

Zdeněk Štefek, Pavel Zejda, Václav Kupilík

SPODNÍ STAVBA HISTORICKÝCH BUDOV





Ing. Zdeněk Štefek

Ing. Pavel Zejda, Ph.D.

doc. Ing. Václav Kupilík, CSc.

Spodní stavba historických budov

Grada Publishing

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

■ **SPODNÍ STAVBA HISTORICKÝCH BUDOV**

Ing. Zdeněk Štefek, Ing. Pavel Zejda, Ph.D., doc. Ing. Václav Kupilík, CSc.

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, www.grada.cz
tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400
jako svou 6398. publikaci

Odpovědná redaktorka Tereza Otcovská
Sazba Martina Mojzesová
Jazyková korektura Martina Mojzesová
Fotografie na obálce archiv autorů
Fotografie v textu z archivu autorů, pokud není uvedeno jinak
Ilustrace z archivu autorů
Počet stran 176
První vydání, Praha 2016
Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

© Grada Publishing, a.s., 2016
Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2016

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

ISBN 978-80-271-9475-9 (pdf)
ISBN 978-80-247-4846-7 (print)

■ Obsah

Úvod	9
1 Stavební vývoj ochrany spodní stavby	11
1.1 Historie ochrany spodní stavby proti vlhkosti	11
1.1.1 Klasické historické způsoby ochrany spodní stavby před působením vlhkosti	14
2 Geotechnika spodní stavby	17
2.1 Pohyb vody v zemině	17
2.2 Stlačitelnost a konsolidace základové zeminy	18
2.3 Zemní tlak	18
2.4 Sedání základové půdy	19
2.5 Stabilizace zemin	19
3 Příčiny poruch spodní stavby z hlediska geotechniky	20
3.1 Příčiny poruch v podzákladích	20
3.2 Poruchy základových konstrukcí	21
3.2.1 Příklad sedání konstrukce	21
3.2.2 Příklad součtového zatížení	21
3.2.3 Příklad dodatečného přitížení	22
3.2.4 Vliv vnějšího zatížení na základové konstrukce	23
3.2.5 Změna hladiny podzemní vody	24
3.2.6 Objemové změny zeminy (smršťování, bobtnání)	25
3.2.7 Vliv promrzání zeminy na konstrukce stavby	26
3.3 Poruchy vzniklé fyzikálními vlivy	27
3.3.1 Vliv změn teploty na stavební konstrukce	28
3.3.2 Vliv změny vlhkosti na stavební konstrukce	29
3.4 Poruchy vzniklé chemickými vlivy	29
3.4.1 Agresivita podzemní vody	30
3.4.2 Chemické vlivy ovzduší a prostředí	31
3.4.3 Koroze stavebních materiálů	31
3.5 Poruchy vzniklé nesprávným založením	32
3.6 Poruchy staveb způsobené středověkým poddolováním	32
3.7 Poruchy staveb způsobené geologickými aspekty	34
3.7.1 Příklad porušení obytného domu – svahový pohyb	34
3.7.2 Příklady porušení obytného domu vlivem geologických poměrů	35
3.8 Negativní vliv vegetace a návrhy opatření proti těmto vlivům	37
3.8.1 Rozmístění dřevin ve vztahu k zástavbě	38
3.8.2 Sanace objektů poškozených smrštěním podloží	38
3.9 Poruchy staveb od dynamického namáhání	39
4 Způsoby ochrany z hydrogeologického hlediska	40
4.1 Požadavky na kvalitu stavebního díla s ohledem na ochranu spodní stavby	40
4.2 Ochrana staveb proti vodě a vlhkosti	41

4.2.1	Hydrofyzikální namáhání spodní stavby	41
4.2.2	Snižování hydrofyzikálního namáhání spodní stavby	43
4.2.3	Navrhování a provádění hydroizolací – hlavní hydroizolační principy	47
4.2.4	Dodatečná ochrana – sanace vlhkosti staveb	47
4.3	Historické postupy ochrany staveb proti vodě a vlhkosti	48
4.3.1	Drenáže a odvodňovací systémy	48
4.3.2	Utěsnění jílovými vrstvami	50
4.3.3	Vzduchoizolační systémy	52
4.3.4	Hydroizolace použitím nepropustného staviva	55
4.3.5	Hydroizolace za pomoci povrchové úpravy staviva	56

