

B. Metodika princípov rozhodovania Pamiatkového úradu SR
vo veciach stavebnotechnického /alebo reštaurátorského/ zásahu

časť 11.
Súčasnú požiadavku na výstavbu
Statika, technické normy a sanácie
Zabezpečenie statickej funkcie pri zachovaní autenticity

Vypracoval:
Jan Vlnař

Príloha č. 8

Historická stavba a její nosné konstrukce

OBSAH

1.	ÚVOD	2
2.	PAMÁTKOVÁ HODNOTA	2
3.	KATEGORIE STAVEB	3
4.	STATIKA STAVBY	4
4.1.	ÚNOSNOST	5
4.2.	DEFORMACE	6
4.3.	TUHOST	7
	TŘENÍ	8
	ARMOVÁNÍ NÁROŽÍ	9
	OBLÁ NÁROŽÍ	9
	DŘEVĚNÉ VĚNCE	9
	DŘEVĚNÉ VĚNCE V ZEMĚTŘESNÝCH OBLASTECH	10
	TÁHLA	10
4.4.	VYVĚŠENÍ RAMENÁTŮ PŘI STAVBĚ KLENBY	11
4.5.	ZVÝŠENÍ TUHOSTI STAVBY	11
4.6.	STABILITA	12
5.	POSUZOVÁNÍ A NÁVRH OPRAVY	13
5.1.	PRIORITY	14
6.	ROZDÍLY V NAVRHOVÁNÍ HISTORICKÝCH A NOVODOBÝCH STAVEB/ BEZPEČNOST	14
7.	STATICKE ZAJIŠTĚNÍ / NOVODOBÉ MATERIÁLY A TECHNOLOGIE	15
8.	ZÁCHRANA A OBNOVA DEVASTOVANÝCH OBJEKTŮ	16
9.	STÁRNUTÍ MATERIÁLŮ A KONSTRUKCÍ	17
9.1.	VNĚJŠÍ VLIVY	17
9.2.	PŮSOBENÍ VLHKOSTI	19
9.3.	OCHRANA PŘED VLHKOSTÍ	21
10.	TRVANLIVOST / ŽIVOTNOST	24
10.1.	ÚDRŽBA	25
10.2.	ŽIVOTNOST MATERIÁLŮ A KONSTRUKCÍ	26
11.	ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV	27

1. ÚVOD¹

U nosných konstrukcí historických staveb je prvotní jejich prostorotvorná funkce (vytvoření a uzavření objemu stavby, dispoziční řešení a naplnění požadavků na účel stavby). Kromě toho mají nosné konstrukce historických staveb téměř vždy i funkci architektonickou, estetickou a izolační (tepelně, zvukově i proti vlhkosti), tyto funkce naplňují i povrchy nosných konstrukcí. Pro historické stavby je charakteristické těsné propojení a spolupůsobení všech konstrukcí a neoddělitelnost jejich funkcí. Proto je nutné **každou** historickou stavbu a její funkce **posuzovat jako celek**.

Tato charakteristika zásadně odlišuje historické stavby od staveb novodobých, které vznikly v době industriální výroby materiálů, prvků a konstrukcí a na základě jejich navrhování podle moderních vědeckých metod. Podstatou industrializace je ekonomie výroby, navrhování a stavby, jejímž důsledkem je stále vyšší specializace oborů a vymezení funkcí jednotlivých konstrukcí. Nosné konstrukce se stále více oddělují od povrchů a izolací, architektonický výraz vytvářejí někdy materiály, někdy samostatné dekorativní prvky, někdy volná prostorová tvorba architekta a méně často statické (nebo i dynamické) řešení nosné konstrukce, případně polemika se statickými principy.

2. PAMÁTKOVÁ HODNOTA

Památkovou hodnotu stavby kromě umělecké výzdoby a architektury tvoří i její hmotná podstata, technologie a zejména vopovídací hodnota stavby. Současná doba přináší prostředky a vědecké metody, které se stále zdokonalují a které umožňují podstatně prohloubit naše poznatky o všech stránkách života a kultury minulých dob. Proto jsou předmětem ochrany **všechny** konstrukce včetně povrchů, tedy podlahy, omítky, obklady, nátěry, malby, truhlářské prvky, kování atd. Chrání se nejenom původní části stavby (z doby vzniku), ale všechny konstrukce a prvky, které jsou autentické (to znamená takové, které jsou dokladem historie stavby a které vznikly v době, kdy stavba byla přiměřeně využívána a nebyla devastována)

Mimořádnou důležitost má zachování **nosných konstrukcí** (stěn, základů, krovů, stropů, kleneb), které představují podstatnou část objemu celé stavby. Ideální podmínky pro uchování památkové hodnoty jsou u staveb, které si zachovaly stejné nebo podobné využití, jaké měly v dobách minulých. Velkou důležitost má proto volba účelu využití, která by měla být možností historického objektu přiměřená. Součástí památkové ochrany je také **ochrana** původní (autentické) **funkce** nosných konstrukcí – to znamená, že přednost se vždy dává opravě, případně doplnění nebo zesílení, před výměnou konstrukce nebo dokonce změnou konstrukčního systému.

Opravy a doplňky by se měly přednostně dělat pomocí autentických technologií a materiálů. Využití moderních materiálů by mělo být výjimečné a vždy dostatečně zdůvodněné. Tento přístup, který je u historických památek dnes už samozřejmý, je třeba prosazovat i u památek technických a novodobých, které jsou mimo jiné dokladem pokroku technologie a vědy v moderní době.

¹ Příloha č. 8. metodiky **Statika, technické normy a sanácie**, vychádza z textu, ktorý vydal Národný památkový ústav v Českej republike: VINAŘ, J. *Metodika oprav nosných konstrukcí památkově chráněných objektů. Zajištění statické funkce při zachování autenticity* [online]. Praha: NPÚ, 2022 [cit. 5. septembra 2023]. ISBN 978-80-7480-175-4. Dostupné na: <https://www.npu.cz/publikace/metodika-oprav-nosnych-konstrukci-pamatkove-chronenych-objektu.pdf>. Text je voľne šíriteľný.

3. KATEGORIE STAVEB

Při posuzování historických staveb je třeba si uvědomit, že nároky na jejich kvalitu, trvanlivost a životnost se lišily podle toho, pro jaký účel a v jakém prostředí vznikaly. Tato okolnost se výrazně projevuje při posuzování nosných konstrukcí historických staveb. Proto jsme pro účely Metodiky rozlišili kategorie staveb:

I. Vysoká stavební kultura – Stavba je navrhována a řízena osobami s vysokou kvalifikací (architekty, mistry), všem prvkům a konstrukcím je věnována značná pozornost, počítá se s dlouhou životností stavby, kterou zajišťují mohutnější dimenze prvků a pečlivý výběr materiálu, práce provádějí specializovaní řemeslníci. V tomto prostředí vznikaly stavby mimořádného charakteru, reprezentativní stavby pro bohaté investory (církevní stavby, hrady, zámky, významné stavby ve městech). U staveb tohoto typu se častěji setkáváme s netradičním řešením a inovacemi architektury i konstrukcí, s importem, vytvářením a zdokonalováním prototypů nových konstrukcí, které sloužily jako vzor a byly pak široce užívány. U vynikajících staveb (zejména starověkých) se můžeme setkat se zcela mimořádnými rozměry, dimenzemi a kvalitou provedení (pyramidy, chrámové stavby, hradby). Je zjevné, že v těchto případech bylo záměrem vytvoření stavby s neomezenou životností. Dochované památky dokládají, že se tento záměr podařilo naplnit.

II. Standardní stavební kultura – Do této kategorie patří většina našich zachovaných památek, zejména městských, od středověku do 20. století, ale i řada staveb vesnických, jako menší kostely, tvrze, fary, panské dvory, větší statky a od 18. a 19. století i vesnické obytné a hospodářské budovy. Charakteristické je užívání osvědčených typologických, architektonických a konstrukčních schémat, často odvozených z prostředí vysoké stavební kultury. Pro naše kulturní prostředí je příznačná specializace a vysoká kvalifikace řemeslníků. Životnost těchto staveb byla asi 100 let, této životnosti odpovídá i cyklus úprav a přestaveb vyvolaných změnami v užívání (morální životnost daná střídáním 2 až 3 generací uživatelů).

III. Rustikální stavební kultura – Do této kategorie je možno zařadit stavby stavěné podle tradičních vzorů vesnických staveb z materiálů místní provenience, prováděné s ohledem na úsporu nákladů a s nižšími požadavky na životnost. Při přejímání stavebních typů, konstrukcí a architektonických prvků ze staveb vyššího standardu dochází ke zjednodušení, někdy nevhodnému uplatnění nebo nepochopení původních vzorů, ne zcela funkčnímu použití nebo poddimenzování konstrukcí. Rustikální charakter mají mnohdy i některé nosné konstrukce (například krovy) městských domů, které mají jinak vysoký standard. Poddimenzované krovy těchto objektů jsou dokladem pauperizace prostředí některých měst v 19. století.

Roubené a hrázděné stavby vesnických domů (ale i kostelů), které vznikaly v prostředí s vysokou kulturou zpracování a užívání dřeva, mohou patřit do kategorie standardní i rustikální stavební kultury. Je pro ně charakteristické užívání tradičních typologických a konstrukčních schémat a práce lokálních řemeslníků, pravděpodobně se svépomocí stavebníka. Roubené a hrázděné vesnické stavby mnohdy navazují na starší technologii a vzory vytvořené v prostředí standardní stavební kultury, kde byly v minulosti běžné, dnes se však zachovaly jen ojediněle (Waldštejnské domy v Liberci).

U vesnických staveb se počítalo pravděpodobně s padesátiletou životností, které odpovídá trvanlivost dřevěných konstrukcí a konstrukcí využívajících hlínu, slámu a jiné organické materiály (roubení, lepenice).

IV. Pauperitní, primitivní a provizorní stavby – Do této kategorie je možno řadit objekty stavěné se záměrem minimalizovat náklady. Tento charakter mohou mít stavby pravěké, stavby

primitivních kultur, jednoduché stavby hospodářské, dočasné stavby (salaše) nebo nejchudší stavení. U těchto staveb se počítalo s nízkou životností (jen několik let), byly stavěny většinou svépomocí jednoduchou stavební technikou, jejich konstrukce jsou velmi často poddimenzované.

U zachovaných historických staveb se setkáváme se všemi kategoriemi. Hodnotu historické památky dnes už neurčují kritéria z doby jejího vzniku. Od vzniku novodobé památkové péče se oceňovala estetická, architektonická, případně umělecká úroveň stavby, a dokonce i patina stáří, která mnohdy vzniká degradací původního materiálu. To bylo donedávna prvořadým měřítkem hodnoty památky, dnes oceňujeme i kvalitu technického a řemeslného provedení, autentičnost a **vzácnost** zachování. Mimořádnou památkovou hodnotu tak mohou mít i stavby nebo jejich části, které vznikly jako stavby primitivní nebo dočasné. V těchto případech je třeba jak posouzení a hodnocení stavby, tak i návrhu a provedení opravy věnovat maximální pozornost.

4. STATIKA STAVBY

Při zjišťování poruch a jejich příčin a při návrhu stavebních úprav a zásahů do nosných konstrukcí je vždy nutné zabývat se stavbou jako celkem. Je nutno řešit problémy únosnosti a stability konstrukcí, pevností materiálů, tuhosti konstrukcí i celé stavby a s její ochranou proti vnějším vlivům, zejména proti vlhkosti. Památková péče musí posuzovat stávající i nově navrhované skladby konstrukcí, které by svými fyzikálně chemickými vlastnostmi a svou funkcí mohly nepříznivě ovlivnit historické konstrukce a jejich stav.

Při analýze příčin poruch je nutné rozlišit poruchy lokální a systémové. Lokální poruchy jsou způsobeny příčinou, která působí místně, například podmáčení základu, přetížení pilíře zdiva, narušení uložení krovu v místě, kde zatéká.

