hlína se nejlépe uplatňuje v interiéru, kde reguluje vnitřní mikroklima, příznivě působí na zdraví člověka a je chráněná před vlivy klimatu a vlhkostí.

Technologie dusané hlíny je u soudobých staveb v začátcích, zatímco stavby z cihel mají tradici. Dodatečné opravy nesprávně vydusaných konstrukcí jsou obtížnější než opravy staveb z hliněných cihel, kde lze špatný kus nahradit. Procesy výroby i konstrukce však u dusané technologie probíhají souběžně, a u staveb z hliněných cihel je třeba nejprve cihly vyrobit a vysušit a až poté je lze použít ke zdění. Pracnost obou technologií směřuje rozvoj hliněného stavitelství k prefabrikovaným velkoformátovým dílcům, které urychlují proces výstavby. Větší informovanost potenciálních stavebníků o možnostech této technologie by mohla zvýšit poptávku po výrobě dílců, a tedy i snížit jejich cenu. Jedním z nejdůležitějších kroků k tomu, aby se v budoucnu rozšířily možnosti užívání hliněného materiálu v konstrukcích, je však zavedení technických norem.

Soudobým trendem v rozvoji moderních stavebních technologií je digitalizace a ta je výzvou i konstrukčním technologiím vycházejícím z tradičních technik hliněného stavitelství. Lze ji uplatnit nejen v digitálním řízení procesů prefabrikace hliněných prvků, ale i v 3D tisku hliněných objektů – technologii, která se v současné době v Evropě rozvíjí a testuje (Gaia, the 3D printed house). Technologie 3D tisku si klade za cíl vytvářet objekty s minimálními náklady i dopadem na životní prostředí v krátkém časovém horizontu a může v budoucnu oslovit širší řady klientů i projektantů.

Srovnání technologií hliněných konstrukcí v tomto příspěvku bylo zpracováno do přehledové tabulky (tab. 1).

Použitá literatura

- DACHVERBAND LEHM E. V. (Hrsg.). 2002: Lehmbau Regeln: Begriffe Baustoffe Bauteile. 2002. 2. vyd. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH. ISBN 3-528-12558-6.
- Gaia, the 3D printed house. 3dwasp [online]. [cit. 2019-08-25]. Dostupné z: <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>.
- KARASOVÁ, Alena. 2009. Rekonstrukce hliněných staveb v regionu Haná. Brno: Vy-

soké učení technické, Fakulta architektury. Disertační práce.

Norma ČSN EN 13914-2 (733710). Navrhování, příprava a provádění vnějších a vnitřních omítek – Část 2: Vnitřní omítky. 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