5 Nejčastější chyby při rekonstrukcích spodní stavby z hlediska ochrany proti vlhkosti 59

5.1	Plošná dutina v interiéru vytvořená použitím profilované fólie	62
5.1.1	Způsob nápravy	63
5.2	Konstrukce a materiály bránící difuzi vodní páry z podzákladí	66
5.2.1	Sanace konstrukce pod úrovní terénu	66
5.2.2	Sanace konstrukce nad úrovní terénu	67
5.3	Nerespektování vlivu změn úrovně vnějšího terénu a jeho materiálového složení	70
5.3.1	Změna výškové úrovně okolního terénu	70
5.3.2	Změna materiálového složení okolního terénu	72
5.4	Ochranná a oddělovací vrstva tvořená nopovou fólií	74
5.4.1	Nopová fólie ve spodní stavbě nepodsklepených objektů	77
5.4.2	Nopová fólie ve spodní stavbě podsklepených objektů	78
5.5	Provádění zateplení objektu kontaktním zateplovacím systémem aplikovaným na vlhké konstrukce	79
5.5.1	Poruchy vzniklé při zateplení objektu bez sanace proti vlhkosti	79
5.6	Absence zajištění funkčního odvodnění okolí objektu	81
5.6.1	Veřejná prostranství	81
5.6.2	Soukromá prostranství	81
5.7	Aplikace nevhodných vnitřních izolací, materiálů a povrchových úprav	87
5.7.1	Hydroizolace pod úrovní terénu	87
5.7.2	Hydroizolace nad úrovní terénu	90
5.8	Nevhodné umístění, způsob provedení a technologie při realizaci dodatečných izolací	94
5.8.1	Nepodsklepené objekty	95
5.8.2	Podsklepené objekty	99
5.9	Vnitřní předszazené konstrukce a jejich chybné provedení	105
5.10	Nesprávný návrh a realizace odvodnění stavby	111
5.11	Zrušení původních vzduchových dutin a vzduchoizolačních systémů	114
5.11.1	Praktický příklad sanace objektu se vzduchovou dutinou	117
5.12	Nerespektování stavu konstrukce z hlediska vlhkosti, zasolení, rozdílné tepelné akumulace (tepelné jímavosti) stavebních prvků, použití kontaminovaných materiálů	121

5.13 Kondenzace a vznik plísní při adaptacích a renovacích objektů, nesprávné užívání obytných prostor	123
5.13.1 Obecná pravidla, principy a zákonitosti	123
6 Možné způsoby minimalizace nejčastějších chyb ve fázi projektu a vlastní stavby – sanace zdiva	129
6.1 Možné způsoby minimalizace nejčastějších chyb ve fázi projektu a předprojektové přípravy	129
6.1.1 Absence předprojektové přípravy (průzkumných prací)	129
6.1.2 Nekompetentnost zpracovatele – projektanta, koordinace projektu	137
6.1.3 Změny projektového řešení na základě ekonomické náročnosti navrženého řešení v průběhu realizace stavby	141
6.2 Možné způsoby minimalizace chyb ve fázi realizace (nejčastější oblasti chybných postupů)	143
6.2.1 Znalosti a dovednosti firem realizujících sanační a hydroizolační opatření	143
6.2.2 Odborné vedení stavby a koordinace dodavatelů	145
6.2.3 Dodržení projektu, technologií a postupů v rámci sanačních prací	147
7 Zákony a dokumenty důležité pro přípravu a vedení stavby	159
7.1 Norma a její používání	159
8 Dozor ve výstavbě	161
8.1 Autorský dozor projektanta	161
8.2 Technický dozor investora	161
8.3 Stavební dozor	161
8.4 Stavbyvedoucí	162
8.5 Odborné vedení provádění stavby	163
Závěr	165
Použitá a doporučená literatura	167
O autorech	169
Rejstřík	170

■ Poděkování

Zvláštní poděkování patří Ing. Kristýně Michalové za zpracování stavebních detailů, Martinu Hendrychovi za zpracování grafických 3D podkladů, Ing. Martinu Němcovi za poznatky v oblasti tepelné techniky budov, Ing. Janě Hrabovské a všem dalším, kteří se rovněž zasloužili o výslednou podobu této publikace nebo kteří nás v její tvorbě jinak podpořili.

■ Úvod

Při úvahách, které nás vedly k napsání této knihy, jsme vycházeli z praktických zkušeností, proč vlastně dochází k poruchám v takovém oboru stavebnictví, jako je rekonstrukce spodní stavby historických budov. Je nutné brát v úvahu, že spodní stavba úzce souvisí s geologií, hydrogeologií a dodatečnou ochranou budov proti negativním účinkům vody. Tento dílčí obor stavebního řemesla není prostý ani jednoznačný, záleží v něm především na subjektivním vnímání dané situace jednotlivými zúčastněnými. Naštěstí již není vnímán jen jako nedílná a často opomíjená část stavebnictví, ale dostává čím dál konkrétnější popis v podobě legislativy – norem, směrnic, technologických postupů apod.

Stále však tento obor zůstává velmi specifický, protože řešení vždy ovlivňují lidé a úroveň jejich znalostí, dovedností a vlastní motivy pro rozhodnutí, která cesta k cíli bude zvolena.

Žádný jednotlivý návrh proto nelze označit pro danou situaci jako jediný správný nebo chybný. Existují variantní řešení v různé složitosti a zároveň i ekonomické náročnosti.

Lze tedy najít univerzální a jasnou odpověď na otázku, jak řešit opravu (sanaci) dokonale? To v žádném případě. Lze ale popsat situace, pro které je nějaký konkrétní postup vhodnější než jiný, nebo naopak pro které je jiný postup zcela nevhodný.

Cílem této knihy je umožnit účastníkům procesu opravy či rekonstrukce spodní stavby, aby si na nejčastějších případech poruch mohli uvědomit, je-li jejich postup nebo způsob řešení opravy na takové úrovni, že vlastní dílo neznehodnotí.

