2023

Národní ústav lidové kultury

NÁRODNÍ
ÚSTAV
LIDOVÉ
KULTURY
ZÁMEK Č. 672
696 62 STRÁŽNICE
ČESKÁ REPUBLIKA

Metodika

NÚLK 01/2023

Konstrukce nabíjeného monolitického hliněného zdiva

Metodika zpracována v rámci DKRVO NÚLK "*Experimentální centrum hliněného stavitelství*" v roce 2023.

Autor metodiky:

PhDr. Martin Novotný, Ph.D.

OBSAH

1 Úvod 4

2 Termíny a definice 4

3 Cíl metodiky 5

3.1 Určení metodiky 5

4 Vlastní popis metodiky provedení monolitického nabíjeného hliněného zdiva 5

4.1 Suroviny pro výrobu hliněného těsta 6

4.1.1 Hlína 6

4.1.2 Ostřivo 7

4.1.3 Příměsi 8

5 Postup provádění monolitických nabíjených hliněných stěn 8

5.1 Postup přípravy hliněného těsta 8

5.1.1 Výroba hliněného těsta pomocí překopávání a přehazování 8

5.1.2 Výroba hliněného těsta pomocí půdní frézy 9

6 Dřevěné bednění – charakteristický rys nabíjené techniky 10

6.1 Sloupové bednění 10

6.2 Jařmové bednění 12

7 Postup stavby monolitického nabíjeného hliněného zdiva 14

8 ZDŮVODNĚNÍ PŘEDLOŽENÉHO POSTUPU A JEHO SROVNÁNÍ S POSTUPY V ZAHRANIČÍ A POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY 18

10 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE/VÝSTUPY Z ORIGINÁLNÍ PRÁCE 19

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

NÚLK – Národní ústav lidové kultury

MVJVM – Muzeum vesnice jihovýchodní Moravy

NEPaR – Nařízení Evropského parlamentu a Rady

SEZNAM VYOBRAZENÍ

Obr. 1.: Tvar formy pro zhotovení zkušebního vzorku

Obr. 2 Kypření a míchání hlíny půdní frézou

Obr. 3 Sloupové bednění (dle Sabján – Buzás 2004).

Obr. 4 Fragment nabíjeného hliněného zdiva zbudovaného pomocí sloupového bednění (absence otvorů po spodních spojovacích příčkách bednění, i dodatečně zamazaných). Strážnice (okr. Hodonín), Růžová ulice

Obr. 5 Instalace sloupového bednění během stavebního experimentu

Obr. 6 Sloupové bednění použité při stavebním experimentu

Obr. 7 Jařmové bednění (dle Sabján – Buzás 2004)

Obr. 8 Fragment historického nabíjeného zdiva stodoly zbudovaného pomocí jařmového bednění (charakteristické otvory po spodních spojovacích příčkách bednění). Vnorovy (okr. Hodonín), místní část Spinek

Obr. 9 Jařmové bednění použité při stavebním experimentu

Obr. 10 Železný rám jařmového bednění (dle Švecová 1956)

Obr. 11 Detail železného rámu jařmového bednění použitého pro stavební experiment

Obr. 12 Příklady historických pěchů (dle Švecová 1956)

Obr. 13 Fragment historického nabíjeného zdiva. V jednotlivých vrstvách jsou patrny zpevňující pruty. Dambořice, stodola vedle čp. 203. Etnologický ústav AVČR, Inv. č. 78413 (foto Jos. Vařeka, 1983)

Obr. 14 Slaměná povřísla namočená v hliněné kaši připravena k zasypání a následnému zhutnění

Obr. 15 Částečně zasypané a zhutněné pruty sloužící jako součást výztuže zdiva

Obr. 16 Detail důlků pro lepší napojení další vrstvy

Obr. 17 Rám okna vložen do místa budoucího otvoru

Obr. 18 Stupňovité napojení jednotlivých vrstev patrné po odbednění

1 ÚVOD

V odborné literatuře zabývající se lidovou architekturou se obecně uvádějí čtyři výchozí technologické postupy zhotovení hliněných stěn, jež mají svá specifika a podkategorie. Tyto je možné v zásadě rozdělit na dva základní typy. V prvním případě se jedná o použití hlíny v její amorfní podobě. Do této kategorie spadá i nabíjení hliněné masy do dřevěného bednění, jež vymezuje stěny. V rámci tohoto stavebního způsobu se pracovalo s ještě vlhkým materiálem, který vysychal až ve stavbě. Jedná se o stavební techniku, u které se homogenita a soudržnost zdi dosahuje hutněním pomocí důsledného pěchování hliněného materiálu. Pevnost těchto konstrukcí spočívá v jejich stejnorodosti a masivnosti.

Stavba zdí z udusané zeminy je stará osvědčená technologie, která se i dnes účinně používá v mnoha zemích světa a lze ji vidět na venkovských domech v částech Anglie, v jižním Španělsku a Portugalsku, v jižní Francii, v severozápadní Africe a v Číně. Stejným způsobem bylo dříve konstruováno zdivo i ve střední a východní Evropě. Na našem území byla nabíjená technika rozšířena především v oblastech jižní Moravy. V Německu bylo tohoto způsobu užíváno zejména v Sasku, v Polsku v oblasti Kujav, Kašubska a Velkopolska. Nejservejněji v Evropě sahalo použití nabíjené techniky do Dánska. Tento stavební způsob byl rovněž znám na jižním Slovensku, v Dolních Rakousích, Burgenlandu, Maďarsku, v podunajských oblastech bývalé Jugoslávie, v Bulharsku, Rumunsku a na Ukrajině.

Charakteristickým rysem nabíjené techniky je dřevěné bednění, které vytváří jakousi rozebíratelnou formu pro masu hlíny, jež je sypána a pěchována mezi svisle postavené fošny nebo desky. Obecně jsou ve vernakulární architektuře v řadě evropských zemí známé dvě varianty těchto pomocných konstrukcí. Jako je to ostatně doloženo i z našeho území.