Systémové (globální) poruchy jsou způsobeny konstrukční závadou (krov bez vazných trámů), plošně působící vlivy (hniloba pilot při poklesu hladiny podzemní vody, narušení zazděné pozednice, založení na neúnosných půdách). V tomto případě bývá nutná změna nebo zásadní úprava konstrukčních systémů.

Pro určení příčin poruch a rozlišení poruch lokálních a systémových je důležité rozlišení směrů trhlin. Trhliny, které jsou podélné nebo příčné (ve směru delší osy prostoru stavby nebo na osu kolmé), bývají projevem vady nebo poruchy konstrukce samotné nebo konstrukce s ní spolupůsobící. Trhliny nesouhlasné s orientací prostoru – šikmé (v rovině svislé) nebo diagonální (v rovině vodorovné) – signalizují lokální poruchu. Směry trhlin udávají směry působení sil – tahovou trhlinu způsobila síla k trhlině kolmá, smyková síla působila ve směru trhliny. Z průsečíků směrů šikmých a diagonálních sil je možno určit působiště příčiny lokální poruchy.

Při analýze poruch je nutné počítat s tím, že různé příčiny mohou způsobit poruchy, které vypadají stejně nebo podobně, a že téměř každou stavbu ovlivňuje více příčin. Proto musí být objasněna příčina každé poruchy.²

Je třeba rozlišovat trhliny, které jsou projevem poruch, od trhlin, které funkci konstrukce neohrožují. U klenb kostelních lodí na větší rozpětí se setkáváme s podélnými trhlinami v ose klenby, které jsou dokladem působení zděné klenby jako trojkloubového oblouku.³ Pokud jsou klouby v uložení klenby neposuvné, je tento statický model stabilní. Je proto třeba vždy zkoumat, zda podélná trhlina

² Viac pozri v: [Príloha č. 1. Příprava a realizace oprav a stavebních zásahů do nosných konstrukcí památkově chráněných staveb, 4. Analýza průzkumů.](#)

³ Viac pozri v: [Statika, Technické normy a sanácie; Klenba, Statický model klenby.](#)

v ose není doprovázena trhlinami při patkách klenby nebo v čelech lunet, které by dokládaly posun patek klenby.

Od statických trhlin (které vznikají působením statického zatížení – hmotnosti konstrukce, užitého zatížení, větru a sněhu), je nutno rozlišovat trhliny **dilatační**, které vznikají působením dynamického a teplotního zatížení. Periodické působení těchto sil se projevuje vznikem trhlin v místech nejmenší tuhosti stavby (v okenních osách, ve sparách mezi jednotlivými stavebními etapami a pod.). V novodobých stavbách se dilatační spáry vytvářejí záměrně. V historických stavbách mají tuto funkci někdy trhliny, které vznikly působením zatížení statického, jindy spáry mezi jednotlivými etapami. Dilatační trhliny vznikají v místech, kde jsou rozdíly v založení (různá hloubka základové spáry, různá únosnost základové půdy) nebo v místech, kde se výrazně mění tuhost stavby. Rozlišení statických a dilatačních trhlin a posouzení jejich vlivu na stabilitu a únosnost je nutno provést velmi pečlivě, protože zajištění dilatačních trhlin by mohlo vyvolat jejich vznik v jiném místě (případně i v místě dosud neporušeném).

Statické a dilatační trhliny je nutno rozlišit také od **smršťovacích** trhlin, které vznikají při objemových změnách některých materiálů,⁴ při vysychání dřeva, dotvarování zdiva, konsolidaci základové půdy a pod.

4.1. ÚNOSNOST

Únosnost historické stavby závisí na únosnosti jednotlivých konstrukcí a jejich spolupůsobení. Únosnost stavby jako celku výrazně ovlivňuje působení vodorovných sil. Vodorovné reakce od stálého zatížení vznikají u všech konstrukcí prostorových (krovy, klenby) nebo šikmých. U historických staveb byly vodorovné reakce krovů zachyceny vaznými trámy, reakce kleneb svislým zatížením podpor, táhly nebo opěráky. V mnoha případech však vodorovné reakce přebíraly spolupůsobící konstrukce, zejména zdivo, které bylo v historických stavbách masivní a mělo velkou tuhost. Pokud analýza poruch zjistí, že příčinou narušení je vodorovná reakce konstrukcí, je žádoucí obnovit autentický způsob zachycení vodorovné síly (pokud byl narušen) nebo doplnit konstrukci způsobem, dobově a materiálově adekvátním.⁵ Vkládání novodobých konstrukčních systémů využívajících železobetonové, ocelové nebo předpjaté prvky by se mělo využívat jen zcela **výjimečně** v případech, kdy řešení vycházející z autentických konstrukcí nepostačuje. Nezbytné je zdůvodnění a schválení takového řešení již ve stadiu Koncepce.⁶

Únosnost konstrukce je dána konstrukčním systémem a jeho tuhostí, pevnostmi materiálů, provedením spojů a uložením konstrukce. S určitým zjednodušením je možno formulovat některé principy, které se u historických nosných konstrukcí (pravděpodobně na základě empirie) uplatňovaly:

- čím je konstrukce (klenba, krov) nebo prvek (nosník, trám, vazník) vyšší – tím větší je jeho únosnost a menší vodorovná reakce,
- čím větší je sklon šikmé konstrukce (šikmý nosník, krov, klenba, opřený žebřík) – tím větší je její namáhání tlakem a menší namáhání ohybem a tím menší je vodorovná reakce,

⁴ Viac pozri v: [Statika, Technické normy a sanácie, kap. Novodobé pamiatkovo chránené stavby, Novodobé tvrdé omietky a obklady.](#)

⁵ Viac pozri v: [4.3. Tuhost.](#)

⁶ Viac pozri v: [Príloha č. 1. Příprava a realizace oprav a stavebních zásahů do nosných konstrukcí památkově chráněných staveb, 5. Koncepce řešení.](#)

- lomený oblouk (oblouk parabolický nebo nadvýšený) je únosnější než půlkruhový, protože má vyšší vzepětí.

Možnosti zvýšení únosnosti konstrukce:

- zvýšení pevnosti materiálu – je možné jen ve velmi omezené míře,⁷
- doplnění chybějícího a výměna degradovaného nebo narušeného materiálu/prvku (provádí se u dřevěných a zděných konstrukcí),
- zesílení poddimenzovaných prvků,
- doplnění nebo zesílení konstrukce,
- změna konstrukčního systému.

Při volbě způsobu zvýšení únosnosti je třeba u památkových objektů respektovat priority pozri v: **5. Posuzování a návrh opravy/Priority**. Stavební zásahy do památky by **vždy** měly vycházet z únosnosti **autentických** nosných konstrukcí a z **možností** obnovení jejich původního stavu. Přednost se dává metodám, které nenaruší původní konstrukce, a které jsou **odstranitelné**. Návrh využití nebo rekonstrukce stavby, který vyžaduje zvýšení únosnosti nosných konstrukcí chráněné památky, je přípustný jen ve zcela **výjimečných** případech.

4.2. DEFORMACE

V oblasti bezpečného působení prvku/konstrukce se předpokládá pružné chování materiálu (tj. deformace účinkem síly a návrat do původního stavu po odlehčení) a lineární závislost poměrného přetvoření (zkrácení, prodloužení, zkosení) na napětí, která je vyjádřena tuhostními charakteristikami (moduly pružnosti).

I v rámci pružného chování materiálu může deformace ohrozit funkci konstrukce, proto je velikost deformace některých konstrukcí omezena. Meze deformací stropů jsou dány užíváním. Podle dnešních předpisů je omezení deformace stropů (**doporučený průhyb**) dáno těmito požadavky:

- průhyb stropu nemá být viditelný,
- průhyb stropu nemá být při chůzi pocíťován,
- průhyb stropu nesmí způsobit trhliny v podhledu,
- průhyb nosníku nesmí způsobit poruchu v uložení (soustředěné zatížení v podpoře může porušit zdivo a způsobit vypadnutí trámu ze zdi).

První dva požadavky v minulosti nemusely být splněny – velké průhyby průvlaků jsou u historických staveb běžné. U větších rozpětí (6 až 7 m) je pro dimenzování dřevěného nosníku rozhodující průhyb, a proto stropy historických staveb někdy nevyhoví na průhyb podle současných norem. U památkově chráněné stavby bude viditelný průhyb tolerován, je však nutné posoudit, zda není projevem přetížení nosníku. V žádném případě není **přípustné přitěžovat** nosníky, jejichž průhyb přesahuje doporučenou mez.

U dřevěných nosníků o velkém rozpětí, které jsou trvale zatížené (průvlak stropů na velké rozpětí) může vzniknout trvalý (nevratný) průhyb. Tato vlastnost dřeva se využívá při výrobě ohýbaného nábytku (většinou bukového), kdy se napařené profily mechanickou silou tvarují podle šablony. Podobně i ve stavbě se u silně zatížených nosníků vlivem vyšší teploty a vlhkosti při změně

⁷ Viac pozri v: **Statika, Technické normy a sanácie; Murované konštrukcie.**

počasí snižší modul pružnosti, vlákna dřeva se protáhnou, nosník se prohne, ale protože se nezmění zatížení, nezmění se ani průhyb.

Výpočet deformací je účinnou pomůckou při posuzování prutových konstrukcí, zejména u prostorově složitých krovů. Nadměrná deformace upozorní na místo, kde má konstrukce nedostatečnou tuhost. Porovnáváním deformací matematického modelu je možno vyhledat nejúčinnější místo pro vložení ztužujícího prvku. Teprve po vyrovnání deformací celé konstrukce má smysl posuzovat napětí v jednotlivých prvcích.

Obdobně se postupuje při posuzování staveb, jejichž konstrukční systémy spolupůsobí – například, když jsou na vazných trámech krovu osazena táhla, která zachycují vodorovné reakce klenby, současně dochází k pootočení základu nosné zdi v patě a ke vzniku trhlin v klenbě i ve zdivu. Vzájemné spolupůsobení konstrukcí a jejich tuhosti je možno analyzovat porovnáním deformací a poruch matematického modelu se skutečností.

4.3. TUHOST

Pro zajištění odolnosti při namáhání vodorovnými silami je nutné, aby stavba jako celek měla dostatečnou tuhost. Je možno zobecnit zkušenost, že pokud má historická stavba vyhovující tuhost, vyhoví na únosnost, stabilitu a zpravidla i z hlediska deformací (s výjimkou stropů).

Ve stavbě působí zejména tyto vodorovné síly:

- příčné tahy od svislého zatížení,
- reakce šikmých a prostorových prvků a konstrukcí (nedostatečně ztužené krovky, klenby),
- vnější zatížení – vítr, zatížení dynamická (otřesy, zemětřesení, bouřky), tepelné zatížení, havárie, stavby, propady v sousedství,
- poruchy (poklesy ve zdivu, v základech, narušení dřeva),
- změna využití (přetížení, přestavby).

K tuhosti celé stavby přispívá:

- Geometrie stavby – skloněný líc zvyšuje stabilitu staveb ze suchého zdiva, vysokých věží italských měst, barokního opevnění, opěrných zdí apod.
- Masivnost stavby.
- Opěráky a opěrné systémy gotických kostelů, vtažené pilíře barokních kostelů, pilíře opěrných zdí. Opěráky jsou historickým způsobem zachycení vodorovné síly, který se může ve **zdůvodněných** případech uplatnit i dnes jako účinný a šetrný způsob.
- Prvky, které jsou schopny zachytit tah (táhla a věnce) se uplatňovaly jako původní i dodatečné konstrukce. Pokud jsou autentická táhla historické stavby narušena, je žádoucí obnovit jejich funkci. Nutnost vložení nových táhel do chráněné památky musí být **prokázána** statickým výpočtem a analýzou alternativních možností zajištění stavby.
- Tuhé konstrukce, které byly součástí stavby, významně zvyšovaly její celkovou tuhost (hrázdění, příhradové konstrukce, klenby, rámové konstrukce, nárožní zámky a příčné stěny roubených staveb, vetknutí do země u sloupkových staveb). Vložení tuhé konstrukce může být alternativní možností zajištění stavby.
- Na tuhosti historické stavby se podílí větší tloušťka stěn, klenby včetně násypů, zalděné konce trámů a krovu, případně i příčky. Celková tuhost historických staveb byla zajištěna spolupůsobením konstrukcí a obvykle byla dostatečná.