Předpokladem dobře provedené sanace jakékoli konstrukce je mít dostatečné povědomí o tom, co taková sanace obnáší, ještě před zásahem do konstrukce. Dále je pak dobré vyznačovat se dostatečnou mírou odpovědnosti, než je provedeno konečné rozhodnutí, jakým způsobem bude spodní stavba sanována. Vynaložené náklady na realizovanou sanaci jsou totiž ovlivňovány vždy již před samotnou realizací, a proto pokud vzniknou, je již velmi náročné, nebo dokonce nemožné je snižovat.

Kdo je vlastně tzv. přímým účastníkem procesu oprav a rekonstrukce? Stavebník (investor), projektant (navrhovatel), zhotovitel, či uživatel? Je to každý z nich, který podle míry zainteresovanosti ovlivňuje konečný výsledek díla.

Pro názornost lze uvést jednoduchý příklad rozdílného úhlu pohledu na daný výsledek. Představme si starý vlhký sklep. Investor (majitel domu) má zájem provést sanaci vlhkého zdiva tak, aby se původní prostor využívaný coby sklep stal prostorem obytným s trvalým pobytem osob. Požadavkem investora jsou také co možná nejnižší investiční náklady. Pro projektanta je oproti tomu nejvýznamnější volba technologie, která musí být jemu dostupná a také na úrovni jeho znalostí a dovedností. Z pohledu stavební firmy (zhotovitele) je nejzásadnější, zda je navržený způsob proveditelný a jaká jsou rizika, záruky a finanční efekt. I pohled uživatele je zcela odlišný, neboť pro něho je prioritní, budou-li za vynaložené prostředky prostory obyvatelné v dostatečném komfortu jako ve vyšších podlažích nebo v nové vestavbě.

10 Spodní stavba historických budov

Pokud bude náhled na tento proces oddělen, bez vyjasnění očekávání a skutečností všech zúčastněných stran, může dojít k rozporům již při jednotlivých procesech (stavební záměr – projekt – realizace – užívání).

V této knize se čtenář dozví a udělá si představu o následujícím:

- o geotechnice staveb a vybraných poruchách spodní stavby;
- o historických možnostech ochrany staveb z hydrogeologického hlediska;
- o nevhodných postupech při rekonstrukcích spodní stavby z hlediska vlhkosti a geotechniky;
- o možných způsobech minimalizace nejčastějších chyb ve fázi projektu a vlastní stavby;
- o vybraných právních podkladech a legislativě.

Tato kniha byla psána odborníky a specialisty v dané problematice, tedy i styl psaní vychází z jejich vlastního pohledu.

Červen 2015

Ing. Zdeněk Štefek
Ing. Pavel Zejda, Ph.D.
doc. Ing. Václav Kupilík, CSc.

■ 1 Stavební vývoj ochrany spodní stavby

Spodní stavba začala nabývat na významu hlavně ve starověku (Mezopotámie, Čína, Egypt, Řecko, Indie, Řím), kdy stoupal podíl potřeby odlišnosti významných staveb, a to pro účely vládnoucích vrstev a účely náboženských obřadů. Spodní stavba obecně vyžadovala trvanlivý základ, a to jak pro vlastní únosnost stavby, tak pro trvanlivost, tedy ochranu vůči vnějším vlivům.

Záleželo také na tom, na jakém území a v jakých geologických podmínkách se o stavbě uvažovalo. Stavby mohly být stavěny na písčitéch půdách, skále, bažinách, stabilních či nestabilních podložích. Důležité bylo také klima, tedy v jakém podnebném pásu se stavba realizovala.

Používání sušené hlíny a rákosí bylo možné pouze pro běžné stavby. Proto se začínalo již ve starověku používat kamene (cca 3300 př. n. l.). Zdění z malých kvádrů se postupně zvýraznilo používáním rozměrných opracovaných kusů stavebního kamene. Zdi se tak stavěly kladením kamene do vodorovných vrstev téměř bez použití pojiva. Typické pro takovou výstavbu bylo, že styčná spára neprocházela více než jednou vrstvou, a vznikla tak vazba. Při zakládání staveb hrála zásadní roli znalost a zkušenost stavitelů. Znalost problematiky zakládání byla řazena mezi jednu z nejdůležitějších v tehdejší společnosti. Složitost tohoto odvětví stavitelství byla značná, neboť bylo nutné vyrovnat se s celkovou konstrukcí stavby a její stabilitou, která přenášela značné tlakové síly na základy stavby. Základové konstrukce musely být vymyšleny a postaveny tak, aby odpovídaly stabilitě daného podloží. Důležitou roli zde hrály i vlivy hydrogeologické, zvláště pak působení vody a vlhkosti, které zásadním způsobem ovlivňovaly nejen spodní stavbu, ale celkově životnost konstrukcí jako takových.

