

Interreg



EVROPSKÁ UNIE

Rakousko-Česká republika

Evropský fond pro regionální rozvoj

STAVEBNICTVÍ

Pozemní stavitelství 1



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



EVROPSKÁ UNIE

OBSAH

1. Úvod do pozemního stavitelství	2
1.1. Základní pojmy.....	2
1.2. Základní požadavky na pozemní stavby:.....	3
1.3. Modulová koordinace	4
1.4. Typizace a prefabrikace ve stavebnictví	5
2. Konstrukční systémy	6
2.1. Charakteristika konstrukčních systémů	6
2.2. Základní rozdělení konstrukčních systémů:.....	7
3. Konstrukční systémy vícepodlažních budov	9
3.1. Rozdělení konstrukčních systémů vícepodlažních budov.....	9
3.2. Konstrukční stěnové systémy	9
3.3. Sloupcové konstrukční systémy – skelety	10
3.4. Kombinované konstrukční systémy	12
3.5. Jádrové konstrukční systémy	12
3.6. Superkonstrukce.....	13
4. Konstrukční systémy halových budov	14
4.1. Konstrukční systém halových staveb	14
4.2. Konstrukční systémy namáhané převážně na ohyb.....	15
4.3. Konstrukční systémy převážně tlačené	16
4.4. Konstrukční systémy převážně tažené	17
5. Dilatace staveb	18
5.1. Dilatace staveb	18
5.2. Objemové změny.....	19
5.2.1. Konstrukční zásady a konstrukční řešení.....	19
5.3. Nerovnoměrné sedání	20
5.3.1. Konstrukční zásady a konstrukční řešení.....	21
6. Základová půda a zemní práce	22
6.1. Základy a základová půda	22
6.2. Hloubka založení.....	23
6.3. Zemní práce.....	24
6.4. Výkopy	24
6.5. Zajištění stěn výkopů.....	25
Seznam použité literatury.....	27

1. ÚVOD DO POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

1.1. Základní pojmy

Stavitelství značí umění stavitelské nebo vědu či nauku stavitelskou. Stavitelství se často zaměřuje se slovem architektura, ačkoli stavitelství se týká převážně konstrukcí, kdežto architektura se zabývá převážně formou.

Stavebnictví je odvětví materiální výroby, jehož předmětem jsou průzkumové, projektové a stavební práce, dále pak rekonstrukce a údržba staveb a konečným výsledkem jsou hotové stavby.

Architektura je v užším smyslu stavitelské umění vytvářející díla, která svým tvarem prostorem aj. odpovídají praktickému účelu i ideovým dobovým požadavkům, popř. i jednotlivá stavba jeví architektonický záměr. V nejširším současném pojetí zahrnuje architektura také utváření celého životního prostředí uměleckými prostředky v návaznosti na dostupné vědecké poznatky.

Stavba je souhrn dodávek stavebních materiálů, hmot, dílců a stavebních prací, často i strojů, zařízení sloužících k vytvoření díla na podkladě příslušné dokumentace, a je zpravidla pevně spjatá se zemí.

Pozemní stavby lze definovat jako stavby, jejichž větší část je umístěna na zemském povrchu. Pozemní stavby zahrnují stavby pro bydlení, občanské stavby (stavby pro zdravotní péči, školské stavby, sportovní stavby, stavby pro kultury, služby a obchod, stavby pro dopravu, administrativní stavby, ...), průmyslové (výrobní haly, dílny, sklady,...) a zemědělské stavby (stáje, seníky, skleníky, ...).

Stavební objekt je prostorově ucelená nebo technicky samostatná účelově určená část stavby. Nejběžnější formou stavebního objektu je budova, most nebo silnice.

Budova je soubor stavebních konstrukcí vytvářejících prostorový útvar. Stavební konstrukcí musí splňovat požadovanou funkci.

Vzhledem k omezené fyzické a morální životnosti staveb je kromě realizace výrobních a nevýrobních objektů dalším úkolem také údržba, modernizace a rekonstrukce staveb:

- **Údržba** snižuje míru degradace konstrukčních prvků, většinou zahrnuje obnovu ochranných povlakových úprav povrchů.