Velmi názorné je porovnaní tuhosti běžného městského domu z 18. století, která byla zajištěna masivnějšími konstrukcemi a jejich spolupůsobením, a domů stavěných podle předpisů z konce 19. a začátku 20. století, které nařizovaly zřízení táhel a věnců (tehdy levné a praktické vytápění uhlím umožnilo zmenšit tepelný odpor stěn (tedy jejich tloušťku) a navrhovat stavbu podle požadavků statiky).

Při opravě stavby je třeba prověřit, zda v současném stavu spolupůsobení konstrukcí tuhost stavby zajišťuje, případně, zda je možné původní spolupůsobení **obnovit**.

Je žádoucí, aby byla **tuhá** každá konstrukce – to znamená, že by neměla přenášet vodorovnou reakci od trvalého zatížení na konstrukce jiné (zejména ne do zdiva). Příklady:

- krov by měl do zdiva přenášet vodorovnou reakci pouze od klimatického zatížení (od větru),
- vodorovnou reakci krovu od stálého zatížení by měl zachytit vazný trám,
- vodorovnou reakci klenby od stálého zatížení by mělo zachytit tření v patce, táhlo nebo opěrák.

Tento princip je třeba uplatňovat při změnách konstrukčního systému historických staveb i při návrhu staveb nových. V současné době projektanti nových staveb (ale někdy i u oprav staveb historických) často spoléhají na to, že vodorovnou sílu od krovu zachytí železobetonový věnec, do kterého je pozednice kotvena. Věnec může vodorovnou sílu zachytit jen tehdy, pokud je vyztužen jako nosník namáhaný vodorovným zatížením, pokud je uzavřený a jeho příčná ramena mohou zachytit celkovou reakci. Věnec pod krovem však obvykle nemá velkou hmotnost a tření ve spáře se zdivem je tedy malé. Zřizování železobetonových věnců v úrovni uložení krovu není efektivní, nevyhovuje požadavku na životnost konstrukce a její odstranitelnost, proto **není** bez řádného zdůvodnění u chráněných památek **přípustné**.⁸

Když je pozednice, která přenáší velkou sílu od krovu, kotvena do zdiva nebo do věnce, může docházet k nadměrnému namáhání a deformacím zdiva – pokud to statický výpočet prokáže, je nutné tuhost krovu zajistit jiným způsobem (například vložením vazných trámů nebo kleštín). Spáru mezi pozednicí a zdivem je třeba posoudit na zatížení větrem – pokud vyhoví, **není třeba** pozednici kotvit.

TŘENÍ

U masivních staveb k zachycení vodorovných sil ve zdivu přispívá tření. Tření je síla, která působí proti směru pohybu tělesa, její velikost je přímo úměrná váze (tíze) tělesa. Úměrou je koeficient tření, který závisí na kvalitě styčných ploch.

Úhel vnitřního tření je sklon stabilního svahu zeminy, stěny kužele ze sypaného materiálu nebo zděné pyramidy. Úhel vnitřního tření závisí na velikosti zrna, jeho povrchu, vlhkosti apod.

Koeficient tření ve zdivu je 0,5 až 0,7 – to odpovídá úhlu vnitřního tření 63,43° až 55°.

Pokud šikmá síla ve zdivu působí pod úhlem 63,43°, její svislá složka vyvolá tření, které je stejné nebo větší (s bezpečností 1,4 až 2,1) než vodorovná složka šikmé síly – „**gotický**“ **trojúhelník je stabilní**. Toto zjištění se využívalo u přečnělkových kleneb, které bylo možno stavět bez podepření. Ve sklonu 63,43° jsou velmi často založeny patky gotických katedrál zděné současně s obvodovými stěnami.

Úhel sklonu zikkuratů a egyptských pyramid je 52°, bezpečnost těchto staveb je (1,6 až 2,4). Velikost tření ve zdivu se zvyšovala konstrukčními úpravami (u klenby nadezdívkou, zatížením zdivem patra, u opěrného systému katedrály fiálami).

⁸ Viac pozri v: [Príloha č. 5. Obytné podkroví v historických objektech](#); [9. Stárnutí materiálů a konstrukcí](#).

Vzácné jsou případy zajištění tuhosti zdiva zvýšením součinitele tření – příkladem je suché zdivo z přesně opracovaných bloků (Machu Picchu) nebo cihly s vlnitou ložnou plochou ve zdivu Pantheonu.

ARMOVÁNÍ NÁROŽÍ

Největší vodorovné síly jsou při nárožích, proto se u staveb z lomového zdiva nároží armují mohutnými kvádry – ve spáře je velké tření, které dokáže vodorovné síly od zatížení zachytit i v případě, že je spára částečně narušená. Pro stabilitu stavby a její trvanlivost je žádoucí, aby kameny v nároží, které zajišťují tuhost celé stavby, byly velké, pravidelné, měly dobře opracované ložné plochy a byly dobře provázány se zdivem stěn. Kde tyto zásady nebyly dodrženy, tam dochází k narušení nároží.

OBLÁ NÁROŽÍ

Ne všude byl k dispozici kámen, ze kterého bylo možno tesat kvádry. Velká část našich hradů je postavena z pevných krystalických břidlic, které se lámou nepravidelně a nedají se opracovat. Pokud nebylo možné dovézt pískovec, dostala nároží oblý tvar.

Oblá nároží se u hradů vyskytují často, Dobroslava Menclová charakterizuje skupinu “hradů s obalovou zdí a zaoblenými rohy”, ve které vidí “výtvarné přehodnocení” dosavadního vývoje, a pro kterou bychom “v sousedních zemích hledali marně nějakou starší obdobu”. Menclová má samozřejmě pravdu v tom, že oblá nároží se stala významným výtvarným prostředkem, který stavitelé záměrně využívali. Dynamické linie a tvary hradů působily na své současníky jistě stejně emotivně jako na nás. Je zde patrný rozdíl proti hradům, jejichž zdi s ostrými hranami armovanými mohutnými kvádry měly působit dojmem pevnosti a nedobytnosti. Ale přesto si myslíme, že “tvárné a pružné útvary”, jak píše Menclová, nebyly výsledkem prvotního výtvarného záměru, ale důsledkem nezbytnosti stavět z lomového, někdy i špatně vazného kamene. Příčný tah se tak nesoustředil do nároží, ale rozprostřel se do větší šířky – u válcových věží do celého obvodu stavby.

Skutečnost, že hrady s oblými nárožími se vyskytují právě u nás, by mohla vyplývat z geologie Čech, kde převažují horniny vyvřelé a přeměněné (zejména v oblastech, kde se stavělo nejvíce hradů). Pískovce jsou u nás hojné, ale s výjimkou některých oblastí se z pískovce hrady stavěly jen málo a s pískovcovými ostěními a kvádry se vždy šetřilo. Vápenec je u nás na rozdíl od jiných zemí vzácnější.

DŘEVĚNÉ VĚNCE

Oblá nároží jsou i na hradě Zlenice. Místní kámen je velmi pevný a nepravidelně se láme a pískovec na tesaná nároží není v blízkosti hradu dostupný.

Zdivo s nepravidelnou vazbou má nízkou pevnost v tahu a smyku, proto v něm snadno vznikají trhliny. Staří stavitelé při zdění z nepravidelného kamene obvykle velmi pečlivě vyrovnávali spáry plochými šibry, odštěpky, které vznikají při lámání kamene. Drobný kámen však při těžbě místního kamene vzniká jen v malém množství, proto zdivo zlenického hradu není dobře provázané. Stavitelé není možno obvinít z nedbalosti, jejich péči dokládá to, že zdivo má malou mezerovitost, protože nešetřili kvalitní maltou. Na závadu je vysoká pevnost horniny, protože větší kameny převezmou velké zatížení, které přenášejí do slabších míst. Projevuje se zde stejný mechanismus jako při zatěžovacích zkouškách – při nárožích vznikly tahové trhliny. Zleničtí stavitelé zjevně o těchto problémech věděli, a proto do zdiva osadili dřevěné věnce. Věnce nebyly průběžné, ale byly uloženy při nárožích, v navázání

dalšího objektu a ve větším rozsahu u stavby založené na prudkém svahu. Věnce byly osazeny při zdění a zality maltou, ve které se zachovaly otisky dřeva.

Funkcí věnců při nárožích bylo rovnoměrné roznesení svislého zatížení tak, aby tření v ložné spáře zachytilo příčný tah. Věnce nebyly provázané, protože masivní stavba velkého paláce měla dostatečnou tuhost. Ztužující funkci měly věnce v objektu založeném na prudkém svahu.

S dřevěnými věnci se u nás někdy setkáme u středověkých staveb věží a hradů, od renesance jsou dřevěné věnce a táhla běžné u zámků, klášterů a kostelů.

Na přerušené a nedostavěné stavbě konventu v Plasích je vidět diferencované užití materiálu: lomový kámen a úlomky cihel pro masivní zdivo (kvůli úspoře nákladů); cihelné zdivo u pilířů a kleneb (kvůli přesnému provedení) a v dočasných zazdívkách kvůli snadnému vybourání; kamenné kvádry (šmorce) pro provázání s budoucí dostavbou; dřevěné věnce pro vodorovné ztužení stavby.

Věnci z cihel ztužovali lité zdivo (emplekton) Římané, stejný význam (roznesení zatížení do větší plochy) měly věnce zděné na parketovou vazbu nebo klasové zdivo (opus spicatum) a klenuté pasy v základech.

DŘEVĚNÉ VĚNCE V ZEMĚTŘESNÝCH OBLASTECH

Pro italské stavitelství (tak jako pro celé Středomoří) jsou charakteristické některé odlišnosti konstrukce budov od našich poměrů:

- požadavky na tepelný odpor vnějších konstrukcí jsou podstatně nižší než u nás a budovy mají slabší vnější zdi,
- budovy mají slabší zdi, ale musí mít dostatečnou tuhost,
- budovy musí odolávat zemětřesení.

V celém Středomoří se proto do zdiva osazují dřevěné věnce ve vzdálenostech cca 75 cm po výšce, věnce jsou při jednom nebo při obou lících – nejedná se však o hrázděné zdivo. Vzdálenost věnců je u staveb z různých kulturních okruhů a různých dob vždy stejná (odpovídá požadavkům ochrany proti zemětřesení podle novodobých norem), smyslem je zabránit při zemětřesení kmitání zdi na celou výšku patra a tím zmenšit amplitudu vlny. V úrovni pater jsou věnce provázány se stropními trámy.

S touto praktikou se můžeme vzácně setkat i u nás. Po velkém požáru Malé Strany v roce 1541 se na její obnově na starých gotických parcelách (například v Mostecké a Nerudově ulici) podíleli vlašští stavitelé, kteří stavěli podle svých zvyklostí – tenké vnější i podélné nosné zdi, na které byly příčně (na celou šířku parcely) položeny stropní trámy a vazné trámy krovu. Ve zdivu je možno nalézt pozůstatky dřevěných věnců v poloze, která odpovídá vyztužení proti zemětřesení obvyklému v Itálii. Tyto praktiky zřejmě vymizely po zjištění, že v našich podmínkách je nutno stavět tlustší zdi (problémy s vytápěním se objevily u mnoha zámků navržených podle italských vlivů, kde se dodatečně zazdívaly arkády) a ztužení stavby dřevěnými věnci není nutné.

TÁHLA

Železná táhla obepínající celou stavbu chrámu sv. Barbory v Kutné Hoře jsou začleněna do kružeb a zasklení oken, jsou zde i příčná táhla v úrovni kleneb bočních lodí, ve vítězném oblouku i nad klenbou lodi hlavní.