2 TERMÍNY A DEFINICE

1) Hliněné těsto – homogenizovaná hliněná směs vhodná pro provádění monolitického nabíjeného hliněného zdiva, sestávající z vhodné hlíny, vody a popřípadě ostřiva a příměsí.

2) Bednění (forma) – dočasná nebo trvalá konstrukce vytvářející formu pro uložení a zhutnění hliněného těsta (hliněné směsi) ve stavu přirozené vlhkosti. Bednění se skládá z bednícího pláště, vnitřních a vnějších výztuh a jeho poloha je zabezpečována opěrným a podpěrným systémem.

3) “Jařmové“ bednění – lehká, přenosná rozebíratelná konstrukce, která fixuje svisle uložené fošny či desky. Má tvar rámu tvořeného v základu čtyřmi trámy (dvěma svislými rameny a dvěma vodorovnými příčkami).

4) “Sloupové“ bednění – svisle postavené fošny či desky formy jsou fixovány pomocí opěrných kůlů zaražených do země na vnitřní a vnější straně zdi.

5) “Pěch“ – ruční nástroj s různým profilem pracovní plochy, kterým je po vrstvách hutněno hliněné těsto vhazované do bednění.

6) Jílová drolenka – jílové těsto s obsahem vody od 12 % do 17%.

3 CÍL METODIKY

Předkládaná metodika uvádí technologický postup rukodělného provádění monolitického nabíjeného hliněného zdiva, jako tradiční nosné konstrukce venkovských staveb. Zohledněny jsou dva typy dřevěného bednění, do kterého bylo hliněné těsto vhazováno a ručně hutněno a konstrukční zásady, které se uplatňovaly pro statické zajištění objektů. Primárně se přitom vycházelo z výzkumu recentních staveb.

Při získání potřebné řemeslné zručnosti je předložený pracovní postup velmi efektivní. Praktické uplatnění nalezne v rámci provádění kopií původních hliněných staveb budovaných v muzeích v přírodě. Použití této metodiky zajistí maximální možné přiblížení kopie konstrukce monolitického nabíjeného hliněného zdiva konstrukcím původním. Jedná se zároveň i o nástroj, jenž může sloužit identifikaci použité technologie u staveb, které se ještě nacházejí v terénu.

3.1 Určení metodiky

Metodika je určena pro potřeby Národního ústavu lidové kultury (NÚLK), jako pracovní postup pro výrobu a provedení konstrukcí monolitického nabíjeného hliněného zdiva při budování kopií historických staveb v Muzeu vesnice jihovýchodní Moravy (MVJVM).

Metodika se výlučně použije ve smyslu zákona č. 20/1987 Sb. pro restaurování národních kulturních památek, nebo kulturních památek nebo objektů, které jsou součástí památkových zón nebo rezervací, kdy musí být aplikovány uměleckořemeslné a technické práce respektující technickou a výtvarnou strukturu původního díla (originálu), obdobně tak realizaci kopií původních objektů při zachování uměleckořemeslné a technické práce. Dále může být použita i v dalších muzeích v přírodě, eventuálně při opravě obdobných staveb in situ v rámci památkové péče.

Metodika není technologickým postupem pro provádění stěn z monolitického nabíjeného hliněného zdiva staveb ve smyslu stavebního zákona č. 183/2006 Sb. a od 1.7.2024 zákona č. 283/2021 Sb.

4 VLASTNÍ POPIS METODIKY PROVEDENÍ MONOLITICKÉHO NABÍJENÉHO HLINĚNÉHO ZDIVA

Předkládaná metodika řeší dvě varianty provádění monolitického nabíjeného hliněného zdiva, a to pomocí:

1) „sloupového“ bednění

2) „jařmového“ bednění

Postupy se liší v řešení systému podpůrné konstrukce, která zajišťuje stabilitu fošen/desek bednění při nabíjení zdiva.

4.1 Suroviny pro výrobu hliněného těsta

Výchozí surovina je tvořena směsí hlíny (pojiva), ostřiva popřípadě příměsí (není vždy podmínkou) a vody.

4.1.1 Hlína

Hlína je z geologického hlediska soudržná zemina, která se obvykle skládá z částic menších jak 2 mm. Jako základní surovina pro výrobu hliněného těsta vhodného k provádění monolitických nabíjených stěn z hliněného zdiva, by měla být volena hlína, která měla na sledovaném území (primárně oblast Moravy) u tradičních hliněných staveb dominantní postavení. Dříve se jednalo o hlínu sprašového původu s typickou okrovou barvou, která byla snadno dostupná zejména v úvalových oblastech Moravy. Místní zdroje vhodné hlíny – hliniště, se nacházela téměř v každé lokalitě. Dnes se doporučuje získat vhodnou hlínu především u původních nebo stávajících cihelen.

Technologie provádění monolitického nabíjeného hliněného zdiva je ze všech známých stavebních řešení nejméně náročná na základní surovinu - hlínu. Vhodným materiálem pro výrobu hliněného těsta je téměř jakýkoli půdní typ s výjimkou humusu. Nejlepší jsou mírně jílovité hlíny. Hlína s vysokým obsahem jílu, označovaná v odborné terminologii jako „tučná“, nebo „mastná“ se při vysychání více smršťuje a musí se „ochuzovat“. Smíchává se proto s hlínou přivezenou z jiného ložiska, případně se mísí se štěrkem. Z našeho území, ze Slovenska i z Maďarska jsou doloženy i příměsi organického původu jako řezaná sláma (Václavík 1930, Mruškovič 1975, Souček 1973, Györfy 1943)

Nejlépe je hliněné těsto vyrábět z „hubené“ hlíny, to je z materiálu s malým obsahem jílu. Těsto se pak po udusání smršťuje celkem nepatrně, takže se zde nemusí nic přidávat a lze ho použít přímo k hutnění (nabíjení) do bednění. Nejvhodnější k nabíjení je však těsto vyrobené z hlíny obsahující i hrubozrnný písek a drobné kaménky (ostřivo). Materiál tak není nutné prosévat (viz obr. 4).