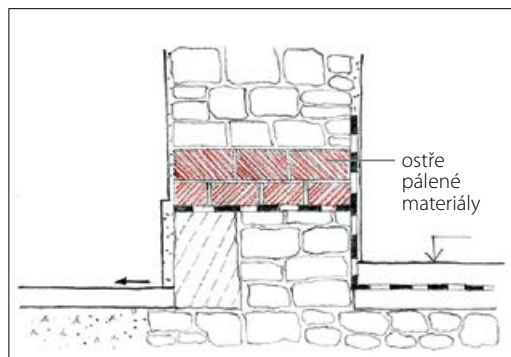
■ 1.1 Historie ochrany spodní stavby proti vlhkosti

Ideálním stavebním materiálem pro spodní stavby byl nenasákavý kámen, popřípadě řemeslně vyrobená pálená cihla. Rozdíl v použití materiálů spočíval v místě, kde stavba vznikala. Stavitelé znali vlastnosti používaných stavebních materiálů (kamenů i dřeva) a i technologii výroby vápna a hydraulických pojiv. Rovněž v závislosti na místě stavby věděli, jak oddělit nenasákavý materiál od nenasákavého, například použitím břidlic, dehtů, asfaltu, jílů, včelího vosku, kovů (olovo, měď) a smoly. Zvláštní pozornost věnovali stavbám v bažinatém a bahnitěm prostředí. Takové stavby byly často zakládány na dubových pilotách. Znalosti způsobu kotvení dubových pilot (mnohdy opálených) lze dokumentovat na přesnosti rozměrů pilot k uvažované výšce a zatížení svislých konstrukcí.

Je vhodné se zmínit, jak například popisuje jedna z výrazných postav renesanční architektury Leone Battista Alberti (1404–1472) v knize *Deset knih o stavitelství* způsob řešení odvlhčení stavby (knihy Deset, kap. 13): „... bude-li země poškozovati stěnu vlhkostí, ved' podél stěny příkop široký podle toho, jak toho věc vyžaduje, a udělej polokruhy, které na sebe převezmou těžký tlak doléhající země. K tomu připoj v celé řadě míst průduchy, aby se jimi mohla vylučovati a pročišťovati prosakující vlhkost.“

V knize je mimo jiné popisováno, jak důležité je upravovat základovou půdu pro snižování vlhkosti, například mělkými výkopy vysypanými štěrkem, nebo dřevěným uhlím včetně následné

12 Spodní stavba historických budov



Obrázek 1.1 Řez konstrukcí – hydroizolace v kombinaci s ostře pálenými cihlami



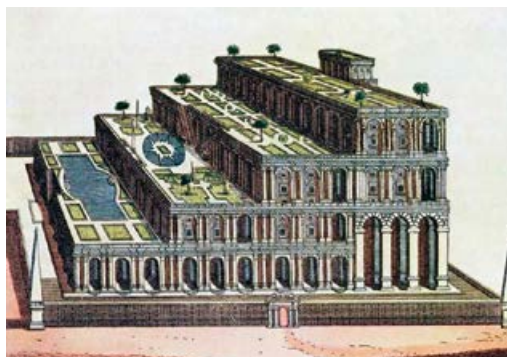
Obrázek 1.2 Břidličné desky jako jednoduchý způsob hydroizolace historického zdiva

úpravy podlahových krytin směsí vápna a lněného oleje, což „... nepřipustí k podlahám nic škodlivého“. (Alberti, str. 103)

Ze zaznamenaného a historicky významného použití izolace proti účinkům vody a vlhkosti lze zmínit Semiramidiny visuté zahrady (obrázky 1.3 a 1.4), které byly zbudovány v Babylonu (Mezopotámie) pravděpodobně v 6. století př. n. l. Visuté zahrady byly založeny na speciálních zděných stupňovitých konstrukcích s klenbami. V konstrukcích střech byla tepelněizolační a hydroizolační vrstva provedená z rákosu zalitého asfaltem. Následnou hydroizolaci tvořily olověné pláty, nad nimiž byla navržena zemina a vysázena řada rostlin a stromů.

Přibližně v době velkého rozvoje měst a městské výstavby (19. století) se zvyšoval nárok na prostor. Z toho důvodu byla spodní stavba a suterénní části převážně činžovních domů ochraňována vůči vlhkostním účinkům vnějšího porézního prostředí. Díky znalosti vlastností nenasákových materiálů byla konstrukce spodní stavby chráněna zděním bud z neporézního kamene, nebo ostře pálené cihly (keramiky). Začaly být využívány i izolační vlastnosti přírodních asfaltů. Avšak vzhledem k nutnosti přírodní asfaltu dovážet a také v důsledku vysokých pořizovacích nákladů byly jakýmsi pokračovatelem přírodních asfaltů kamenouhelné dehty a smola, jejichž výroba se datuje do druhé poloviny 17. století.

Obrázky 1.3, 1.4 Možná podoba zahrad Semiramidiny



Od první poloviny 19. století se pak hydroizolační vrstvy nejen natíraly dehtem, ale do nátěrů se vkládala papírová lepenka. Tyto postupy vznikaly na stavbě. Vznik a použití těžkých hydroizolačních asfaltových pásů je možno datovat do první poloviny 20. století. Ve čtyřicátých a padesátých letech 20. století se již pro účely hydroizolací omezovalo použití dehtů a výrazně se zvyšoval podíl oxidovaných asfaltů. V České republice bylo používání dehtů pro hydroizolaci definitivně ukončeno v roce 1969 a od té doby se používají pouze ropné asfalty.