- **Modernizace** představuje zvýšení užitné hodnoty stavby nebo její části, aniž by se měnil účel. Cílem je zlepšení užitného standardu.
- **Rekonstrukce** je uvedení objektu nebo jeho části do původního stavu s maximálním důrazem na zachování původního vzhledu a konstrukčního řešení.

Základním cílem stavební činnosti je vytvoření kvalitního prostředí pro účel, pro který je objekt navrhován, přičemž kvalita by měla být zajištěna po dobu celé předpokládané životnosti objektu.

1.2. Základní požadavky na pozemní stavby:

Architektonické požadavky

- **Urbanistické požadavky:** Požadavky na strukturu a rozvoj obcí, intenzitu využívání území a umístění staveb.
- **Provozní požadavky:** Dispoziční (typologické) požadavky, oddělení a návaznost prostorů, komunikační vazby
- **Estetické požadavky:** Tvarové řešení celku a jeho částí, barevné řešení, památková péče.

Obecné požadavky na bezpečnost a užitnost staveb

- Mechanická odolnost a stabilita
- Požární bezpečnost
- Ochrana zdraví osob, zvířat a zdravých životních podmínek a životního prostředí
- Ochrana proti hluku a vibracím
- Bezpečnost při užívání staveb
- Úspora energie a tepelná ochrana

Odolnost konstrukce vůči vnějším vlivům

Požadavky na pohodu a kvalitu vnitřního prostředí

Technologické požadavky

Ekonomické požadavky

Environmentální požadavky

1.3. Modulová koordinace

Modulová koordinace neboli rozměrové sjednocení zajišťuje soulad mezi rozměry objektu, případně jeho částí, a rozměry stavebních konstrukcí a stavebních prvků. Jedná se o souhrn pravidel pro určování skladebních rozměrů objektů a prvků. Základní pravidla pro modulovou koordinaci rozměrů ve výstavbě je stanovena v ČSN 73 005 (1990).

Modul, označujeme M, je dohodnutá délková jednotka používaná pro stanovení a koordinaci rozměrů ve výstavbě. V závislosti na prostorovém uspořádání rozlišujeme **půdorysný modul** a **výškový modul**.

Základní (metrický) modul ve stavebnictví je roven $M=100$ mm. Do roku 1960 se používal modul 150 mm. V souladu s předpisy EU lze využívat také modul 125 mm.

Odvozené moduly jsou násobky nebo zlomky základního modulu:

- **Zvětšený modul** (200, 300, 500, 3000 a 6000 mm) se využívá jako půdorysné vztažné rozměry, tj. vzdálenosti stěn, sloupů, pilířů, apod.
- **Zmenšený modul** (50, 20, 10, 5, 2 a 1 mm) se využívá například pro koordinační rozměry průřezu stavebních prvků (sloupů, stěn, trámů, desek, apod.). Hodnoty 20 mm a menší se využívají ke stanovení tloušťek tenkostěnných prvků.

Skladebnost je vlastnost prostorových částí objektů umožňující jejich řazení, sestavování a rozmísťování bez nutnosti měnit nebo přizpůsobovat jejich rozměry a tvar. **Rozměry stavebních prvků** musí umožňovat jejich vzájemné sestavování ve větší konstrukční celky.

- **Koordinační (skladebný) rozměr prvku** je rozměr, který prvek teoreticky zaujímá v modulové prostorové síti konstrukce, tj. včetně příslušné části spáry, např. cihla plná pálená 150 x 75 x 300 mm (základní rozměr + odchylky z výroby a tloušťky ložných a styčných spár).
- **Základní rozměr** (dříve výrobní rozměr) prvků je rozměr předepsaný pro výrobu prvku za předpokladu nulové tolerance. Základní rozměr prvku je menší než skladební rozměr skladebný, např. cihla plná pálená 140 x 65 x 290 mm.

Předepsané základní (výrobní) rozměry je z technologického hlediska nemožné vždy dodržet. **Skutečné rozměry** vyrobených prvků se mohou lišit od předepsaných základních (výrobních) rozměrů o povolenou toleranci (odchylka).