Železná táhla jsou spolu se žebry a rubovými pasy součástí konstrukce klenby Vladislavského sálu. Železná táhla osazená viditelně v patě oblouků jsou běžná u arkád renesančních zámků.

Nezbytnou součástí ztužení mnoha barokních kostelů jsou táhla nad klenbou, která mají někdy šikmé rameno zazděné do patky klenby. Vodorovná a šikmá část táhla bývají pod vnější omítkou spojena společnou závlačí o délce až 4 m. U barokních kostelů bývají táhla a závlače na vazných trámech krovů nebo na trámech samostatných.

Železná táhla jsou nezbytnou součástí hospodářských budov (chlívů, ovčínů, sladoven) z 19. století s plochými plackami do pasů, kde táhla bývají zazděna v pase a na vnější straně zdi mají pod omítkou závlače.

4.4. VYVĚŠENÍ RAMENÁTŮ PŘI STAVBĚ KLENBY

Nad klenbami kostelů jsou někdy zachovány dřevěné nosníky a železné prvky, které byly součástí dočasné konstrukce **zavěšených ramenátů**, na které byla vyzdívána klenba. Tyto konstrukce byly nezkušenými projektanty zaměněny za táhla zajišťující vodorovnou složku reakce klenby a byla navrhována nová konstrukce, která měla nahradit jejich údajnou funkci.

Provizorní a pomocné konstrukce jsou zachovány jen velmi vzácně, proto je třeba je chránit, konzervovat a studovat jejich účel a funkci.

4.5. ZVÝŠENÍ TUHOSTI STAVBY

Zvýšení tuhosti stavby bývá nutné u staveb se složitějším stavebním vývojem, kde byly například dodatečně vloženy klenby, nebo kde došlo k poklesům v základech.⁹

Nutnost zvýšení tuhosti stavby je **vždy** nutno prokázat analýzou stavby a jejích poruch a statickým výpočtem.

V předchozí kapitole jsou uvedeny autentické způsoby zajištění celkové tuhosti stavby. Využití nebo obnova **autentických konstrukcí** zajišťujících tuhost objektu má při opravách chráněných památek **prioritu**.

Navržené řešení musí být vždy **zdůvodněno a podloženo** statickým výpočtem. Kromě požadavku na **odstranitelnost** přidané konstrukce, je nutno posoudit i její **životnost**, která by u památkově chráněných objektů měla být minimálně sto let.

Nevyhoví-li některé konstrukce z hlediska únosnosti, přestože stavba nemá statické poruchy a její konstrukční systém byl prověřen dostatečně dlouhou dobou existence, je možno s využitím matematického modelování uvažovat spolupůsobení vedlejších a doplňkových konstrukcí.

Zřízení **železobetonových věnců** pod krovem je u historických staveb většinou zbytečné a z důvodů uvedených výše není u chráněných památek **přípustné**.

Zvýšení tuhosti stavby **předpjatými lany** považujeme za tvrdé řešení, které je **nevhodné** zejména z těchto důvodů:

- konstrukční závady by měly být vyřešeny v jednotlivých nosných konstrukcích, nikoliv přenesením problémů se zachycením vodorovných sil do zdiva,
- do stavby se vnáší další (poměrně velké a navíc vodorovné) zatížení, které ve stavbě nebylo,
- pro osazení táhel je nutné zřizovat kapsy pro poměrně velké kotvící prvky a drážky, které zdivo výrazně oslabují v exponovaných místech,

⁹ Viac pozri v: [Statika, Technické normy a sanácie; Klenba](#).

- u historických staveb táhla a úpravy nutné pro jejich osazení přicházejí do konfliktu s historickými konstrukcemi a prvky,
- účinnost táhel je podmíněna existencí předpětí, jehož udržování je problematické.

Nedostatečnou tuhost stavby je možno většinou zvýšit jednodušším způsobem, například vložením ocelových táhel, která jsou odstranitelná a která je možno snadno **kontrolovat** a **dopínat**.

4.6. STABILITA

Při průzkumech a opravách historických nosných konstrukce staveb je nutné posuzovat stabilitu prvků, konstrukcí i celé stavby, tedy bezpečnost proti změně polohy (zejména vybočení, posunutí a překocení).

U nosných konstrukcí historických staveb je nutno z hlediska stability prověřovat zejména tyto konstrukce a prvky:

- štíhlé nosné prvky ocelových, dřevěných, kamenných a zděných konstrukcí,
- střešní štíty a atiky, zvláště vychýlené nebo s římsami s velkým vyložení, ¹⁰
- římsy všech staveb, zejména při opravách krovů,
- sochy osazené na římsách, atikách, parapetech balkonů,
- krovy věží a věžiček,
- komíny, zejména komíny vychýlené,
- všechny objekty i dílčí části torsálních staveb (zřícenin) a staveb narušených,
- stavby ohrožené zemními pracemi v sousedství nebo změnou vodního režimu,
- opěrné zdi.

Uvedené prvky a konstrukce je nutno posuzovat zejména na:

- vzpěrný tlak,
- zatížení nárazovým větrem,
- ohybový moment vyvolaný vlastní tíhou u vykloněných prvků, prvků s vyloženými římsami a u převislých částí prvků a konstrukcí,
- posunutí nebo překlopení tlakem větru,
- deformace podloží,
- zemní tlak.

Stabilitu uvedených prvků a konstrukcí zajišťují zejména:

- táhla a kotevní prvky zděných nebo kamenných prvků,
- kotvení krovů věží,
- vlastní tíha a tření v uložení,
- opěrné pilíře štítů (zesílení na vnitřní straně), věží, kamenných architektonických prvků,
- kotvení štítů a atik do krovu,
- pilíře, předsunuté základy, rubové konstrukce, zemní kotvy opěrných zdí.

Uvedené prvky a konstrukce musí odpovídat příslušným předpisům pro navrhování.

¹⁰ Víac pozri v: [Statika, Technické normy a sanácie; Nosníky a stopy z iných materiálov.](#)

5. POSUZOVÁNÍ A NÁVRH OPRAVY¹¹

Při posuzování a návrhu zásahů do nosných konstrukcí historické stavby je nutné zachovat následující postup:

1. rozlišit jednotlivé konstrukce stavby (krov, stěny, klenby, základy...),
2. definovat jejich konstrukční systémy a vzájemné vazby (krov spojený s táhlovým systémem klenby...),
3. zjistit a posoudit funkčnost, poruchy, opravy, změny a historii (úplnost, dodatečné prvky, stav, degradaci) jednotlivých konstrukcí a celé stavby,
4. posoudit statickým výpočtem jednotlivé konstrukce a celou stavbu v rozhodujících fázích existence (původní stav, opravy, změny, současný stav bez poruch, současný stav narušený, návrh opravy); posuzují se napětí a deformace v konstrukci, dimenze a spoje prvků,
5. zjistit spolupůsobení konstrukčních systémů (bývá nutné posuzovat statickým výpočtem),
6. určit příčiny poruch na základě zjištění funkce nosných konstrukcí a podrobného průzkumu poruch,
7. navrhnout **odstranění příčin** poruch,
8. navrhnout zásahy do nosných konstrukcí.

Návrh zásahu do nosných konstrukcí musí být **zdůvodněný**, měl by mít jen nezbytně **nutný** rozsah – vždy mají přednost **autentické** technologie a materiály. Pokud je nezbytné (a dostatečně zdůvodněné) užití novodobé technologie, měl by být zásah do nosných konstrukcí památky **reverzibilní** (odstranitelný). Rozhodující body postupu (průzkum, analýza, koncepce, návrh) musí být u památkových objektů schváleny památkovými orgány.

Nosné konstrukce památkových objektů musí vyhovět z hlediska:

- únosnosti,
- deformace,
- stability,
- bezpečnosti,
- trvanlivosti,
- památkové péče.

Všechna tato hlediska jsou stejně důležitá, žádnému z nich nemůže být dána přednost na úkor hlediska jiného. Hledisko ekonomické, uživatelské (požadované změny dispozice, změny zatížení apod.) nebo realizační (využití mechanizace, úsporných technologií apod.) je nutné výše uvedeným hlediskům **podřídít**.

Památkové orgány posuzují splnění všech hledisek, kterým musí vyhovět nejen památkově chráněné objekty, ale i objekty v památkových rezervacích nebo zónách.

Součástí návrhu opravy bude (v uvedeném pořadí):

- odstranění příčin poruch,
- oprava poškození,
- zesílení nebo výměna poddimenzovaných konstrukcí a prvků,
- případné doplnění nebo změna konstrukčního systému,
- postup a způsob provedení prací.

¹¹ Viac pozri v: [Príloha č. 1. Příprava a realizace oprav a stavebních zásahů do nosných konstrukcí památkově chráněných staveb.](#)

5.1. PRIORITY

Při opravě nosných konstrukcí stavební památky je třeba respektovat následující pořadí priorit:

1. konzervace současného stavu, pokud jsou zachovány všechny funkce stavby,
2. obnovení autentického stavu (opravou, případně výměnou poškozených částí), pokud jsou některé funkce narušeny,
3. doplnění konstrukčního systému, pokud měl původní systém vady nebo došlo ke změně podmínek stavby,
4. náhrada původního konstrukčního systému, pokud autentický systém není obnovitelný,
5. vždy je třeba **památkově hodnotné prvky** nosných konstrukcí uchovat a konzervovat – i v případě, že již nemají nebo nebudou mít nosnou funkci.

Při záchraně a obnově devastovaných objektů památkově chráněných a objektů v památkových zónách nebo rezervacích má prioritu zachování památkových hodnot. Postup záchrany a obnovy je nutno navrhnout tak, aby byla zajištěna bezpečnost veřejnosti a pracovníků stavby. Návrh musí být vždy individuální.¹²

6. ROZDÍLY V NAVRHOVÁNÍ HISTORICKÝCH A NOVODOBÝCH STAVEB/ BEZPEČNOST

Dnes se stavby navrhují na základě posuzování mezních stavů únosnosti, deformace, stability, případně trhlin.

Až do 19. století byly obytné budovy masivnější, tehdejší způsob vytápění vyžadoval velké zásoby dřeva, proto byl výhodný velký tepelný odpor vnějších stěn. Vytápění obytných budov uhlím umožnilo v našem podnebním pásmu zmenšit tloušťky obvodového zdiva a dát před náklady na vytápění dát přednost úspoře stavebních nákladů.

Statika 19. století umožnila posuzování a úsporné řešení nosných konstrukcí. Konstrukce a jejich statické modely byly navrhovány s ohledem na tehdejší výpočtové metody (metody výpočtu staticky neurčitých konstrukcí se uplatnily až ve 20. století).

Bezpečnost konstrukce se po vzniku vědeckých metod založených na výpočtu namáhání konstrukce a zjišťování vlastností materiálů posuzovala porovnáním napětí v daném prvku konstrukce s pevností materiálu zjištěnou zkouškami. Průměrnou hodnotou bylo dovolené namáhání.

Ve 20. století¹³ bylo zavedeno posuzování podle stupně bezpečnosti, který byl určen pro určitý typ stavby nebo konstrukce v hodnotách 1,5; 2,0; 2,2... Porovnávalo se napětí vypočtené z reálné kombinace zatížení s dovoleným namáháním materiálu. Stupeň bezpečnosti 2,0 znamenal, že prvek unese dvojnásobné zatížení, než které výpočet předpokládá.