Stanovení potřebného množství ostřiv nebo příměsí dle druhu výchozí suroviny je převzato z publikace Havlíček, K. – Souček, J.: *Stavby z nepálené hlíny*. Praha 1958. Tyto poměry byly vyzkoušeny v rámci stavebních experimentů v MVJVM.

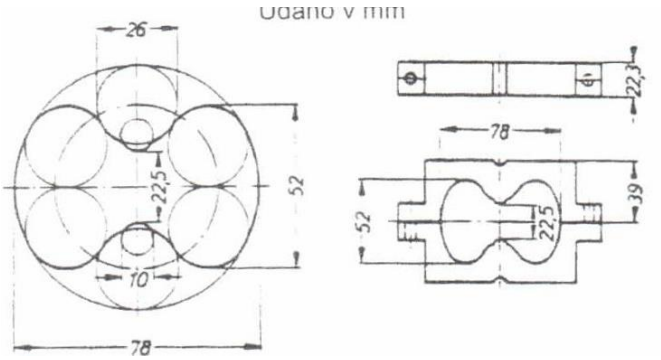
Tab. 1 Potřebné množství příměsí do hlíny pro dusání zdiva (Havlíček – Souček 1958)

Ostřiva Příměsi	Tučná hlína 550-750 kg/m^3	Téměř tučná hlína 750-1000 Kg/m^3	Tučná hlína 1000-1350 kg/m^3	Velmi tučná hlína 1350-1800 kg/m^3
Poměr hlíny k písku (popř. kamenná nebo cihlená drť do 5 cm)	5 : 1	4 : 1	2,5 : 1	1,5 : 1
Stébeliny do 7 cm délky kg/m^3 hlinité masy	5	8	10	13

4.1.1.1 Zkušební postup – stanovení třídy tučnosti hlíny

Zkušební metoda pro hodnocení hlíny a její klasifikaci je podobně jako v předchozím případě převzata z publikace Havlíček, K. – Souček, J.: *Stavby z nepálené hlíny*. Praha 1958. Ze třech míst hliniště se odeberou dílčí vzorky, každý o hmotnosti cca 200 g a ručním hnětením

se každý homogenizuje a následně se vysuší v laboratorní atmosférické sušárně při teplotě 60 °C do ustálené hmotnosti. Po vytemperování dílčích vzorků se ve třecí misce zdrobní na nulový zbytek na sítě 2 mm. Z navážky sestávající z třech dílčích vzorků takto upravené hlíny jsou odstraněna případná hrubá zrna a zbytky organických příměsí. Přidáním vody a následným ručním hnětením se připraví jedno plastické těsto, které musí vykazovat takovou plasticitu, aby se koule o hmotnosti 200 gramů připravená z tohoto materiálu při pádu z výšky 2 metrů vytvořila kruhovou plochu o průměru 5 cm. Plastické těleso zabalené do PE folie zamezující jeho vysychání, se uloží do prostředí o teplotě 20 °C ± 5 °C na dobu 48 hodin. Před vlastním odběrem hlíny, pro přípravu zkušebních vzorků, se těleso opět upraví ručním hnětením. Z takto zpracovaného plastického těsta, z náhodně vybraných šesti míst, se odebere hlína pro přípravu 6-ti zkušebních vzorků ve tvaru osmičky se středním průřezem 5 cm^2 (22,5 x 22,5) mm, viz obr. 1.



Obr. 1.: Tvar formy pro zhotovení zkušebního vzorku

Na zkušebních vzorcích ve tvaru osmiček se stanoví pevnost v tahu Ut [N], při rychlosti zatěžování 5 mm/min., to je maximální síla na mezi porušení. Výsledkem zkoušky pevnosti v tahu plastického tělesa je aritmetický průměr ze šesti stanovení. Zatřídění druhu hlíny do jednotlivých skupin podle vaznosti je uvedeno v Tab. 2.

Tab. 2.: Třídy tučnosti hlíny podle výsledků zkoušky pevnosti v tahu

Pevnost v tahu [N/cm^2]*	Třídy tučnosti hlíny
2,50 – 3,50	Velmi hubená
3,51 – 5,50	Hubená
5,51 – 10,00	Středně tučná
10,01 – 15,00	Tučná
15,01 – 18,00	Velmi tučná

*Ut se udává v N/cm^2, v tabulce ve zmíněné publikaci je vaznost uvedena v g / 5cm^2

4.1.2 Ostřivo

Ostřivo se používá pro výrobu hliněného těsta za účelem snížení jeho objemové změny. Přidáním ostřiva je možné hlínu „odtučnit“, čímž je možné docílit snížení míry smrštění při

vysychání a zamezit tak tvorbě smršťovacích trhlin ve zdivu. U tradičního provádění nabíjených hliněných stěn se nejčastěji používalo ostřivo (materiál anorganický), jako byl štěrk a jemné kamenivo (což mohlo být obsaženo i ve výchozí surovině).

4.1.3 Příměsi

Příměsi byly většinou rostlinného původu, nejčastěji se jednalo o řezanou slámu, což byla technologicky nejdostupnější příměs pro výrobu hliněného těsta. Tu je možné získat např. řezáním na řezačce píce, lidový název *sečkovice*, která stéblo nakrátí na potřebnou délku. Vhodná délka stébla pro výrobu nabíjeného hliněného zdiva je do 10 cm. Řezačky píce mohou být s ručním nebo elektrickým pohonem. Jako náhradní variantu lze použít sekačku na trávu (Minke 2009). Řezaná sláma tvoří ve zdivu v podstatě rozptýlenou výztuž.