Asfaltových pásů je v současné době velké množství. Liší se tloušťkou, druhem použitého asfaltu, typem nosné vložky a povrchovými úpravami. Za další ekvivalent asfaltových pásů lze označit asfaltové (bitumenové) silné vrstvy (stěrky), které přejímají výbornou izolační schopnost pásů, ale i větší možnosti využití v detailech stavby.

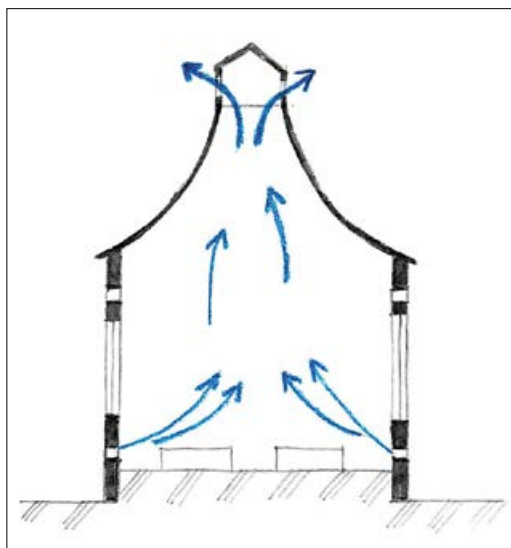
Již v první polovině 20. století byly používány asfaltové izolační profilované pásy (obrázky



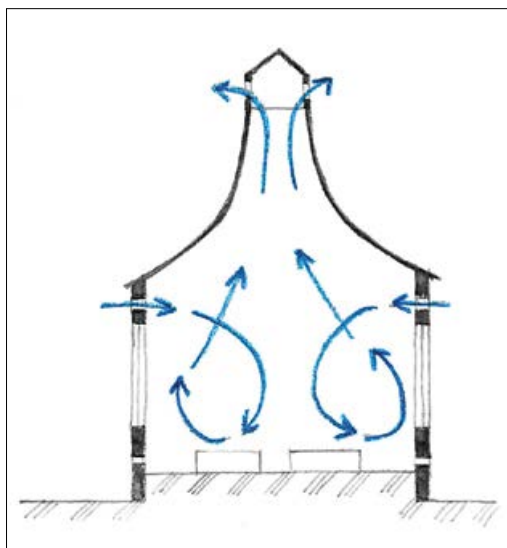
Obrázek 1.5 Způsob provedení vnitřní asfaltové izolace s horizontálními vzduchovými kanálky (první polovina 20. století)

Obrázek 1.6 Detailní pohled na poruchu z obrázkou 1.5





Obrázek 1.7 Proudění vzduchu (tzv. aerace) v kostele v letním a přechodném období



Obrázek 1.8 Proudění vzduchu (tzv. aerace) v kostele v zimním období

1.5 a 1.6), kde byla využita kombinace vlastností izolačních a zvýšení výparné plochy konstrukce v profilovaných dutinách pásů. Více o historických způsobech ochrany spodní stavby je popsáno v kapitole 4.

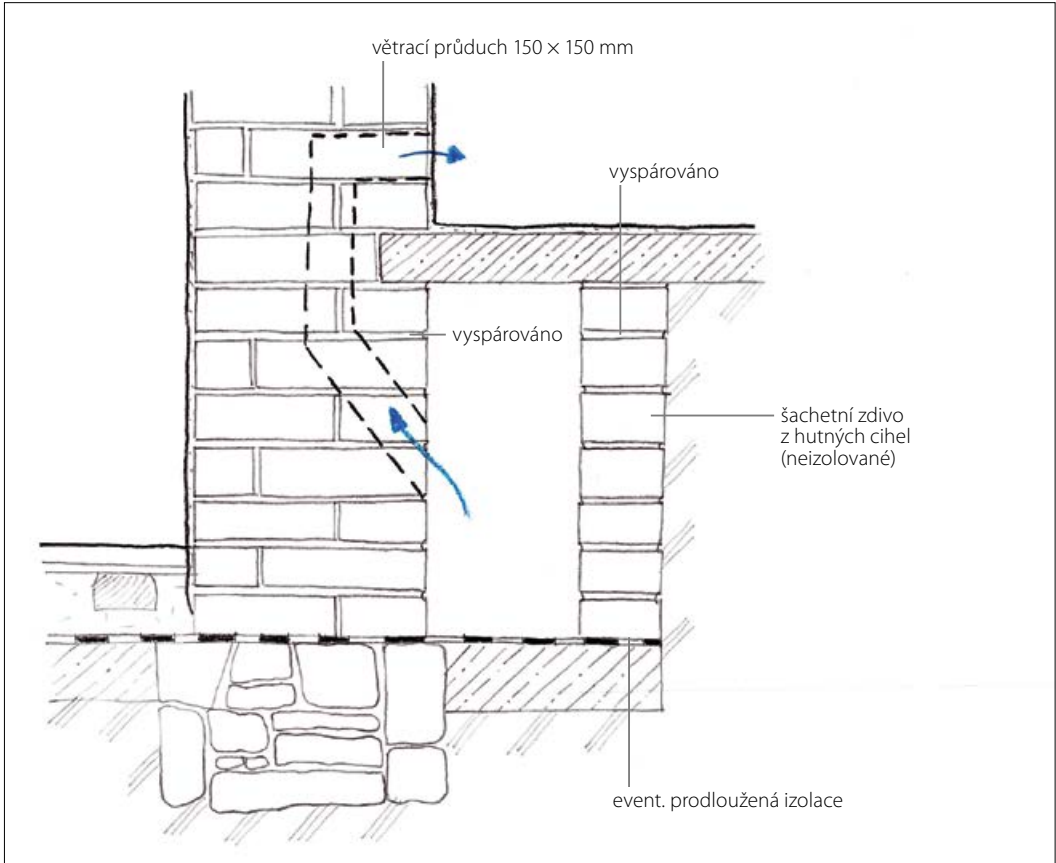
■ 1.1.1 Klasické historické způsoby ochrany spodní stavby před působením vlhkosti