Podle současných předpisů se únosnost prvku posuzuje na základě porovnání s mezním stavem, který je dán pravděpodobností dosažení kritických podmínek zatížení, vlastností materiálu a provedení konstrukce. Pro výpočet únosnosti je ovšem třeba znát pevnosti materiálů, které u historických staveb není možno vždy spolehlivě zjistit. Obtížné je to u dřeva, kamene, kovů, ale zejména u zdiva. Při posuzování historických konstrukcí podle mezních stavů je tedy třeba vyjádřit únosnost v intervalu

¹² Viac pozri v: [Príloha č. 1. Příprava a realizace oprav a stavebních zásahů do nosných konstrukcí památkově chráněných staveb; Statika, Technické normy a sanácie, 2.4. Murované konštrukcie, Vonkajšie konštrukcie.](#)

¹³ CAIS, S. *Statika stavebních konstrukcí – Dějiny stavební mechaniky*. Praha: ČVUT, 1991.

předpokládaných hodnot pevností materiálu a podrobně zjišťovat, která pevnost je u daného materiálu reálná. V každém případě je zřejmé, že metodika výpočtu únosnosti bude odlišná než u nových konstrukcí, kde si pevnost materiálu můžeme volit.

Metodika stupně bezpečnosti je pro posuzování nosných konstrukcí historických staveb názorná. Statické výpočty historických konstrukcí prokazují, že bezpečnost vyjádřená stupněm 2,0 až 2,5 byla u starých staveb obvyklá. Tato bezpečnost je nutná, aby nedošlo ke kolapsu (meznímu stavu) konstrukce v případě, že:

- dojde k mimořádnému zvýšení zatížení (sněhová kalamita, silný vítr),
- byla chyba v projektu,
- byla skrytá vada v konstrukci nebo materiálu.

Dvojnásobná bezpečnost může pokrýt dvě z uvedených příčin, nestačí při mimořádných událostech (povodeň, velké navýšení užitého zatížení, poddolování apod.).

V historických dobách se údajně uplatňovalo tzv. „pěťminutové kritérium“:

- pokud stavba vydrží prvních 5 minut po postavení, zůstane stát alespoň 20 let,
- pokud vydrží 20 let, bude stát alespoň 500 let.

Z těchto kritérií vyplývá, že:

- pokud stavba spadne hned po postavení, návrh měl vážnou konstrukční chybu,
- do 20 let proběhne stabilizace podloží a dotvarování zdiva, bude realizováno užité zatížení, uplatní se vnější vlivy – pokud nevznikly poruchy, byla stavba dobře navržena i realizována,
- pokud nedojde k vnějším zásahům (přestavby apod.) a stavba bude **udržována**, může stát i 500 let – degradace materiálů chráněné a udržované stavby probíhá pomalu.

7. STATICKÉ ZAJIŠTĚNÍ / NOVODOBÉ MATERIÁLY A TECHNOLOGIE

U stavby, která je v **havarijním stavu** nebo je značně narušená, je nutné statické zajištění. Jeho cílem je zajistit bezpečnost, zabránit zřícení stavby nebo jejích částí a zabránit zhoršování stavu objektu. U památkového objektu má havarijní charakter i takový stav nebo okolnosti, které mohou způsobit **ztrátu památkových hodnot** (zatékání do objektu, napadení houbou, volně přístupný objekt).

Pro návrh statického zajištění platí dvojnásob, že nezbytným podkladem je komplexní průzkum a **analýza poruch** stavby a jejich příčin. Opakovaně se setkáváme s návrhy statického zajištění, které nejsou podloženy objektivní, zdůvodněnou a ověřitelnou analýzou, které jsou řešeny bez znalosti stavební historie objektu a bez ohledu na jeho památkové hodnoty. V některých projektech se navrhuje náročné ztužení stavby přesto, že příčiny vzniku trhlin, které jsou ve stavbě, byly v minulosti již odstraněny. Častým argumentem pro zřízení nových věnců a táhel bývá údajná nutnost zvýšení tuhosti stavby. Projektanti, kteří nemají zkušenosti s historickými stavbami, si někdy neuvědomují, že tuhost historických staveb byla podstatně větší než tuhost staveb 19. a 20. století, které táhla nebo věnce mít musejí. Tuhost každé stavby (to jest schopnost odolávat působení vodorovných a dynamických sil) je dnes možno posoudit pomocí matematického modelu.

Statické zajištění památkové stavby je nutné **pouze v případech**, kdy stavba má vážné statické poruchy, mělo by mít jen **nezbytně nutný rozsah** a mělo by být navrženo a provedeno tak, aby nesnižovalo památkovou hodnotu stavby. Tento přístup vyžaduje znalost historických konstrukcí, zkušenost při navrhování jejich oprav, dokonalý průzkum stavby a průkaznou analýzu nosných konstrukcí, **všech** poruch a jejich příčin. Ke každé stavbě je nutno přistupovat individuálně, problémy je třeba řešit tvůrčím způsobem, ne rutinně. Právě rutina byla hlavní příčinou nevhodných zásahů při

nešetrném „zajišťování“ staveb, kdy se plošně uplatňovaly metody, jako zesilování kleneb železobetonovou vrstvou na rubu, ztužování staveb předpjatými táhly, plošná injektáž zdiva a pod.

Projekt statického zajištění musí navrhnout:

- odstranění příčin poruch,
- odstranění poškození,
- odstranění konstrukčních závad,
- ochranu nosných konstrukcí,
- zajištění únosnosti a stability všech nosných konstrukcí.

Charakteristické poruchy a možnosti jejich statického zajištění a opravy pozri v: [Statika, Technické normy a sanácie](#).

Při poruchách nosných konstrukcí se statické zajištění provádělo i v minulosti – známé jsou příklady opakovaných oprav chrámu Haggia Sophia v Konstantinopoli nebo katedrály v Beauvais. Byly zajišťovány poruchy vyvolané chybami v nosné konstrukci, přestavbami nebo poškozením vnějšími vlivy (povodně, požáry). Rejstřík konstrukcí v minulosti užívaných pro statické zajištění byl relativně omezený: zesílení zdiva, opěráky, podchycení kleneb pasy, vložení táhel, vyvěšení dřevěných prvků, vložení prvků zesilujících. V průběhu historie se užívaly stále stejné technologie: zdění, klenutí, dřevěné, železné nebo bronzové prvky.

Od 19. století a zvláště ve 20. století se novodobé materiály a technologie (ocel, cement, beton, železobeton, prefabrikáty, lanová táhla, předpjaté konstrukce, injektáže, lepidla, umělé hmoty, speciální malty, pojiva a nátěry, vodotěsné izolace), které jsou součástí novodobých staveb (a často se efektivně užívají v nosných konstrukcích staveb inženýrských), uplatňují i při opravách a statickém zajištění historických objektů.

Pro použití těchto technologií v historických stavbách platí ve zvýšené míře zásady uvedené výše:

- zjištění příčin poruch,
- nezbytnost a zdůvodnění jejich užití,
- minimalizace, opravitelnost a odstranitelnost zásahu.

Využití moderních technologií je problematické zejména proto, že mají podstatně **nižší životnost** než technologie historické (50 až 100 let), proto by se při opravách chráněných památek, jejichž životnost a opravitelnost musí být dlouhodobě zajištěna, měly využívat jen zcela výjimečně.

8. ZÁCHRANA A OBNOVA DEVASTOVANÝCH OBJEKTŮ¹⁴

Záchranu a obnovu devastovaných objektů je vždy nutno řešit individuálně, je však třeba dodržet následující **postup a zásady**:

- A. Zabránit vstupu a zajistit bezpečnost veřejného prostoru. Vlastník nebo správce objektu (v případě nutnosti na příkaz stavebního úřadu) zřídí zábrany, oplocení, výstražné nápisy.
- B. Urychleně zpracovat odborné posouzení statického stavu a navrhnout provizorní zajištění, které zabráni dalším škodám na objektu nebo ohrožení bezpečnosti.
 - a. U objektů památkově chráněných, včetně objektů v památkových rezervacích a zónách musí odborný posudek zpracovat autorizovaný statik, provizorní zajištění může mít formu výdřevy, vzpěr, táhel, kotev apod. Bez souhlasu orgánu památkové

¹⁴ Víac pozri v: [Torzálna architektura, Kaštiele a kúrie](#).

péče závazného stanoviska je **nepřípustné** bourání, odstraňování střechy, stropů, vyklízení násypů stropů a kleneb, suti a pod.

- b. U objektů památkově nechráněných se někdy již v této fázi zvažují náklady na odstranění stavby nebo její opravu. Tento přístup je u objektů památkově chráněných **nepřípustný** – prioritu mají vždy opatření ad 3.
- C. Realizovat provizorní opatření a provést detailní průzkum stavu objektu.¹⁵ Statický průzkum bude probíhat současně se zaměřením a se stavebněhistorickým průzkumem, které budou dokumentovat aktuální stav objektu.
- D. Na základě průzkumů stanovit zadání projektu opravy. Na zadání projektu se kromě vlastníka, uživatele a investora **musí** podílet i památkové orgány.
- E. Zpracovat projekt opravy nosných konstrukcí, zastřešení a odvodnění. Součástí projektu bude **postup prací**, který bude rozdílný u objektů:
 - a. poškozených havárií (zřícením části objektu, výbuchem, dopravní nehodou, požárem, povodní, vichřicí apod.), kde je nutno přednostně zajistit části objektu, jejichž stabilita nebo únosnost je ohrožena,
 - b. devastovaných dlouhodobě (nedostatečnou údržbou, působením vnějších činitelů, vandalů apod.), které jsou částečně stabilizované a kde je nutno vytypovat a přednostně opravovat havarijní stavby.¹⁶

Koncepce projektu opravy nosných konstrukcí:

- při haváriích je především nutné zajistit **stabilitu** vykloněných nebo vyboulených zdí, výdřevou zajistit klenby, záklenky a překlady (u stavby bez střechy v celém rozsahu), vzpěrami převislé části zdiva, stropů a krovů, učinit opatření pro odvodnění stavby (střešní žlaby a svody napojit na provizorní odpady),
 - dalším krokem by mělo být **zastřešení** (zvažovat vhodnost provizorní nebo definitivní střechy),
 - současně s odstraňováním havarijních stavů je nutné chránit, konzervovat a případně předběžně restaurovat **památkově hodnotné** konstrukce a prvky, které jsou ohroženy.
- F. Studie, která prověří možnosti využití objektu a bude podkladem pro celkový projekt obnovy.
 - G. Projekt celkové obnovy a úprav pro využití objektu.

Obdobně se postupuje u dlouhodobě devastovaných objektů. U devastovaných památkově chráněných objektů je prioritou **vždy** záchrana a obnova autentického stavu. Tento přístup se může uplatnit i v případě totálně zničených objektů.

9. STÁRNUTÍ MATERIÁLŮ A KONSTRUKCÍ¹⁷

9.1. VNĚJŠÍ VLIVY

Stárnutí historických konstrukcí se projevuje především tam, kde přicházejí do styku s vnějším prostředím. Týká se to střech, fasád, nezastřešených objektů a jejich částí, jako jsou terasy, vnější schodiště, pomníky, zříceniny, mosty, ohradní a opěrné zdi apod.