5 POSTUP PROVÁDĚNÍ MONOLITICKÝCH NABÍJENÝCH HLINĚNÝCH STĚN

V rámci praktického ověřování bylo při stavebních experimentech prováděno monolitické nabíjené hliněné zdivo za použití organických příměsí i anorganických ostřiv, jež se přidávaly do výchozí suroviny. Z organických příměsí byla použita řezaná sláma, z anorganických ostřiv štěrk (štěrkopísek 0/32). Výchozí směs odpovídala v terénu dokumentovaným objektům budovaných stejnou technologií, viz obr. 4. Jednalo se o kamenohliněné, případně slaměnohliněné těsto. Šířka experimentálně budovaných stěn byla stanovena na 60 cm, což korespondovalo se stavbami studovanými v terénu.

5.1 Postup přípravy hliněného těsta

V rámci přípravy hliněného těsta pro stěny z monolitického hliněného nabíjeného zdiva pro potřebu staveb kopií historických objektů v areálu MVJVM využívá NÚLK dva postupy přípravy hliněného těsta:

a) Tradiční výroba hliněného těsta pomocí překopávání a přehazování

b) Výroba hliněného těsta pomocí půdní frézy

5.1.1 Výroba hliněného těsta pomocí překopávání a přehazování

Nejprve je nutné upravit základní surovinu, tedy hlínu. Potřebné množství materiálu odměřené například příslušným počtem stavebních koleček se rovnoměrně rozprostře na ploše, kde se bude odehrávat mísení. V rámci experimentů v MVJVM probíhalo mísení v poměru 4:1, to je 4 díly vhodné hlíny a jeden díl štěrku. V případě použití řezané slámy se na 1m^3 hlíny přidávalo 8 kg řezané slámy. Toto množství je možné odvážit například závěsnou váhou. Konečný přesný poměr základní suroviny a použitého ostřiva a příměsi je nutné určit na zkušebních vzorcích hliněného těsta hutněného do bednění. Po odbednění se nechá zdivo cca 48 hodin zrát. Množství ostřiv a přísad je možné v případě potřeby upravit. Základním kritériem je, aby při vysychání nevznikaly ve zdivu trhliny. Kvalita se hodnotí vizuálně.

Před vlastním procesem míchání se na rozprostřenou základní surovinu stejnoměrně navrství potřebné množství štěrku, popř. řezané slámy a podle potřeby se navlhčí (například

pomocí zahradní konve). Vlastní mísení probíhá překopáváním motykou, nejlépe s širokým listem nebo přehazováním lopatou. Musí vzniknout kompaktní homogenní hliněné těsto. Posouzení správné konzistence je obtížně definovatelné. Významnou roli při tomto procesu hraje empirická zkušenost pracovníka. Hodnocení se provádí vizuálně, kdy výsledná směs připomíná máslovou drolenku pro posyp koláčů. Hmotnostní vlhkost hliněného těsta se pohybuje v rozmezí 12 % až 17 %. Orientačně lze ověřit vlhkost a konzistenci ručně a vizuálně. Připravené těsto se vezme do ruky a následně se zmáčkne tak pevně, jak jen to jde. Při optimální vlhkosti se nesmí mezi prsty objevit voda a na prstech neulpívá jíl. Při otevření pěsti však musí materiál zůstat pohromadě. Konečným vzezřením a vlhkostí by měl namíchaný materiál připomínat čerstvý koňský trus nebo zahradní kompost.

Základním kritériem je zpracovatelnost hliněného těsta. Ta se hodnotí na zkušebním vzorku, který musí jít lehce rozprostřít zednickou lžící přibližně jako suchá betonová směs a přitom musí být hliněné těsto lehce pěchovatelné. Hodnocení se provádí laboratorním testem. Směs se nasype do dřevěného bednění, rovnoměrně se rozprostře ve vrstvě vysoké 10-15 cm a začíná se hutnit pomocí ručního pěchu, přičemž se ubíjená masa nesmí lepit na pracovní nástroj.

5.1.2 Výroba hliněného těsta pomocí půdní frézy

Podobně jako v předchozím případě se doměří základní množství výchozí suroviny, na které se navrství potřebné množství štěrku, popřípadě řezané slámy. Směs se následně mísí půdní frézou (rotavátorem) (viz obr. 2). Podle potřeby se pro úpravu konzistence postupně přidává voda stejnoměrným kropením. Připravené hliněné těsto musí být dokonale homogenní. Posouzení správné konzistence je možné provádět jako v předchozím případě, tedy jako při ruční výrobě hliněného těsta.

Obr. 2 Kypření a míchání hlíny půdní frézou

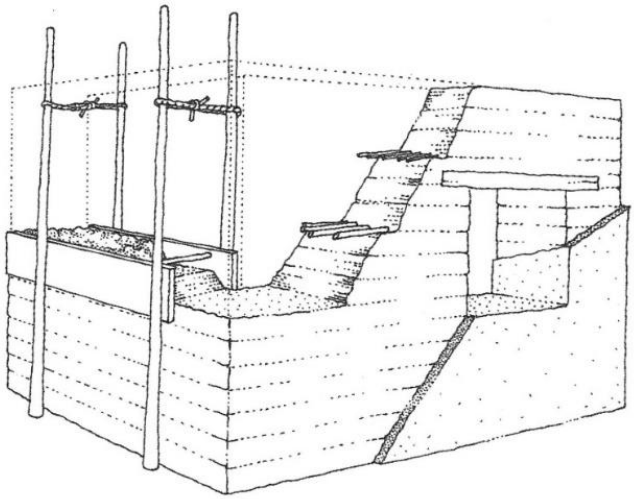
6 DŘEVĚNÉ BEDNĚNÍ – CHARAKTERISTICKÝ RYS NABÍJENÉ TECHNIKY

U monolitických dusaných/nabíjených hliněných stěn se v tradičním stavitelství ustálily dva druhy bednění, které se v zásadě liší způsobem zajištění rovnoběžně postavených fošen/desek, jež vymezují hliněné zdivo. V případě fošen musí mít tyto tloušťku alespoň 4 cm, aby při provádění nedocházelo k jejich prohýbání. Desky musí mít tloušťku okolo 2,5 cm a po 90 cm musí být opatřeny pro zpevnění svlaky. Celková výška bednění se pohybuje od 30 cm do 50 cm. V rámci aplikovaných výzkumů byly v MVJVM zevrubně vyzkoušeny obě níže popsané varianty, což odpovídá recentním dokladům z JV Moravy, respektive stop na reliktech obnaženého zdiva (viz kap. 6.1 a 6.2).