Z tradičních metod lze vyjmenovat zejména systémy a metody vzduchové (využívající proudění vzduchu, a tedy oddělení konstrukcí vzduchovou dutinou), metody odvodňovací (drenáže, vodoteče, trativody a postupy snižující množství vody působící na konstrukce) a metody využívající izolačních vlastností jílu (jíly se dusají do vrstev tloušťky zhruba 30–45 cm).

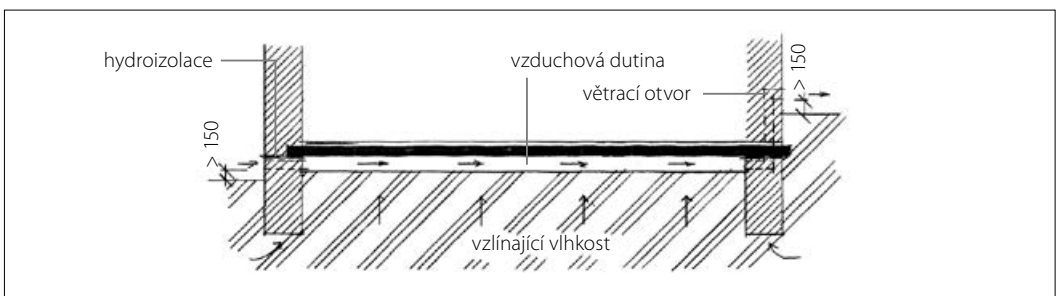
Tato kapitola se věnuje zejména popisu metody ochrany zdiva vzduchoizolačními systémy, která je jednou z nejstarších, známou již od starověku, a která je funkční do současnosti. Tato metoda je založena na dlouhodobé znalosti účinků proudění vzduchu. Pro obecnou představu změn proudění vzduchu je uveden příklad na obrázcích 1.7 a 1.8.

Obrázek 1.9 Vzduchová dutina uvnitř objektu





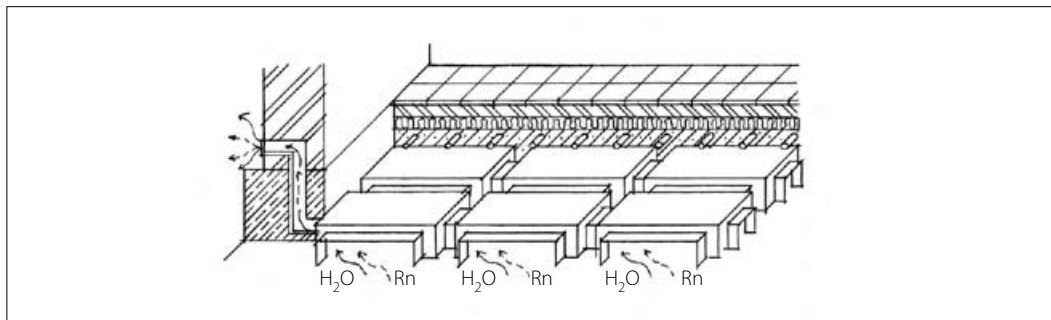
Obrázek 1.10 Řez vnější vzduchovou dutinou dle nákresu z první poloviny 20. století



Obrázek 1.11 Schematický řez podlahové vzduchové dutiny

K nejpoužívanějším postupům lze zařadit větrané předstěny vnitřní, vnější vzduchové kanály či předstěny a provětrávané podlahy (obrázky 1.9 až 1.12).

Zde stojí za zmínku jedna z významných staveb v České republice, která využívá proudění vzduchu jako izolaci proti vlhkosti, a to Schwarzenberská hrobka v Třeboni, která byla postavena mezi lety 1874 a 1877. Samotná hrobka se nachází pod úrovní hladiny rybníka Svět a je kolem ní vybudován náročný odvodňovací systém a vzduchový kanál široký 60 cm a hluboký 2 m. Tento kanál



Obrázek 1.12 Moderní způsob realizace provětrávané podlahy

zároveň odvádí vodu od stavby. Během sanace byla pro impregnaci cihelného zdiva realizována speciální omítka, kterou tvořila směs starého hašeného vápna, říčního písku, sádky a vodního skla.