1.4. Typizace a prefabrikace ve stavebnictví

Typizace je proces zaměřený na výběr omezeného počtu stavebních prvků soustav a technologií. Jejím cílem je omezení opakovaných řešení, urychlení a zvýšení ekonomické efektivity výstavby. Typizace je unifikace rozměrů ve stavebnictví. Typizace se používá pro jednotlivé prvky nebo pro celé objekty:

- **Prvková typizace** zahrnuje výrobu jednotlivých stavebních dílců, například stropních panelů, z nichž jsou poté sestavovány stavební konstrukce. Podmínkou jejich opakované použitelnosti je dodržení modulové koordinace rozměrů.
- **Objemová typizace** zahrnuje objemová řešení celých stavebních objektů nebo jejich částí, např. bytový dům. Výhodou objemové typizace je hospodárnost výstavby. Nevýhodou je uniformita a malá variabilita.

Unifikace rozměrů umožňuje univerzální použití stejných prvků hromadně vyráběných pro různé účely.

Prefabrikace je výroba konstrukční stavebních prvků nebo jejich částí mimo místa jejich využití (staveniště). Jednotlivé prefabrikáty jsou pak na staveniště přiváženy z výroby a vlastní výstavba hrubé stavby probíhá formou montáže jednotlivých dílů.

2.KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY

2.1. Charakteristika konstrukčních systémů

Konstrukční systém stavebního objektu je celek z navzájem propojených a spolupůsobících konstrukčních prvků, které jsou ve vzájemné interakci vzhledem k působení okolí. Nejdůležitější funkcí konstrukčního systému je **funkce nosná**. Konstrukční systém musí dále odolávat působení okolního prostředí – statické a dynamické zatížení, teplota, vlhkost, hluk a dalším fyzikálním, chemickým a biologickým účinkům. Každá budova se člení na podlaží a na trakty.

Mezi hlavní **konstrukční části budovy** patří základové konstrukce, svislé nosné konstrukce (stěny a sloupy), vodorovné nosné konstrukce (stropy, balkón, římsy), schodiště, rampy a nosná konstrukce zastřešení.

Podle **statického působení** rozlišujeme stavební konstrukce na **nosné** a **nenosné**.

- **Nosné konstrukce:** přenášejí veškerá zatížení působící na objekt, např. nosné stěny, sloupy, stropní konstrukce, základy
- **Nenosné konstrukce:** nepřenášejí žádné zatížení (kromě vlastní hmotnosti), mají obvykle funkci dělicí nebo izolační, jsou to např. vnitřní dělicí stěny (příčky), obvodové izolační stěny, výplně otvorů

Spolupůsobení prvků konstrukčního systému musí zajistit stabilitu systému. **Stabilita** je schopnost stavebního objektu vzdorovat vnějším účinkům zatížení tak, aby při nich nedošlo k deformacím (změna tvaru) jako celku nebo k poklesu či totálnímu zničení.

Volba konstrukčního systému je závislá na parametrech navrhovaného objektu a vychází z obecných požadavků na konstrukce pozemních staveb. Pro návrh konstrukčního systému je nutné zohlednit následující parametry:

- Účel, prostorové a tvarové řešení objektu
- Územní a staveništní podmínky
- Rozpony a zatížení stropů
- Konstrukční výšky podlaží
- Materiálová báze a technické možnosti
- Základové podmínky
- Vlivy okolního prostředí
- Požární bezpečnost
- Požadavky provozně technické
- Architektonické požadavky

- Energetická náročnost stavby a provozu
- Předpokládaná životnost
- Investiční a provozní náklady, aj.

Návrh konstrukčního systému musí probíhat ve vzájemném dialogu a kooperaci architekta, konstruktéra a technologa tak, aby bylo dosaženo optimálního řešení pro zohlednění veškerých požadavků. Vzhledem k různorodosti požadavků a jejich vzájemné harmonizaci bývá navržený konstrukční systém vždy kompromisním řešením.

2.2. Základní rozdělení konstrukčních systémů:

- **Konstrukční systémy vícepodlažních objektů:** převládají svislé nosné konstrukce přenášející veškeré zatížení do základové půdy, které zabezpečují stabilitu celého objektu. Konstrukční systémy vícepodlažních budov zahrnují stěnové systémy, skeletové systémy, jejich kombinaci či jádrové konstrukční systémy a super konstrukce.
- **Konstrukční systémy halových objektů:** jsou charakteristické svým zastřešením a volnou vnitřní dispozicí

Podlaží je část budovy vymezená dvěma po době následujícími úrovněmi horního povrchu nosné části stropních konstrukcí. U nejnižšího podlaží založeného na rostlém terénu nebo násypu je vymežující rovinou horní úroveň podkladní vrstvy pod podlahou.