V souvislosti s moderní terminologií by bylo možné obě varianty, podle množství dostupného materiálu použitého k šalování, označit jako tzv. prstencové a posuvné bednění. První je zbudované naráz po celém obvodu stavby (jedné řady). U druhého řešení se jedná (kvůli nedostatku dřeva) o bednění, které se v rámci jedné vrstvy po zdivu postupně posouvá. V tomto případě je nutné nabíjenou část šikmo nebo schodkovitě ukončit, aby se umožnilo plynulé napojení řady po přesunutí šalování.

6.1 Sloupové bednění

U tzv. sloupového bednění se po obou stranách budované stěny zarazily páry opěrných kůlů (sloupů). V případě deskového bednění jsou 70 cm až 100 cm od sebe, při použití fošen byly kůly zaráženy po 150 cm až 200 cm (Minke 2009). Zpravidla se jednalo o krokve a trámy pro budovaný dům. V horní části se kůly stáhly provazem, takže držely fošny přitlačené ke stěně. Stejnoměrná tloušťka zdiva a jeho kolmost se zajišťovala pomocí dřevěných rozpěrek vkládaných v horní části kolmo mezi fošny bednění. Jednalo se pracný způsob, u něhož byla namáhavá a časově náročná vlastní příprava bednění, protože na přidržení fošen/desek bylo nutné do země zarazit velký počet vysokých kůlů. Charakteristickým znakem sloupového bednění bylo to, že stěna zůstala po odbednění hladká, tedy bez otvorů po spodním spojovacím trámku jako u jařmového bednění (viz níže).



Obr. 3 Sloupové bednění (dle Sabján – Buzás 2004).

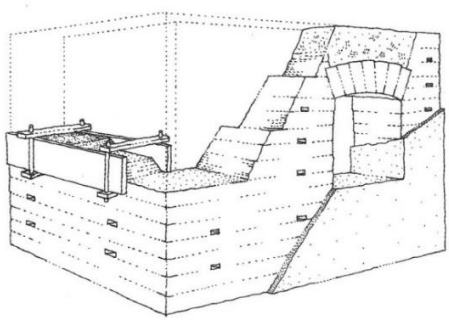
Obr. 4 Fragment nabíjeného hliněného zdiva zbudovaného pomocí sloupového bednění (absence otvorů po spodních spojovacích příčkách bednění, i dodatečně zamazaných). Strážnice (okr. Hodonín), Růžová ulice

Obr. 5 Instalace sloupového bednění během stavebního experimentu

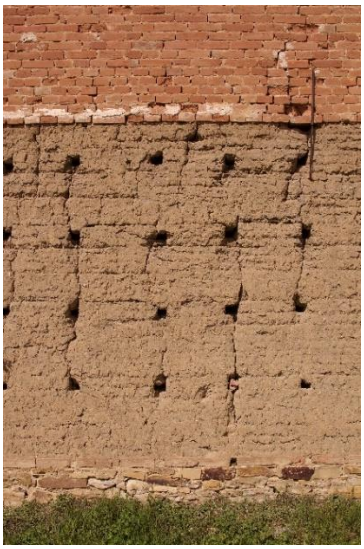
Obr. 6 Sloupové bednění použité při stavebním experimentu

6.2 Jařmové bednění

Jařmové bednění (u nás někdy označené jako „klášť“) bylo naproti výše popsanému způsobu lehkou a přenosnou konstrukcí, nenáročnou na přípravné práce. Toto bednění mělo tvar rámu a skládalo se z přídržného dřeva, v české literatuře označovaného jako spojovací příčky bednících desek (Škabrada 2007), které se kladly vodorovně kolmo napříč stěnou a z každé strany ji přesahovaly. Do otvorů v přečnívajících koncích byly vsazeny spodní části svislých ramen, která byla oporou pro desky či fošny. Oba horní konce ramen byly spojeny lištou, obdobou dolního přídržného dřeva. Když se bednění zvedalo, celá konstrukce se rozebrala a rám se znovu postavil na vrchol stěny. Vodorovný přídržný spodní trámek (mírně konický kolmo na osu zdiva), který po zaplnění prostoru hlínou a odbednění spočíval ve stěně, se následně vyrazil. Ve zdivu potom zůstaly zachovány charakteristické otvory, jež mimo jiné mohou sloužit u tohoto typu stěn k identifikaci použité technologie. Otvory se ve stěnách nějakou dobu ponechaly a umožnily proudění vzduchu rozestavěným zdivem a jeho lepší vysychání. U obytných staveb se následně zamazávaly. Název této konstrukce je odvozen od označení jednoho ze základních způsobů zápřahu dobytka – *jařma podhrdelnicového*, které tvoří dva rovnoběžné trámky spojené příčkami.



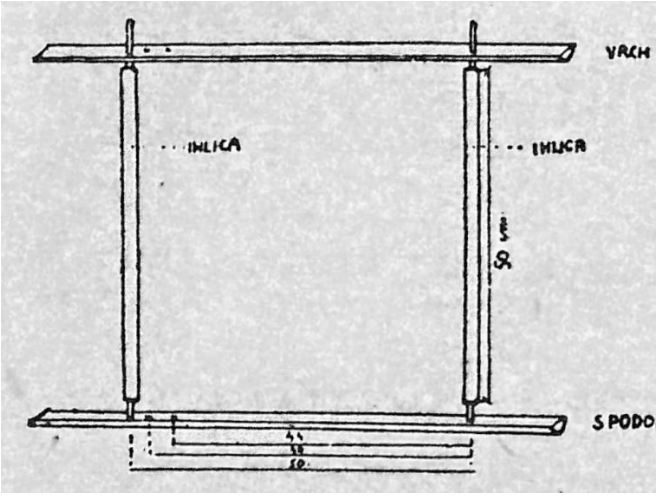
Obr. 7 Jařmové bednění (dle Sabján – Buzás 2004)