Každá stavba, od zmiňovaného historického vývoje až po současnost, vždy vyžadovala určitou míru znalostí o geotechnice stavby, která se s rozvojem vědy a výzkumu neustále zdokonalovala a zefektivňovala. To ovšem neznamenalo, že by si stavitelé v minulosti nebyli vědomi závažnosti nároků kladených na základy a zakládání staveb. Naopak, vědomosti starověkých, středověkých a renesančních stavitelů a architektů byly na vysoké úrovni. Jejich postupy pro přípravu stavby, zaměření, vyhodnocení místa pro stavbu a metody zakládání staveb byly velmi pečlivé a důsledné.

Jako příklad lze uvést citaci z díla *Čtyři knihy o architektuře* od Andrea Palladia (pozdně renesančního architekta, 1508–1580), kde se v kapitole 1. VII „O kvalitě půdy, do níž se mají klást základy“ zmiňuje: „Proto mezi všemi omyly, při nichž se při provádění stavby může upadnout, jsou nejškodlivější ty, které se přiházejí [nacházejí] u základů, protože přinášejí zkázu celému dílu a také je nelze napravit bez největších nesnází. Architekt sem proto musí vložit všechnu svou bedlivost, protože někde jsou základy přirozené a jinde je třeba použít umění.“

V knize, kterou právě držíte v ruce, půjde primárně o popis a vlivy faktorů geotechniky a faktorů lidského vlivu na spodní stavbu. Dále se tato publikace zabývá hlavně stavbami zděnými a takovými, které jsou v současné době (21. století) předmětem rekonstrukcí, adaptací a renovací, tedy stavbami postavenými převážně před 100–200 lety.

Podstatnou informací je, že se v současné době u spodních staveb náklady na sanace a vzniklé škody vůči nákladům na pořízení hydroizolací spodní stavby pohybují v hodnotách až 1 000 % původních nákladů.

■ 2 Geotechnika spodní stavby

Důležitým oborem stavebnictví, který úzce souvisí se spodní stavbou, je geotechnika. Bez znalosti mechaniky zemin a vlivů hornin na spodní stavbu nelze bezpečně navrhnout stavbu, natož pak její ochranu. To se samozřejmě týká i historických staveb.

Pro vytvoření správného či optimálního návrhu ochrany stavby vůči vodě a vlhkosti, tedy z hydroizolačního hlediska, je nutná principiální znalost procesů uvedených v následujících kapitolách.

■ 2.1 Pohyb vody v zemině

Pohyb vody v zemině velmi úzce souvisí s propustností zemin, tlakem prosakující vody na zeminu, vzlínavostí, smršťováním zemin a nakonec bobtnáním či rozbředáním zemin.

Každá zemina obsahuje různě velké póry. U jílovitých zemin jsou póry tak malé, že je nelze pouhým okem pozorovat, u písku jsou větší a navíc viditelné. Póry, což jsou mezery mezi zrny, jsou různého tvaru a jsou spojitě ve všech směrech. To umožňuje prosakování vody v jakémkoli směru. Jestliže voda prosakuje zeminou, pak působí mezi vodou a zrny zeminy tření.

Voda vzlíná od hladiny podzemní vody k povrchu, kde se vypařuje nebo v zimě zamrzá, popř. je spotřebována rostlinami. Rychlost vzlínání vody závisí na propustnosti a na kapilární výšce. U jílu je kapilární výška velká, avšak součinitel propustnosti je velmi malý, a proto je také malá rychlost vzlínající vody. U písku je naopak součinitel propustnosti velký, avšak kapilární výška je malá, a proto rychlost vody při vzlínání je rovněž malá. Pro výšku přibližně 1 m vychází, že největší množství vzlíná v hlinitém písku nebo písčité hlíně, která má dostatečně velkou kapilární výšku a také hodnota součinitele propustnosti je dosti velká. Při vzlínání vody zeminou dochází současně k jejímu odpařování. Čím je výpar větší, tím menší je výška, na kterou voda v zemině vystoupí, což má velký význam při stanovení kapilární výšky.

Tím, že se voda ze zeminy vypařuje (zejména v dlouhotrvajícím teplém období), zemina se smršťuje. Sahá-li smrštění od povrchu až pod úroveň základové spáry, stavba sedá a trhá se. Proto se smršťování zemin velmi nepříznivě projevuje na stavbách mělce založených.

V případech, že se jedná o podloží s vysokým obsahem jílu, projevuje se smrštění v našich geologických poměrech až do hloubky 1,3 m, někdy i 1,5 m. Z toho důvodu je v takových základových podmínkách nutno stavby zakládat až do této hloubky.

Poruchy způsobené nadměrným vysycháním, a tedy smrštěním, se snadno poznají tak, že bývají odtrženy rohy staveb obrácené k jihu. Sluneční paprsky totiž nejintenzivněji působí na zeminu pod jihovýchodními a jihozápadními rohy staveb. U starých staveb se tomuto negativnímu jevu bránilo tím, že tyto rohy byly vytvořeny mohutnými pilíři. Nejmenší vysušování se vyskytuje u severovýchodních a severozápadních rohů, a proto zde trhliny obvykle nevznikají.