¹⁵ Víac pozri v: [Príloha č. 1. Příprava a realizace oprav a stavebních zásahů do nosných konstrukcí památkově chráněných staveb; 3. Průzkumy.](#)

¹⁶ Víac pozri v: [Statika, Technické normy a sanácie; Murované konštrukcie, Ruiny a torzálne objekty.](#)

¹⁷ Víac pozri v: [Statika, technické normy a sanácie.](#)

Nejvýznamnější jsou povětrnostní vlivy:

- Střídání teplot v průběhu roku vyvolává objemové změny konstrukce. V konstrukci vznikají silová napětí, která působí souběžně s namáháním od mechanického zatížení, a se kterými se musí při návrhu nebo posuzování konstrukce počítat. U chrámu sv. Barbory v Kutné Hoře se výpočtovou analýzou prokázalo, že právě napětí od tepelného namáhání bylo rozhodující pro vznik trhlin a deformací v opěrném systému, který byl dimenzován pouze na statické zatížení.
- Napětí od tepelného namáhání přesahují pevnosti některých konstrukcí v tahu (zejména pevnosti zdiva), důsledkem je vznik dilatačních trhlin. U historických konstrukcí zpravidla nejsou záměrně vytvořené dilatační spáry jako u konstrukcí novodobých. Spontánně vzniklé dilatační trhliny jsou nepravidelné a nejsou kryté proti vnikání vlhkosti, stávají se proto někdy místem, kde dochází k intenzivnější degradaci materiálů.
- Střídání teplot v průběhu dne způsobuje objemové změny a vyvolává vznik mechanických napětí na povrchu konstrukcí. Je jedním z činitelů, který způsobuje stárnutí nátěrů, u omítek, malt a měkkého kamene je jednou z příčin odtrhávání povrchových částí. Tepelné změny a působení mrazu způsobují křehnutí dřeva.
- Při mrznutí vlhkých omítek nebo pórzního kamene se zvětšuje objem a také vznikají silová napětí. Stejně působí led vznikající při mrznutí vody v dutinách nebo v trhlinách.
- Mrznoucí vlhké zeminy působí při zvětšování objemu na související konstrukce tlakem.
- K promrzání zeminy dochází u nás při velkých mrazech (-20°C) trvajících několik dní. Do hloubky 0,8 až 1,0 m promrzají nesoudržné zeminy (písečité hlíny, písky), soudržné zeminy (jíly) až do hloubky 1,5 m pod terénem. K promrzání zeminy za zdí (například za zdí opěrnou) dochází tehdy, nemá-li konstrukce dostatečný tepelný odpor.
- Vítr působí nepříznivě tím, že ochlazuje konstrukce, zesiluje tedy účinek tepelných změn. Vítr unášející částičky zemin působí abrazivně – obrušuje povrch měkčích materiálů (voštinové větrání pískovců, cihelného zdiva, vypreparování zimních letokruhů ve dřevě).
- Na některé materiály, například dřevo, působí destruktivně sluneční záření. Hnědá patina dřeva vzniká v krytých prostorách. V nekrytých prostorách působením slunečního záření společně s vymýváním povrchu deštěm dostává dřevo šedou barvu. Sluneční záření je také hlavní příčinou stárnutí nátěrů.
- Voda ve všech formách (vzdušná vlhkost, zemní vlhkost, déšť, led) spolupůsobí s ostatními povětrnostními činiteli a významně zesiluje jejich účinek. Kromě fyzikálních (mechanických) účinků je velmi významné její působení chemické – rozpouští a vyluhuje chemické látky, které jsou součástí konstrukcí (zejména vápno), transportuje chemické látky v roztoku do jiných částí stavby, kde může docházet k nepříznivým chemickým reakcím, na kterých se podílí i znečištěné ovzduší (sádrovcová koroze). Také koroze kovů probíhá za vlhka daleko intenzivněji.

Voda je také nezbytnou podmínkou působení všech forem činitelů biologických:

- Z těchto činitelů stavby nejvýrazněji ovlivňují vyšší rostliny – dřeviny, ale i byliny. Vegetace nekontrolovaně rostoucí přímo na stavbě nebo v její těsné blízkosti působí na konstrukce mechanicky růstem svých kořenů, případně větvemi, které narušují omítky. Vegetace rostoucí na zdivu získává živiny z malty, kterou postupně rozkládá. V okolí kořenů i koruny dřevin je vyšší vlhkost, která rovněž může stavbu nepříznivě ovlivňovat.
- Biologické napadení stavby začíná plísněmi, řasami, lišejníky a mechy, které vytvářejí podmínky pro uchycení vyšších rostlin. Nezbytnou podmínkou napadení je zvýšená vlhkost a vhodné

živiny. Nižší rostliny se usazují v místech, kam zatéká z okapů, na nedostatečně odvodněných římsách, na soklech, které zvlhčuje zemní vlhkost nebo odstříkující voda. Intenzivnější napadení nižšími rostlinami můžeme pozorovat u staveb, které jsou znečištěné ptačím trusem.

- Napadení dřeva plísněmi, houbami a hmyzem je rovněž podmíněno zvýšenou vlhkostí. Tam, kde delší dobu zatéká, takže dřevo je trvale vlhké, dojde k napadení celulózovornými houbami, které může po několika letech zatékání způsobit destrukci konstrukcí. Pomalejší rozklad dřeva houbami nastává tam, kde je dřevo v trvalém kontaktu s vnějším zdivem – například u zazděných zhlaví trámů. Někdy se setkáváme se zazděnými trámy, které však napadeny nejsou a uchovaly se i více než 200 let v dobrém stavu. Je to patrně v těch případech, kdy bylo použito kvalitní dřevo, zhlaví byla těsně zazděná a střecha byla po celou dobu v dobrém stavu – nebyly zde tedy podmínky nezbytné pro biologické napadení (voda a vzduch).
- Také pro napadení hmyzem musí mít dřevo dostatečnou vlhkost (větší než 18 %). Všechny druhy hmyzu vyhledávají místa, která mají v průběhu roku jen málo proměnlivou vlhkost a teplotu (například dřevo chráněné hliněnými mazaninami). Druhy, které pro své rozmnožování potřebují styk s vnějším prostředím (tesařici), napadají konstrukce, které jsou volně přístupné, například půdy. To neplatí pro červotoče, pro které je stavba jejich životním prostředím, a kteří se s oblibou usazují třeba v dřevěných podlahách v přízemí nebo v zadních stěnách nábytku přistaveného k vlhkým zdem.

Dalším vlivem, který dlouhodobě na stavbu působí, je dynamické zatížení, tedy zatížení, které způsobuje otřesy stavby.¹⁸ Dynamickým zatížením jsou například zemětřesení, údery blesku, řícení skal, otřesy od dopravy (železniční, silniční i letecké), střílení v lomu, výbuchy, válečné události apod. Dynamická zatížení mají obvykle malou intenzitu, přesto však mohou vyvolat otřesy stavby, při kterých vznikají trhliny nebo se rozšiřují trhliny starší. Účinky dynamických zatížení se u stavby existující několik staletí sčítají a mohou se projevit poměrně výraznými trhlinami, ve kterých stavba dilatuje při dynamických i tepelných zatíženích. Vliv dynamických zatížení se výrazněji projevuje u staveb vysokých a štíhlých nebo u staveb složených z celků s rozdílnými tuhostmi. Účinek otřesů (zejména zemětřesení) se více projeví u staveb založených na pevném podkladu (na skále).

Posledním, ale mnohdy **velmi významným** vlivem, který zhoršuje stav stavby, jsou nevhodné nebo neuvážené zásahy do okolí (stavební činnost v sousedství, zásahy do vodního režimu, tunelování, změny dopravní situace apod.) a nevhodné zásahy do stavby samé.

9.2. PŮSOBENÍ VLHKOSTI¹⁹

Hlavním činitelem, který působí na nezastřešené konstrukce, je voda pronikající do horních ploch i do stěn konstrukce. Dochází k tomu při dešti (přímo nebo ostříkem), z tajícího sněhu, z vyšší úrovně neodvodněného terénu, ke kterému konstrukce přiléhá, pronikáním zemní vlhkosti z vyššího terénu nebo vzlínáním. Voda ovlivňuje stav konstrukce vyplavováním rozpustných složek malty i staviva (nejvýznamnější je vyluhování vápna z malty), vyplavováním malty ze spar a zvýšením vlhkosti zdiva. Vlhké zdivo je narušováno mrazem, vlhké prostředí zpravidla urychluje průběh chemických reakcí ve stavivu i v maltě, dochází k rozpouštění a migraci solí. Vlhkost je nezbytná pro růst vegetace na zdivu i

¹⁸ URUSHADZE, S., PIRNER, M., BAYER, J. *Památkový postup – ochrana památkových objektů proti vibracím*.

Praha: Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd České republiky, 2021.

¹⁹ Viac pozri v: [Vlhnutie objektov, soli a sanácia vlhkosti a biodegradácia \(riasy, machy, huby\), sanácia](#).

pro biotické napadení zdiva (řasy, plísně), které přispívá zejména k narušení omítek. Významnými činiteli ovlivňujícími stav konstrukcí jsou kromě vody i tepelné změny, které vyvolávají objemové změny materiálu a vítr, který způsobuje mechanické poškození materiálů. V konkrétních případech většinou působí několik činitelů společně.

K poškození konstrukcí nejčastěji dochází:

- snížením pevnosti:
 - malty, ze které je vyluhováno vápno,
 - zdiva, ze kterého je vyplavena malta,
 - zdiva prorostlého kořeny vegetace, která mění maltu na humus;
- namáháním tahovými silami:
 - při zvětšení objemu mrznoucího zdiva,
 - při zvětšení objemu krystalizujících solí vyplavených k povrchu zdiva,
 - při zvětšení objemu korodujícího železa (např. u skob, kterými jsou spojovány kamenné prvky),
 - při růstu kořenů,
 - při tepelných dilatacích,
 - při dynamickém zatížení,
 - působením příčných sil od svislého zatížení;
- mechanickým rozrušením a úbytkem materiálu při větrné abrazi.

Rozvolňování zdiva je zvláště intenzivní u nechráněných korun a v líci zdiva. U nechráněné koruny odpadávají kameny z líců, jádro zdi odolává déle – u zdiva z lomového kamene vzniká charakteristická homole, jejíž stěny mají sklon přibližně 60°. Tento sklon odpovídá tzv. „gotickému“ trojúhelníku, jehož výška se rovná základně. Koeficient tření ve zdivu na hliněnou maltu je 0,5 – při sklonu líce, který odpovídá odvěsnám v poměru 1:2, vyvodí vlastní tíha tření, které má stejnou velikost jako vodorovná složka tíhy, takže v tomto sklonu je relativně stabilní i narušené zdivo (bez malty).²⁰

Působení vnějších činitelů je v různých klimatických oblastech značně odlišné, pro vnitrozemskou (kontinentální) oblast mírného pásu, ve které jsou naše země, je charakteristické především působení vody, mrazu, vegetace a dřevokazných hub. Zvláště nepříznivá je kombinace vysokých srážek a mrazu, ale také velké tepelné rozdíly mrazivého vzduchu a oslunění v zimě.

Původní řešení historických staveb působení těchto činitelů omezovalo, stavby byly udržovány, docházelo k periodickým opravám, počítalo se s nižší životností. Stavební památky ve velké většině již svou životnost překonaly. Jejich současný stav nezávisí tolik na trvanlivosti jejich materiálu a kvalitě konstrukce jako na údržbě a způsobu využití.

Historický vývoj prokázal, že v našem podnebí je nejúčinnější ochranou staveb před vnějšími vlivy střecha se sklonem 40° až 50°, při kterém spolehlivě fungují skládané krytiny (šindel, břidlice i krytina pálená).

Nezastřešené historické stavby, které působení vnějších činitelů dobře odolávají, mají některé rysy společné. Je možno formulovat zásady, které se staří stavitelé snažili dodržovat:

- horní plocha konstrukce byla téměř vždy chráněna stříškou nebo pečlivě vyzděnou korunou,
- pro exponované plochy byl volen nenasákavý a nenamrzavý materiál (cihly nebo kvalitní kámen – žula, krystalická břidlice, nikoliv pískovec),

²⁰ Víac pozri v: [4.3. Tuhost; Tření](#).

- prvky vystavené působení tepelných dilatací a mrazu byly masivní, byly spojovány kovovými sponami, které byly zalévány olovem nebo sírou,
- exponované prvky byly ukládány do velmi kvalitní malty s dostatečným množstvím pojiva, důležité bylo, aby maltové lože bylo **bez mezer**,
- detaily exponovaných (kamenných) prvků byly pečlivě řešeny, dlažby a prvky tvořící plochy vystavené dešti měly co nejužší spáry,
- užití vápenných malt zaručovalo, že konstrukce byla vždy prostupná pro vodu,
- byla věnována přiměřená péče odvodnění,
- údržba a pravidelné opravy byly samozřejmé.