Obr. 8 Fragment historického monolitického nabíjeného zdiva stodoly zbudovaného pomocí jařmového bednění (charakteristické otvory po spodních spojovacích příčkách bednění). Vnorovy (okr. Hodonín), místní část Spinek

Obr. 9 Jařmové bednění použité při stavebním experimentu

V rámci stavebních experimentů bylo kromě dřevěných rámů použito i rámů železných, jež částečně vycházely z předlohy používané ještě v 50. letech minulého století v jihovýchodním Maďarsku. Jařmo se v tomto případě skládalo ze čtyř kovových součástek – dvou postranních *jehlic*, jednoho *vrchu* a jednoho *spodku*. Jehlice byly tyče, které byly na obou koncích zúženy. Vrch a spodek byly naproti tomu ploché. Součástky byly kovářsky zhotoveny (Švecová 1956). Jednalo se o sofistikovaný způsob konstrukce, kterou používaly tamní party *vybíjárů* na stavby domů.



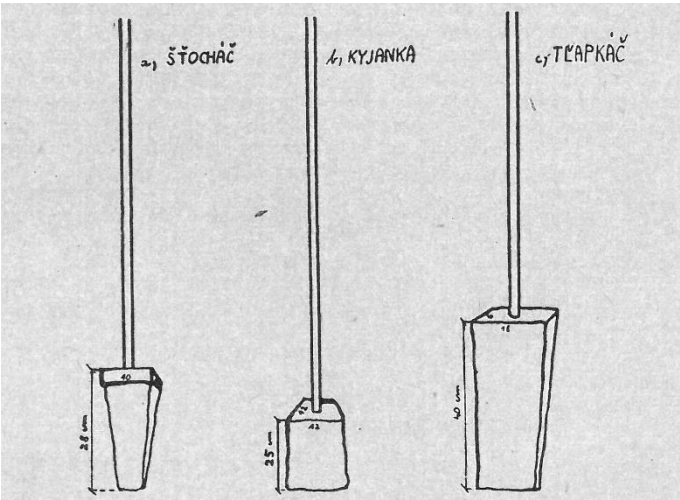
Obr. 10 Železný rám jařmového bednění (dle Švecová 1956)

Obr. 11 Detail železného rámu jařmového bednění použitého pro stavební experiment

7 POSTUP STAVBY MONOLITICKÉHO NABÍJENÉHO HLINĚNÉHO ZDIVA

U nabíjeného hliněného zdiva se pracuje s hliněným těstem, které se svou vlhkostí blíží k přirozené vlhkosti. Postupně je hliněné těsto vhazované mezi dvojici kolmo postavených protilehlých fošen/desek. Když vrstva dosáhne asi 20 cm, zhutní se (nabije se), asi na polovinu své výšky. Jinde se může dávat jen 10 cm, což se pak zhutní na 5 cm. Záleží na vlastnostech vyrobeného hliněného těsta (Minke 2009). Tento postup se opakuje až do úplného zaplnění prostoru mezi deskami. Nabíjení stěn se provádí dřevěnými pěchy nebo tlouky. Protože z našeho území existují pouze skromné informace o tomto nářadí, je možné vycházet především z maďarských a slovenských analogií, kde byla obdobná problematika důkladněji zpracována. Všeobecně rozšířeným (i v případě hutnění hliněných podlah) byl pěch tvořený hranolovitým špalkem, který se směrem dolů rozšiřoval a do jehož otvoru byla vložena delší násada. V některých regionech se používal jen jeden druh pěchu, jinde se naopak hlína udusávala dřevěným tloukem s větší nebo menší pracovní částí, *hlavou*, podle toho, jestli se hutnily okraje stěny, nebo její střed. Nejjednodušší variantu pěchu představovala na jednom konci rozšířená hůl podoby kyje z tenčího kmene stromu[1].

[1] Rozšířenější byly hutnící nástroje s násadou. Okraje se musely dusat více, aby se hotová stěna nedrolila, proto se zde zdivo pěchovalo důkladněji pomocí menšího, téměř špičatého pěchu. Například v jihovýchodním Maďarsku se k tomuto účelu používalo tří, jinde až pěti různých velikostí těchto nástrojů. Pracovníci, kteří hutnili materiál, postupovali na zdi jeden po druhém v pořadí podle velikosti pěchu.



Obr. 12 Příklady historických pěchů (dle Švecová 1956)

Zejména exponovaná místa stavby musela být ztužována. K tomuto účelu se používal nejrůznější materiál, kterým se prokládaly jednotlivé vrstvy během hutnění. Pro zpevnění rohů a napojení stěn se mezi vrstvy hlíny vkládaly pruty, větve, dřevěné trámy, slaměná povřísla aj.

Obr. 13 Fragment historického nabíjeného zdiva. V jednotlivých vrstvách jsou patrny zpevňující pruty. Dambořice, stodola vedle čp. 203. Etnologický ústav AVČR, Inv. č. 78413 (foto Jos. Vařeka, 1983)

Technologický postup:

Postup práce spočívá v několika krocích. Základem je dřevěné bednění, jehož varianty byly naznačeny výše. Pracovní činnost se dělí na výrobu hliněného těsta, navážení pomocí stavebních koleček na místo stavby a vhazování do bednění[2]. Před tímto krokem, případně průběžně, je nutné nachystat slaměná povřísla, případně pruty, či větve, kterými se prokládá

[2] Pro ulehčení je možné použít např. UNC nakladač.

nabíjené zdivo. Děje se tak vždy zhruba v polovině výšky bednění aktuálně nabíjené masy. Pracovníci, kteří pracují na stěně, musí hliněný materiál rovnoměrně rozprostřít a po jednotlivých vrstvách postupně hutnit. V rámci experimentálních prací v MVJVM bylo k tomuto účelu užíváno univerzálního dřevěného pěchu popsaného výše a jeho menší železné modifikace. Jedná se o pracovní nástroje, které jsou využívány i při výrobě podlah (mlatů) ve stodolách, případně v obytných prostorách. Materiál se hutní tak dlouho, dokud se dá předpokládat, že masa nemá žádné dutiny. Dobrým ukazatelem tohoto stadia je, když pěch při dopadu na masu doslova *zvoní*. V případě hutnění se nezačíná v rozích, ale na delších stěnách stavby (Havlíček – Souček 1958).