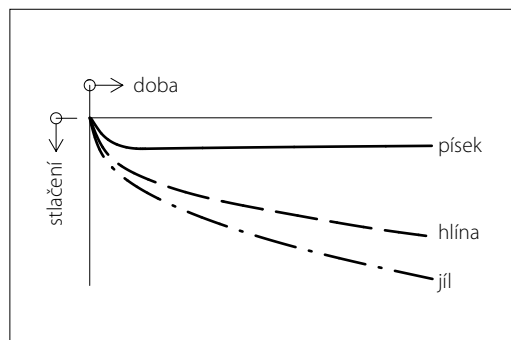
Opakem vysychání je bobtnání. Je to označení pro zvětšení objemu jílu za přístupu vody nebo vlhkého vzduchu. K bobtnání jsou náchylné především třetihorní jíly. Když se takový jíl odlehčí,

povrch absorbované vody se začne opět zvětšovat, zrna zeminy se od sebe vzdalují a vlhkost se zvyšuje. Pokud stavba vyvoluje menší zatížení, než je bobtnací tlak, dojde vlivem bobtnání jílu v podloží k porušení stavby zvednutím.

Pokud zeminy vlivem vody získávají kašovou konzistenci, mluvíme o jejich rozbředání. Zeminy, které byly únosné, se v důsledku rozbředání stávají neúnosnými.

Sypké zeminy jsou neúnosné, pokud se hydraulický sklon vody prosakující směrem nahoru blíží kritickému sklonu, při němž je objemová tíha sypké zeminy nulová za předpokladu, že voda prosakuje směrem dolů ve směru tíže. Je-li písek v beztlížném stavu a nepřenese žádné zatížení, chová se jako těžce vazká tekutina. Této konzistenci je možno zabránit, pokud se hladina podzemní vody sníží studněmi nebo se zmenší hydraulický sklon prosakující vody.

2.2 Stlačitelnost a konsolidace základové zeminy



Graf 2.1 Časový průběh sedání u různých zemín

Při zakládání staveb na málo propustných zemínách (např. jílech) je nutno dlouhodobě sledovat průběh deformace v čase, poněvadž zde dochází k pomalému vytlačování vody z pórů zeminy. Naopak u propustných písčitých zemín dochází k deformaci téměř ihned po jejich zatížení. Proces chování jílovitých zemín je nutné znát i při rekonstrukcích staveb (například při realizaci jílových izolací). Deformační vlastnosti zeminy při jednoosé napjatosti mohou být charakterizovány koeficientem stlačitelnosti, který je pro různé druhy zemín uveden v tabulce 2.1.

Tab. 2.1 Hodnoty součinitele stlačitelnosti pro různé druhy zemín

Druh zeminy	Koeficient stlačitelnosti	Druh zeminy	Koeficient stlačitelnosti
Spraš	20–50	Písek se štěrkem	nad 250
Hlína	15–25	Štěrk	nad 300
Písek	150–250	Jíly dle konzistence	30–120
Jemný písek jílnatý	60–120	Tuhý neogenní slín	90–100

2.3 Zemní tlak

Zemní tlak je zatížení vyvolované zeminou na zeď nebo pažení, které zeminu podpírají. Velikost působišťe a směr zemního tlaku závisejí na velikosti deformace zeminy a zatížení opěrné konstrukce. V závislosti na deformaci může zemní tlak nabýt jakékoli velikosti od aktivního zemního tlaku přes tlak za klidu až k pasivnímu zemnímu tlaku.

■ 2.4 Sedání základové půdy

Sedání základové půdy ovlivňují v zásadě tyto faktory:

- rozdělení napětí v základové spáře není rovnoměrné (konstantní), ale mění se podle tuhosti konstrukce během konsolidace;
- velikost sedání ovlivňuje i změna stlačitelnosti zeminy s hloubkou; u jílovitých zemin sedání roste se šířkou základu více než u písku, proto se základy umisťují do větších hloubek;
- na velikost sedání mají vliv tvar a rozměry základu: čím je základ větší, tím jeho vliv zasáhne do větší hloubky, a deformace je pak větší.

■ 2.5 Stabilizace zemin

Stabilizaci zemin je možno vysvětlit jako zlepšení fyzikálních vlastností zemin přímo na místě jejich uložení. Patří sem zhutňování zemin, jehož účelem je, aby stavby na nich postavené nesedaly po jejich dokončení. Jedná se o pracovní postup, při němž se zmenšují otvory a dutiny v zemině s co možná nejtěsnějším uložením zrn.

Pro představu uvádíme čtyři základní metody stabilizace zemin:

- stabilizace mísením dvou zemin, aby směs byla únosnější (např. hlína s pískem nebo hlína se štěrkem);
- stabilizace cementová pro zvětšení pevnosti, založená na mísení zeminy s cementem;
- mísení zeminy s asfaltem za účelem snížení její propustnosti;
- stabilizace chemická pro získání větší únosnosti, popř. i nepropustnosti – mísení zeminy s různými chemickými látkami.