9.3. OCHRANA PŘED VLHKOSTÍ

Vlhkost je hlavním původcem škod na památkových objektech. Zásady ochrany dřevěných konstrukcí před vlhkostí pozri v [Príloha č. 3. Ochrana dřeva; 1. Ochrana dřeva proti vlhkosti](#). Stavbu jako celek je třeba chránit především před srážkovou a vzlínavou vlhkostí, které poškozují nejenom povrchy (nátěry a omítky), ale i nosné konstrukce, zejména zdivo, a mohou způsobit vážné poruchy základů.

Před srážkovou vodou objekt chrání střecha, vodu se střechy je třeba odvést tak, aby nezatékala do stavby a nezvyšovala vlhkost zeminy. Terén v okolí stavby musí být odvodněn tak, aby voda nezatékala do stavby a aby vsakující se voda nezvyšovala vlhkost zeminy v blízkosti stavby.

Odvedení srážkové vody musí zajišťovat spolehlivý a dobře udržovaný systém odvodnění. Jeho součástí jsou: střešní žlaby a svody, okapní chodníky, spádování terénu, odvodňovací rigoly, dešťová kanalizace. Pokud je stavba poškozována vlhkostí, je nutné nejprve odstranit **závady v odvodnění**, které se vyskytují téměř u každé stavby.

Pokud stavba nemá střešní žlaby, voda z okapu vymílá terén a vsakuje se u paty zdiva. V těchto případech je vždy třeba zřídit a pravidelně udržovat okapní chodníky a udržovat terén ve spádu od zdiva.

Pro snížení množství vody, která ovlivňuje objekt, má největší význam odvedení vody ze střechy pomocí střešních žlabů a svodů do kanalizace. Střešní žlaby ovšem mohou být zdrojem značných poškození, pokud nejsou pravidelně čištěny, není kontrolován jejich spád a pokud jsou narušené. U některých staveb, například u kostelů, kde by bylo obtížné žlaby čistit, je někdy vhodnější od zřízení žlabů upustit.

Dešťové svody nesmí být poškozené, pokud nejsou zaústěny přes lapač střešních splavenin (gajgr) do kanalizace, musí být ukončeny kolenem nad nepropustnou mísou nebo žlábkem, který odvádí vodu do dostatečné vzdálenosti od zdiva – podle spádu terénu, nejméně však 4 m.

Dešťová kanalizace je nevhodnějším způsobem odvodnění, musí však být nepropustná, musí mít revizní šachty a musí být **pravidelně čištěná**. Starší betonové kanalizace (například na hřbitovech) jsou většinou úplně zanesené hlinou (pokud nemají revizní šachty). Zřízení kanalizace na hřbitovech (i bývalých) je někde problematické, je vhodné vést trasy kanalizace pod cestičkami. Na hřbitovech značnou překážku v odvodnění představují hroby. Zvláště problematické jsou hroby těsně u kostelní zdi. Pokud nejsou udržované, je vhodné je odstranit nebo upravit tak (ponechat jen pomník), aby byl terén dobře odvodněn. Staré hroby jsou často zarostlé křovinami, nepříznivě působí i keře udržovaných hrobů, pokud jsou blízko zdiva. Terén v patě stavby musí být udržován, dřeviny by neměly být těsně u zdiva a neměly by bránit odtékání vody z terénu.

Terén by měl mít minimální spád 5 %, vždy směrem od zdi. Pokud se terén svažuje ke stavbě, je vhodné zřídit ve vzdálenosti 3 až 4 m od zdiva odvodňovací rigol, který se do terénu zařizne. Nedostatečné odvodnění terénu se pozná podle porostu – voda se drží a vsakuje tam, kde je mech a vlhkomilné byliny.

Odvodněním je třeba se zabývat u každé stavby. Příčiny vlhkosti ve stavbě má smysl zkoumat teprve po odstranění uvedených závad v odvodnění. Účinek odvodnění se na snížení vlhkosti stavby projeví s určitým zpožděním, proto je vhodný tento postup:

1. zdokumentovat stav vlhkosti zdiva a poškození vlhkostí způsobená,
2. odstranit závady v odvodnění,
3. účinek provedených opatření vyhodnotit (nejlépe po 1 roce),
4. zabývat se **odvlhčením** stavby.

Ve většině případů je hlavní příčinou vysoké vlhkosti ve zdivu špatné odvodnění. Po odstranění závad v odvodnění je třeba vyhodnotit situaci a polohu stavby, geologickou stavbu podloží, zástavbu i terén v okolí stavby (včetně změn, ke kterým došlo v průběhu její existence), zdroje vlhkosti atd. Všechny tyto okolnosti výrazně ovlivní volbu metody **odvlhčení**. Ne všechny metody jsou vhodné pro odvlhčení památky, proto jejich výběr musí být proveden uvážlivě.

Památky většinou nemají izolace proti vlhkosti. Dehtové a asfaltové lepenky se užívají teprve od 20. století, jejich životnost, a tedy i účinnost obvykle není delší než 50 let.

Novostavby je možno chránit před vlhkostí tak, že mezi zdroj vlhkosti a stavbu vložíme nepropustnou izolaci. U existující stavby je však velmi obtížné tento způsob ochrany před vlhkostí uplatnit. Účinnou metodou může být podřezání nebo infúze, důsledkem vložení nepropustné izolace do zdiva je někdy výrazné zvýšení vlhkosti zdiva **pod** vloženou izolací nebo clonou. Pokud je zdivo se zvýšenou vlhkostí nad úroveň terénu, dochází k jeho intenzivní degradaci vyluhováním, chemickými změnami a mrazem. Při uplatnění těchto metod u památkových staveb je nutno posoudit stav zdiva pod izolací a vyřešit návaznost na vodorovnou izolaci podlahy v interiéru.

Metodou **nevhodnou** pro odvlhčení památkových staveb jsou odvětrávací kanály na vnější straně zdiva. Hlavním důvodem je to, že je velmi obtížné kanály udržovat v takovém stavu, aby do nich nezatékalo stropem nebo nepronikala vlhkost z terénu. Kanály pak spíše vlhkost sbírají, než aby ji odváděly. Druhým důvodem je vystavení základové spáry vlivům prostředí, u namrzavých zemin může dojít k podmrzáání základů. U městských staveb mohou být účinnou metodou snížení vlhkosti ve zdivu anglické dvorky, **vždy** je však nutné (a někdy je to obtížné) zajistit, aby do dvorků nezatékalo, aby byly odvodněné, větrané a především udržované. Příklady dokládají, že správně provedené a po řadu let dobře fungující anglické dvorky v důsledku nedostatečné údržby způsobily vážné poškození stavby.

Nevhodné (u všech staveb) je zřizování drenáží ve výkopu na vnější straně zdiva, které je v poslední době oblíbené. Drenáž přivádí k základu vodu a (i když je drenáž dobře odvodněná) dochází ke vztlínání vody do základového zdiva, k vyluhování a vymývání zdiva. Osazení nopové folie do výkopu na vnější straně zdi je rovněž **nevhodné**. Nopová folie sice zabrání kontaktu základového zdiva se zeminou, pro odvětrání vlhkosti je však naprosto neúčinná. Pokud se dostane voda mezi folii a zdivo (a tomu se nedá dlouhodobě bránit sebelépe vyřešeným detailem), bude její účinek zcela opačný – dojde ke zvýšení vlhkosti ve zdivu. U základů na jílovitých zeminách způsobila drenáž při základech podstatné zhoršení únosnosti základové zeminy – důsledkem byl pokles základů a vznik trhlin ve zdivu.

Metody, které jsou zde charakterizovány jako nevhodné, nemusí v každém případě vést ke zhoršení vlhkostních poměrů. Zkušenosti však potvrzují, že uplatnění těchto metod přináší tak velká rizika, že je lépe je neužívat.

K metodám **účinným** při snižování vlhkosti ve zdivu historických budov patří zřízení větracích kanálků v interiéru. Kanálky musí být dobře dimenzované (například tvarovky IGLÚ), musí mít dobře dimenzovaný přívod vzduchu i odtah. U památkových objektů je tato metoda využitelná jen v případě, že prostor pod podlahou není archeologickým terénem, do kterého by se mělo zasahovat jen zcela výjimečně.

Obdobná omezení mají další účinné metody: sanační omítky a aktivní elektroosmóza, které je možno využívat jen tam, kde je možný zásah do omítek.

Sanační omítky je u památek možno uplatnit tam, kde jsou původní omítky zcela zničené vlhkostí. Při aplikaci sanačních omítek se stává, že investor nedodrží návrh výrobce omítek a v zájmu úspor nechá provést sanační omítky jen na vlhkém zdivu. Tento přístup je riskantní, protože nad sanační omítkou vznikne zóna zvýšené vlhkosti, kde může po opravě dojít k degradaci omítek, které jsou dosud dobře zachovány. Navázání sanačních omítek na původní omítky a jejich nátěry je dnes většinou možné bez problémů. Při aplikaci sanačních omítek by neměly být odstraňovány starší nenarušené omítky. U památkových staveb se totiž často vyskytují hydraulické omítky původní nebo užitě při opravách, které jsou dobře zachované, i když nejsou celistvé. V těchto případech je nutno od aplikace sanačních omítek (které by měly být v celistvé ploše), upustit a volit jinou omítku, u které se bude počítat s častější obnovou.

Aktivní elektroosmóza je účinná metoda, která zasahuje do původních omítek jen v omezené míře. Jejím většímu rozšíření (a prověření její účinnosti) většinou brání vyšší náklady.

Ve výjimečných případech může být účinná drenáž, která sníží vysokou hladinu podzemní vody nebo zabráni přítoku podzemní vody tím, že přetne jeho horizont. Tuto metodu není možno navrhovat bez podrobného geologického a hydrogeologického **průzkumu** a projektu. Její účinnost je nutno **prokázat**. V každém případě musí být taková drenáž **v dostatečné vzdálenosti** od objektu. Tato vzdálenost se rovněž musí určit na základě podrobného průzkumu.

Dalším zdrojem vlhkosti, který může vést k degradaci konstrukcí (zejména dřeva) je vysoká vzdušná vlhkost v interiéru. Jejím zdrojem může být mokrá provoz ve stavbě, případně i vlhkost ve stavbě, která je užívána pouze nárazově. U takových staveb dochází k poškozování povrchů, zejména omítek, plísněmi a řasami, které bují v místech, kde dochází ke vzniku rosného bodu. Pro ochranu stavby v těchto podmínkách je rovněž nutný kvalifikovaný návrh konstrukčních úprav a provozních opatření (vytápění, temperování, větrání), je také nutné zpracovat návrh údržby.

Významným zdrojem vlhkosti mohou být úniky z instalací. Těm je třeba předcházet pravidelnou údržbou a okamžitou opravou všech technických zařízení.

Stavební materiály a zeminy jsou pórézní. V pórech o průměru 0,01mm se projevuje kapilární vzlínavost (kapilarita), tzn. že díky molekulárním silám, které působí mezi stěnou póru a povrchem vody může voda v pórech nastoupat až do výše cca 1,5 m nad souvislou hladinu vody.

Voda v kapilárách je kapalná – ze zdi se může dostat jen otevřenými póry při povrchu zdiva, když se změní v páru. K přeměně vody v páru je nutné dodat skupenské teplo. K tomu dojde při zahřátí povrchu stěny ve vytápěném interiéru nebo zahřátím vnějšího povrchu stěny slunečním zářením nebo proudícím teplým vzduchem.

Vlhký vzduch se do zdiva dostává otevřenými póry (i kapilárami) a trhlinami z interiéru i z exteriéru. Při ochlazení (studený interiér, tepelné mosty, vnější nároží panelových domů) se vodní pára obsažená ve vzduchu změní v kapalinu a kapilarita ji udrží ve zdivu.

Pronikání vody do zdiva se zabrání hydrofobizací = vytvořením nesmáčivého povrchu. Hydrofobizace není trvalá, musí se obnovovat.

Vápenná malta s hydraulickou přísadou má otevřené póry, vniká jimi voda i vlhký vzduch, ale při zahřátí povrchu se vlhkost ze zdiva odvětrává. Při opakovaném pronikání a odvětrávání vlhkosti se rozpouští a z malty vyplavuje vápno, dochází k její degradaci, proto je nutné malty na bázi vápna pravidelně opravovat.