Obr. 14 Slaměná povřísla namočená v hliněné kaši připravena k zasypání a následnému zhutnění

Obr. 15 Částečně zasypané a zhutněné pruty sloužící jako součást výztuže zdiva

Důležitou zásadou po každém posunutí bednění je třeba horní plochu udusané vrstvy navlhčit a zdrsnit. Přeruší-li se dusání, dělá se tento krok po skončení práce, pokud hlinitá masa nezaschla, a to pro lepší navázání další vrstvy hutněné později. V případě stavebních experimentů NÚLK byly do ještě čerstvé masy před odbedněním pomocí násady (např. lopaty) hotoveny důlky (viz obr. 16). Vodorovné vrstvy se zakončují šikmo pod úhlem asi 45°. Je-li

dusání z důvodů dešťů na delší dobu přerušeno, musí se horní část zdiva zakrývat, aby se tam nedostala voda.

Obr. 16 Detail důlků pro lepší napojení další vrstvy

Do míst budoucích oken se do bednění vkládají sbité rámy ve tvaru zamýšlených výplní otvorů, které jsou takto připraveny pro následné osazení[3]. V případě dřevěné tesařské zárubně pro dveře, je nutné tuto usadit na místo určení, jak se to běžně provádí v rámci zdění pomocí kusového staviva. Špalety se musí dopředu vybednit. Okenní a dveřní překlady je třeba na zdivo ukládat v dostatečné délce, na každé straně přesazené alespoň o 20-25 cm. Meziokenní hutněné pilíře mají pak být široké nejméně 65 cm, hliněný pilíř mezi okny a dveřmi by měl být široký nejméně 80 cm (Havlíček – Souček 1958).

Obr. 17 Rám okna vložen do místa budoucího stavebního otvoru

[3] U menších otvorů je možné do místa zamýšleného okna na sucho vkládat třeba pálené cihly, které se po skončení hutnění vyjmou ze zdiva.

Obr. 18 Stupňovité napojení jednotlivých vrstev patrné po odbednění

8 ZDŮVODNĚNÍ PŘEDLOŽENÉHO POSTUPU A JEHO SROVNÁNÍ S POSTUPY V ZAHRANIČÍ A POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Předložená metodika přináší návod na kompletní výrobu a aplikaci nabíjeného hliněného monolitického zdiva. Postup vznikl pro potřeby Národního ústavu lidové kultury. Uplatnění může nalézt v muzeích v přírodě při budování vědeckých kopií nebo v rámci památkové péče, kde je realizace autentických stavebních postupů nezastupitelná. V České republice dosud neexistuje metodika, která by pokrývala tuto zájmovou oblast.

V současné době, v souvislosti s vyšším zájmem o ekologické stavitelství, je právě nabíjené zdivo nejvíce revitalizovaným konstrukčním způsobem hliněných staveb. Jedná se zejména o možnosti využití automatizace v rámci realizace této technologie. Důvodem je především variabilita a dostupnost systémového bednění, a to i v případě prefabrikovaných hliněných panelů a možnost využití pneumatických, případně elektrických vibračních pěchů, což značně urychluje pracovní činnost.

Příkladem zahraničního použití hliněného nabíjeného zdiva může být praxe maďarských muzeí v přírodě, kde jsou početně zastoupeny kopie památkově chráněných významných objektů s tímto typem konstrukce stěn. V uvedeném případě však neexistuje obdobným metodickým způsobem zpracovaný postup přípravy a aplikace hliněného nabíjeného zdiva. Vzhledem k tomu, že se jedná o metodiku určenou pro restaurování kulturních památek, realizací kopií původních objektů obytného či hospodářského charakteru, popř. opravu a údržbu památkových objektů v muzeích v přírodě uměleckořemeslnými a technickými pracemi respektujícími technickou a výtvarnou strukturu původního díla, neuplatní se zde ustanovení NV 163/2002 Sb. v platném znění, kterými se stanovují technické požadavky na vybrané stavební výrobky při jejich uvádění na trh. Metodika není určena pro komerční využití a řemeslnou výrobu výrobků a jejich uvádění na trh.

9 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Györfy, István: *Magyar falu, magyar ház*. Budapest 1943.

Havlíček, Vlastimil – Souček, Karel: *Stavby z nepálené hlíny*. Praha 1958.

Minke, Gernot: *Příručka hliněného stavitelství. Materiály, technologie, architektura*. Bratislava 2009.

Mruškovič, Štefan: Stavebné tradície v ľudovej kultúre Záhoria vo vztahu k súsednym etnickym oblastiam. (Stavebný materiál a techniky jeho použitia). *Zborník Slovenského národného múzea 69, Etnografia 16*, 1975, s. 20-84.

Novotný, Martin: *Hliněné stavitelství na Moravě. Kritický katalog výstavy*. Strážnice 2014.

Prussin, Labelle: Rammed earth: pisé á terre. In: Oliver, P. (Ed.): *Encyclopedie of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge 1997, s. 213-215.

Sabján, Tibor – Buzás, Miklós: *Hagomanyos falak*. Budapest 2004.

Souček, Jan: Materiál a konstrukce v lidovém stavitelství na Slovácku. *Slovenský národopis 21*, 1973, s. 646-650.

Syrová, Zuzana – Syrový, Jiří: Jak se zdilo a nezdilo z hlíny. *Svorník 12*, 2014, s. 267-284.