Konstrukční technologie z hliněného materiálu

		dusaná hlína	hliněné cihly plné	hliněné cihly děrované	hliněné cihly lehčené	prefabrikované stěnové dílce	prefabrikované hliněné desky	hliněné omítky
technické údaje - orientace hodnota	pevnost v tlaku [Mpa = N/mm ²]	od 2,0 [1]	od 2,0 [1] až 5 [2]	až 8 [3]	od 1,0 [4]	2,3 [5]	2,3 [6]	od 1,0 [7] až 3,0 [4]
	Objemová hmotnost [kg/m ³]	1700 - 2200 [1]	1200 - 2200 [1]	1400 - 1600 [1] 1680 [3]	600 - 1200 [1]	1000 [5] 1280 [6]	1200 - 1800 [1]	600 - 1800 [1]
	součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	0,7 - 1,4 [1]	0,5 - 1,4 [1]	0,6 - 0,8 [1]	0,2 - 0,5 [1]	0,2 [5] 0,47 [6]	0,35 [8] 0,33 [9]	0,17 - 0,9 [1]
parametry srovnání	potřebné speciální vybavení pro stavební proces	bednicí systém, dusadla	běžné vybavení pro zdění			běžné vybavení pro suchou výstavbu		strojní omítkačka nebo ručně - zednické nářadí, hladítka
	dostupnost v ČR	hotové směsi se v ČR nevyrábí, dovoz molný; směs se vyrábí s výpomocí na staveništi	ANO, výroba v ČR	ANO, výroba v ČR	ANO, dovoz do ČR	ANO, dovoz do ČR	ANO, dovoz do ČR, začátky výroby	ANO, výroba v ČR
	výhody technologie	nižší míra smrštění; unikátní estetika	lze použít i jako reálné zdivo, technologie má tradici			nižší hmotnost a větší rozměry = urychlení stavebního procesu, suchá výstavba		lze aplikovat ručně i strojně, možnost dekorace
	nevýhody technologie	pracnost	zdoluhavý proces zdění s cihlami běžného formátu, vyšší pracnost při zdění, plné cihly mají vyšší váhu			nutnost dovozu		náchýlné na vznik plísni při nedostatečném větrání během vysychání
	uplatnění ve stavebních konstrukcích	nosné, nenosné, výpiňové zdivo, podlahy	nosné, nenosné, výpiňové zdivo	nenosné, výpiňové zdivo		vnitřní nenosné konstrukce	příčky, obklady, opláštění stropů, podlahy, zastávají funkci omítky	povrchová úprava vnitřních, vnějších konstrukcí
perspektivy technologie	rozvoj prefabrikace dusaných dílců	rozvoj užití velkoformátových dílců (sníží pracnost výstavby)			rozšíření výroby v ČR, rozvoj montovaného procesu výstavby			vývoj speciálních omítek z hlediska zdravotního i estetického (rozvoj dekorativních technik)

[1] DACHVERBAND LEHM E.V. (Hrsg.). 2002. Lehmbau Regeln: Begriffe Baustoffe Bauteile. 2. vyd. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH. ISBN 3528125586.

[2] Technický list Produktu: Claygar CEB 102 nestabilizovaná, dostupné z: http://www.claygar.cz/pdf/ceb_Claygar_CEB_102_Non-stabilised.pdf

[3] Technický list Produktu: Heluz Nature Energy, dostupné z:

https://www.heluz.cz/files/TL_HELUZ-NATURE-ENERGY_2015.pdf

[4] KARASOVÁ, Alena. 2009. Rekonstrukce hliněných staveb v regionu Haná. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta architektury.

[5] Technický list Produktu: Karghosit, dostupné z: <http://www.lanatherm.ch/lehm-lehmbauelemente-karghosit-daten.htm>

[6] Technický list Produktu: ProCrea 100HF, dostupné z: https://www.konopizolace.cz/img/cms/technicke-listy/db_lehm_elemente_cz_0.pdf

[7] MINKE, Gernot. 2009. Příručka hliněného stavitelství: materiály - technologie - architektura. Bratislava: Pagoda, 287 s. ISBN 978-80-969698-2-1

[8] Technický list Produktu: Lemix (16-22mm), dostupné z: <http://hlinene-desky.cz/wp-content/uploads/2018/10/Lemix-komplet%C3%AD-prospekt-2018v3.pdf>

[9] Technický list Produktu: ProCrea hliněné panely, https://www.konopizolace.cz/img/cms/technicke-listy/ti_hlinene_panely_procea.pdf

MINKE, Gernot. 2009. Příručka hliněného stavitelství: materiály – technologie – architektura. Bratislava: Pagoda, 287 s. ISBN 978-80-969698-2-1.

ŽABIČKOVÁ, Ivana, Kateřina ŠMARDOVÁ a Alena KARASOVÁ. 2009. Stavět z hlíny – jak a proč. Brno: Sdružení hliněného stavitelství. ISBN 978-80-254-3906-7.

ŽABIČKOVÁ, Ivana. 2009. Přestavby hliněných budov. Brno: Sdružení hliněného stavitelství, 37 s. ISBN 978-80-254-3907-4.

Tab. 1. Konstrukční technologie z hliněného materiálu