Cementová malta má póry uzavřené, není vlhkostí narušována, má tedy větší trvanlivost. Při tvrdnutí se cementová malta smršťuje, vznikají v ní trhliny, kterými do zdiva (malty) vniká vlhký vzduch a zatéká. Odvětrání vlhkosti z úzkých trhlin brání kapilarita – trhliny v cementové maltě se nepříznivě projevují zejména ve sparách zděných korun, parapetů, říms i dlažeb v exteriéru.

Vyplnění trhlin (spárováním, případně injektáží) má tedy význam nejenom pro zvýšení homogenity zdiva, tedy zajištění nosné funkce,²¹ ale i proti pronikání vlhkosti do zdiva.

10. TRVANLIVOST / ŽIVOTNOST²²

Životnost novodobých staveb je dána trvanlivostí jejich konstrukcí a morální životností. Morální životnost je doba užívání stavby způsobem, pro který byla navržena. Po změně způsobu užívání nebo po dožití jejich konstrukcí se stavba rekonstruuje nebo zbourá.

Trvanlivost doplňkových konstrukcí (technického zařízení a vybavení, instalací, povrchů, izolací, výplní otvorů) je cca 30 let – po uplynutí této doby se obvykle provádí generální oprava.

Morální životnost:

- u panelových domů se generální opravy prováděly asi po 40 až 50 letech,
- u činžovních domů z konce 19. století:
 - se modernizace prováděla asi po 60 letech,
 - generální opravy se provádějí asi po 100 letech.

Trvanlivost nosných konstrukcí novodobých staveb je vyšší než 100 let. Pokud je stavba udržována, mají její nosné konstrukce životnost v řádu staletí. Investoři novodobých komerčních staveb však obvykle počítají s životností investice nižší než 100 let. Před uplynutím této doby dojde k radikální přestavbě nebo (častěji) k nahrazení jinou stavbou.

Východiska péče o památkově chráněné stavby jsou odlišná:

- trvanlivost (fyzická životnost) stavebních konstrukcí je vysoká (v řádu staletí),
- existence památky vysokou trvanlivost jejich konstrukcí potvrzuje,
- cílem památkové péče je prodloužit životnost památky a jejich konstrukcí,
- využití, úpravy a údržba nesmí trvanlivost autentických konstrukcí památky snížit.

Z uvedeného vyplývá, že **morální životnost chráněné památky je neomezená**. Nutnou podmínkou úspěšné péče o památku je **využití**, které není v rozporu s uvedenými východisky.

²¹ Viac pozri v: [Statika, technické normy, sanácie; 2.4. Murované konštrukcie; Diagnostika, posudzovanie a opravy muriva.](#)

²² Viac pozri v: [Vlhnutie objektov, soli a sanácia vlhkosti a biodegradácia \(riasy, machy, huby\), sanácia.](#)

10.1. ÚDRŽBA

Velmi důležitá je údržba všech povrchů. Ta má dvě stejně důležité funkce:

- chrání konstrukce před přímým působením degradujících činitelů (před srážkovou vodou, před pronikáním vody do konstrukce, tepelnými změnami, chemickými vlivy, slunečním zářením, biologickým napadením),
- zajišťuje vyhovující vzhled objektu.

Údržbou povrchů rozumíme:²³

- Pravidelnou obnovu nátěrů vnějších omítek – měla by se provádět tehdy, když nátěr již omítku nechrání, dříve, než dojde k narušení omítky. Tímto způsobem se dříve udržovala venkovská stavení, která se každý rok na jaře bílila vápnem (to mělo význam i z hlediska hygienického), pravidelně se obnovovaly i nátěry hospodářských budov šlechtických statků, erárních železničních staveb, někteří z nás to zažili i na vojně. U památkových objektů je možno nátěr provést v rámci údržby, ovšem na základě **závazného stanoviska** památkových orgánů.
- Pravidelnou obnovu nátěrů oken a dveří – zde platí stejné zásady, které se dříve dodržovaly. Pokud se nátěr obnovuje dříve, než dojde k jeho narušení (to znamená po 4 až 6 letech), je možno okna udržet v dobrém stavu po **neomezenou dobu**. Je to dobře patrné na stavu oken městských domů, kde dřevo pravidelně natíraných oken si uchovává všechny své vlastnosti po dobu delší než sto let.
- Pravidelnou obnovu nátěrů oplechování, kovových prvků fasád, dřevěných střešních prvků, šindelových krytin.
- Pravidelnou obnovu nátěrů ocelových prvků.
- Pravidelnou opravu podlah, zejména podlah poškozených provozem (uvolněná prkna, dlaždice, případně prošlapání podlahy).
- Pravidelnou obnovu spárování režného zdiva, které chrání před pronikáním vlhkosti.

Důležitou součástí ochrany objektů před stárnutím je udržování jejich funkce. Objekt, který není využíván, velmi rychle chátrá. Platí to zejména o obytných a výrobních objektech, ve kterých je celá řada technických zařízení, která přestanou fungovat, když nejsou delší dobu v provozu. Proto v objektu, který není dočasně využíván, by měla být technická zařízení udržována tak, aby si svoji funkci zachovala.

Problém udržení původní funkce má zásadní význam zejména u technických památek, kde je často předmětem ochrany právě původní funkce. U památek, jejichž součástí jsou strojní zařízení (mlýny, kovárny), jsou nároky na pravidelnou údržbu podstatně vyšší a mnohdy jsou skoro stejně náročné jako v době, kdy stroje byly v pravidelném provozu (stroje parní, elektrické).

K významným památkám se v poslední době řadí i technické památky, jejichž funkci nebylo možno udržet (hutě, vápenky, cihelny). U těchto památek se údržba omezuje na konzervaci zachovaného stavu. Často jde o památky, jejichž životnost byla omezená, byla dána opotřebením strojního vybavení a stárnutím materiálů (vyzdívek, ocelových konstrukcí). Například životnost vysokých pecí se uvažovala v řádu několika málo desítek let, po té době byla provedena celková oprava nebo úplná přestavba. Této životnosti odpovídal i charakter provozní údržby – udržovala se funkčnost strojních zařízení, nátěry se obnovovaly jen v omezené míře.

²³ Viac pozri v: [Príloha č. 1. Příprava a realizace oprav a stavebních zásahů do nosných konstrukcí památkově chráněných staveb; 8.1. Záruční doba a údržba.](#)

10.2. ŽIVOTNOST MATERIÁLŮ A KONSTRUKCÍ

Rozhodující je, v jakém prostředí se materiál nebo konstrukce nachází a jaké nároky na něj činí provoz v daném prostředí. Obecně je možno říci, že všechny stavební materiály mají vysokou životnost (řádově staletou), pokud se nacházejí v chráněném prostředí a nejsou nepříznivě ovlivňovány těžkým provozem (dynamická zatížení, chemické produkty). Jestliže vlhkost dřeva nepřekročí hodnotu 18 %, vlhkost zdiva 7 % a nedochází ke vzniku rosných bodů na povrchu konstrukcí, stárnutí většiny materiálů se neprojevuje. Tyto podmínky jsou dodrženy v budovách užívaných k pobytu osob, je však obtížné je udržet v budovách nevyužívaných.

Jiná je situace u materiálů a konstrukcí vystavených vnějšímu prostředí. V tabulce je charakterizována životnost konstrukcí v závislosti na expozici. Uvedené hodnoty by měly platit pro konstrukce zřizované nebo obnovované v současné době, stáří existujících staveb je ovšem v řadě případů mnohonásobně větší. Uvedená životnost je podmíněna pravidelnou údržbou.

konstrukce	životnost	údržba
režné zdivo ve vnější expozici		
z cihel	100-500 let	nutná oprava spar a výměna jednotlivých cihel
z pískovcových kvádrů	100-500 let	nutná oprava spar
lomové z vyvřelin, krystalické břidlice	100-500 let	nutná oprava spar
lomové z opuky/měkkého pískovce	100-500 let	nutno chránit omítkou
beton (ve vnější expozici)	100 let	
železobeton (ve vnější expozici)	50-100 let	nutná oprava korodující výztuže
roubené a hrázděné stavby	100-200 let	nutná výměna napadeného dřeva
ocelové konstrukce (ve vnější expozici)	100-200 let	opakované nátěry
krytiny pálené	70 let	opravy
krytiny břidlicové		
(měděné hřebíky)	100 let	opravy
(železné hřebíky)	50 let	
krytiny plechové (měď, olovo)	300-400 let	opravy
krytiny plechové (pozink)	100 let	nátěry 10-15let
krytiny šindelové	30 let	bez obnovy nátěrů
	70 let	nátěry 8-10let
		opravy šindele
omítky vápenné s hydraulickým pojivem	30-70 let	nutno včas opravit poškozená místa
omítky cementové	70-100 let	nutno včas opravit vlasové trhliny
restaurování omítek, kamenných prvků	10-30 let	nutné sledovat
okna	100-200 let	nátěr 4až 6 let

Životnost stavby závisí kromě vlastností materiálu a působení vnějších činitelů také na konstrukčním řešení. Z analýzy historických památek vyplývá, že z hlediska dlouhodobé životnosti jsou příznivé tyto vlastnosti stavby:

- stavba je masivní – má velký objem, její prvky mají velkou hmotnost,
- stavba je kompaktní (zdivo má malý objem mezer),
- stavba je stabilní (působení vodorovných sil je eliminováno vlastní hmotností stavby),
- stavba je plošně založena,

PRÍLOHA Č. 8. HISTORICKÁ STAVBA A JEJÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

- založení je odolné vůči klimatickým vlivům,
- stavba je zastřešená,
- konstrukce stavby jsou prostupné pro vlhkost,
- materiály stavby nepodléhají degradaci vlivem vlhkosti,
- únosnost a stabilita stavby a jejích konstrukcí nezávisí na:
 - prvcích namáhaných **tahem**,
 - dřevěných prvcích,
 - kovech podléhajících korozi,

U žádné stavby nejsou a ani nemohou být splněny všechny tyto požadavky, ale při posuzování chráněných památek je vždy účelné, zkoumat, které z uvedených požadavků konkrétní stavba nesplňuje, jakým způsobem ji to ovlivňuje a jaké má být konstrukční řešení opravy, obnovy a stavebních úprav, aby životnost památky byla prodloužena.

11. ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

CAIS, S. *Statika stavebních konstrukcí – Dějiny stavební mechaniky*. Praha: ČVUT, 1991.

URUSHADZE, S., PIRNER, M., BAYER, J. *Památkový postup – ochrana památkových objektů proti vibracím*. Praha: Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd České republiky, 2021.



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



MINISTERSTVO
KULTÚRY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



PAMIATKOVÝ ÚRAD
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Plán obnovy a odolnosti SR, Komponent 2: Obnova budov
Reforma zvýšenia transparentnosti a zefektívnenia rozhodnutí
Pamiatkového úradu SR

B. Metodika princípov rozhodovania Pamiatkového úradu SR vo veciach stavebnotechnického /alebo reštaurátorského/ zásahu

Časť 11. Súčasnú požiadavky na výstavbu

STATIKA, TECHNICKÉ NORMY, SANÁCIE

ZABEZPEČENIE STATICKEJ FUNKCIE PRI ZACHOVANÍ AUTENTICITY

PRÍLOHA Č. 8

HISTORICKÁ STAVBA A JEJÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

AUTOR METODIKY

Jan Vlnář

ODBORNÝ RECENZENT

Vladimír Kohút

POĎAKOVANIE

Ondřej Šefců

Jiří Fajman

REDAKCIA

Anna Gondová

JAZYKOVÉ ÚPRAVY

Text neprešiel jazykovou úpravou.

VYDAL

Pamiatkový úrad Slovenskej republiky

Cesta na Červený most 6, 814 06 Bratislava

Vydanie prvé

© 2023

www.pamiatky.sk