Škabrada, Jiří: *Konstrukce historických staveb*. Praha 2007.

Švecová, Soňa: Príspevok k ľudovému staviteľstvu v Tótkomlóši. *Národopisný věstník Československý 33*, 1956, s. 322-335.

Václavík, Antonín: *Luhačovské Zálesí. Příspěvky k národopisné hranici Vlašska, Slovenska a Hané*. Luhačovice 1930.

10 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE/VÝSTUPY Z ORIGINÁLNÍ PRÁCE

Novotný, Martin - Všianský, Dalibor: *Ruční výroba nepálených cihel* [online]. Národní ústav lidové kultury – Masarykova univerzita 2015a [cit. 30. 7. 2020]. Dostupné z: https://www.nulk.cz/wp-content/uploads/2017/03/cihly.pdf.

Novotný, Martin - Všianský, Dalibor: *Hliněný podhoz a jádrová omítka na nabíjeném hliněném monolitickém zdivu* [online]. Národní ústav lidové kultury – Masarykova univerzita 2015b [cit. 30. 8. 2020]. Dostupné z: http://www.nulk.cz/wp-content/uploads/2017/03/podhoz.pdf.

Novotný, Martin: *Hliněná omítka (lepenice) na dřevěné konstrukci tradičních staveb* [online]. Národní ústav lidové kultury 2017 [cit. 1. 9. 2020]. Dostupné z: https://www.nulk.cz/wp-content/uploads/2017/02/NULK-CM_-2017-hlinena_omitka.pdf.

Novotný, Martin: *Konstrukce hliněné podlahy* [online]. Národní ústav lidové kultury 2019 [cit. 1. 10. 2020]. Dostupné z: http://www.nulk.cz/wp-content/uploads/2019/12/NULK-01-19_metodika.pdf.

Novotný, Martin: *Konstrukce hliněného mlatu* [online]. Národní ústav lidové kultury 2020 [cit. 15. 10. 2023]. Dostupné z: https://www.nulk.cz/wp-content/uploads/2020/12/NULK_2020_hlineny_mlat_metodika.pdf

Sokolář, R.: *Posouzení cihlářských hlín z hlediska jejich vaznosti*. Brno 2012. Uloženo v archivu NÚLK.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV POZEMNÍCH STAVEB - CERTIFIKAČNÍ SPOLEČNOST, s.r.o.

Autorizovaná osoba Oznámený subjekt Certifikační orgán pro systémy managementu a kvalitu budov Zkušební laboratoř

Certifikační orgán pro výrobky, procesy, kvalifikaci a EPD

vydává

C E R T I F I K Á T

Ověřené metodiky

č. CM – 23 – 007

Název metodiky: **Konstrukce nabíjeného monolitického hliněného zdiva**

Zpracovatel metodiky: **Národní ústav lidové kultury**

IČ: 00094927
DIČ: CZ00094927

Zámek 672, 696 62 Strážnice

PhDr. Martin Novotný, Ph.D.

Předmět a uplatnění metodiky: Metodika stanoví technologický postup výroby hliněného těsta a rukodělného provádění monolitického nabíjeného hliněného zdiva, jako tradiční nosné konstrukce venkovských staveb. Uvádí se dva typy dřevěného bednění, do kterého bylo hliněné těsto ukládáno a ručně hutněno. Metodika obsahuje konstrukční zásady, které se uplatňují pro statické zajištění objektů. Metodika se použije ve smyslu zákona č. 20/1987 Sb. pro restaurování národních kulturních památek, nebo kulturních památek nebo objektů, které jsou součástí památkových zón nebo rezervací, kdy musí být použity umělockořemeslné a technické postupy respektující technickou a výtvarnou strukturu původního díla, obdobně tak k realizaci kopií původních objektů při zachování uměleckořemeslné a původní technické práce. Metodika je určena zejména pro potřeby Národního ústavu lidové kultury (NÚLK), při budování kopií historických staveb, údržby a opravy stávajících objektů v Muzeu vesnice jihovýchodní Moravy (MVJVM). Dále může být využita i dalšími muzei v přírodě, která mají za cíl uchování kulturního dědictví. Certifikovaná metodika vznikla díky institucionální podpoře Ministerstva kultury na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace NÚLK v roce 2023.

Výzkumný ústav pozemních staveb - Certifikační společnost, s.r.o. provedl nezávislé ověření metodiky z hlediska její novosti, reprodukovatelnosti, použitelnosti a validity k původním uměleckořemeslným postupům.

Certifikát se vydává na základě protokolu o ověření č. P-CM-23-009 ze dne 27. 11. 2023, který uvádí zjištění ověření podkladů a závěr ověření.

Certifikát osvědčuje, že metodika je formálně a z hlediska použitých technických zvyklostí a postupů věcně správná a srozumitelně zpracovaná. Dále osvědčuje novost a reprodukovatelnost metodiky a validitu podkladů použitých pro její zpracování.

Certifikát osvědčuje, že byly splněny požadavky pro doporučení metodiky pro její praktické využití, v rozsahu výše uvedeného uplatnění.

Výzkumný ústav pozemních staveb - Certifikační společnost, s.r.o. je organizací třetí strany ve smyslu ČSN EN ISO/IEC 17065, akreditovanou Českým Institutem pro akreditaci, o.p.s. pro certifikaci výrobků, procesů a EPD a ke zkoušení stavebních výrobků, konstrukcí a technických zařízení budov. Ověření metodiky bylo provedeno s využitím principů ČSN EN ISO/IEC 17065, mimo rozsah akreditace uvedených subjektů.

Certifikační schéma: ověření procesu / metodiky
Datum vydání: 27. 11. 2023
Výtisk č.:

Ing. Lubomír Keim, CSc.
vedoucí certifikačního orgánu pro výrobky a procesy

CERTIFIKAČNÍ ORGÁN PRO VÝROBKY A PROCESY VÚPS Certifikační společnost Výzkumný ústav pozemních staveb