Svislá vzdálenost horních povrchů nosné konstrukce stropů se označuje jako **konstrukční výška podlaží**. Svislá vzdálenost mezi povrchem podlahy a spodní úrovní stropu téhož podlaží definuje **světlou výšku podlaží**.

Trakt je prostorová část budovy vymezená dvěma vzájemně následnými vertikálními rovinami procházejícími geometrickými osami svislých konstrukcí stěn nebo sloupů. Budova může být jednotraktová či vícetraktová. Podle polohy v budově rozeznáváme trakty příčné a trakty podélné:

- **Trakty podélné** jsou rovnoběžné s podélnou osou budovy.
- **Trakty příčné** jsou kolmé k podélné ose budovy.

Podle **uspořádání svislých konstrukcí** v objektu vzhledem k jeho podélné ose rozeznáváme systémy:

- **Podélné systémy**
- **Příčné systémy**
- **Obousměrné systémy**

Podle použité stavební technologie rozeznáváme systémy:

- **Zděné systémy** z kusových staviv spojovaných na maltu nebo jinou spojovací tenkou vrstvou.
- **Monolitické systémy** z tvárných stavebních hmot ukládaných do připravené formy a tuhnoucí přímo v konstrukci.
- **Prefabrikované systémy** složené z předem vyrobených stavebních dílců (prefabrikátů), které jsou vzájemně spojené ve stycích.
- **Kombinované systémy**

3.KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY VÍCEPDLAŽNÍCH BUDOV

3.1. Rozdělení konstrukčních systémů vícepodlažních budov

Konstrukční systém vícepodlažních budov je charakteristický převahou svislých nosných konstrukcí přenášející veškeré zatížení do základové půdy.

Podle **druhu svislých nosných konstrukcí** rozeznáváme základní konstrukční systémy vícepodlažních budov:

- **Konstrukční systém stěnový**
- **Konstrukční systém sloupový (skeletový)**
- **Konstrukční systém kombinovaný**
- **Konstrukční systém jádrový**
- **Superkonstrukce**

3.2. Konstrukční stěnové systémy

Zatížení stropních konstrukcí a účinky vodorovných sil (větru) je přenášeno do základů pomocí **nosných stěn**. Stěnové systémy se uplatňují v objektech s požadavky na menší vnitřní prostory (např. ubytovací zařízení). Vnitřní nosné stěny musí splňovat statické požadavky. Vnější nosné stěny pak kromě statické funkce musí splňovat také tepelně-technické parametry. Otvory v nosných stěnách musí vyhovovat požadavkům, aniž by došlo k narušení statické funkce stěny. Stěnové konstrukční systémy rozdělujeme dle uspořádání nosných stěn v budově:

Konstrukční systém podélný

Nosné stěny jsou uspořádány rovnoběžně s podélnou osou a tvoří podélné trakty. Stropní konstrukce je běžně ukládána ve směru kolmém k podélné ose budovy.

Prostorová tuhost v podélném směru je zajištěna samotnými podélnými nosnými stěnami. Tuhost v příčném směru je zajištěna stropní konstrukcí, případně vloženými příčnými ztužujícími stěnami (např. štítová stěna, schodišťová stěna, mezibytová stěna, apod.). Objekty s podélným stěnovým systémem se zpravidla realizují z cihel nebo tvárnic.

S ohledem na statickou funkci nosných stěn je velikost okenních otvorů značně omezena, fasáda působí masivním dojmem bez architektonické variability.

Výhodou podélného konstrukčního systému je otevřenost dispozice a variabilita. Nevýhodou je malá architektonická variabilita fasády, nižší tuhost systému a z toho plynoucí použitelnost pouze pro objekty s malým počtem podlaží.

Konstrukční systém příčný

Nosné stěny jsou kolmé k podélné ose budovy a tvoří příčné trakty. Stropní konstrukce se realizuje v podélném směru.

Prostorová tuhost a stabilizace je zajištěna samotnými nosnými stěnami v příčném směru. V podélném směru je tuhost zajištěna doplňujícími stěnami a podélně uloženou stropní konstrukcí.

Vnitřní nosné stěny mohou být využity pro zajištění splnění akustických požadavků mezi jednotlivými prostory (hotelové pokoje, byty apod.). Obvodové nenosné stěny mají především funkci ochrany vnitřního prostředí před klimatickými podmínkami (tepelně-izolační funkce).

Nevýhodou příčného konstrukčního systému je menší variabilita a dispoziční volnost. Výhodou je lepší stabilita konstrukce a vhodnost pro objekty s vyšším počtem podlaží.

Konstrukční systém obousměrný

V případě obousměrného konstrukčního systému jsou nosné stěny uspořádány v podélném i příčném směru. Stropní konstrukce mohou být uloženy v obou směrech.

Výhodou je vysoká prostorová tuhost a stabilita. Obousměrný systém je vhodný pro výškové budovy. Nevýhodou je značně omezené dispoziční řešení a nízká variabilita vnitřního prostoru.

3.3. Sloupové konstrukční systémy – skelety

Princip skeletového systému spočívá v oddělení funkce nosné a funkce obalové. Veškerá zatížení přenášejí svíslé prvky – sloupy. Nenosné stěny plní funkce dělicí a izolační (obvodový plášť, příčky). Pro sloupy se používají výhradně materiály s velkou únosností jako je ocel, železobeton nebo dřevo.

Výhodou skeletových systémů je uvolnění dispozice a variabilní ztvárnění budovy. Nevýhodou je nižší prostorová tuhost ve srovnání se stěnovými systémy.

Podle způsobu přenášení zatížení rozlišujeme:

- **Skelety rámové** (průvlakové)
- **Skelety hlavicové** (hřibové)
- **Skelety deskové**

Rámové skelety

Základní skladební jednotkou rámových skeletů je **rám** tvořenými dvěma sloupy a průvlakem. Zatížení stropů se přenáší do sloupů prostřednictvím rámových příčlů. Rámy mohou být jednopodlažní či vícepodlažní. Podle uspořádání rámu v budově rozlišujeme:

- **Podélné rámy:** Průvlaky jsou rovnoběžné s podélnou osou budovy. Z důvodu malé prostorové tuhosti se tento systém používá zejména pro nízkopodlažní budovy. Ztužení zajišťují vložené příčné stěny (např. štítové stěny) nebo příčné průvlaky. Nevýhodou je zastínění vnitřních prostor a omezení možnosti ztvárnění průčelí. Výhodou je volná dispozice pro vedení podélných rozvodů.
- **Příčné rámy:** Průvlaky jsou kolmé k podélné ose budovy. Skelety s příčnými rámy dobře odolávají účinkům vodorovného zatížení a jsou použitelné i pro vyšší stavby. Příčné rámy umožňují variabilní ztvárnění průčelí a nezastiňují interiér budovy. Nevýhodou je složitější vedení podélných instalací.
- **Obousměrné rámy:** Průvlaky jsou rozmístěny v příčném i podélném směru. Obousměrné rámy se vyznačují velkou tuhostí a jsou vhodné pro výškové budovy namáhané velkými zatíženími nebo pro budovy v poddolovaných nebo seizmicky nestabilních oblastech.

Hřibové skelety

Hřibové neboli hlavicové skelety přenášejí zatížení do sloupů prostřednictvím rozšířených sloupových hlavic. Hřibová hlavice chrání stropní desku před propíchnutím a zkracuje její účinné rozpětí.

Hřibové skelety jsou velmi únosné a jsou vhodné pro objekty s velkým zatížením stropních konstrukcí, zejména pro výrobní a skladovací objekty. Nevýhodou hřibových skeletů jsou viditelné hlavice a obtížnější vedení svislých instalačních rozvodů.

Deskové skelety

Deskové skelety mají stropní konstrukci podporovanou přímo sloupy. U tenkých desek hrozí reálné nebezpečí propíchnutí desky sloupem. Propíchnutí desky sloupem je možné zabránit zesílením výztuže nad podporami. Spojení desky a sloupu je možné provést buď skrytou hlavicí, nebo skrytým průvlakem.

Deskové skelety mají nízkou prostorovou tuhost a musí být doplněny ztužujícími prvky – stěnami nebo jádrem. Deskové skelety se používají v budovách s malým zatížením stropů, zejména u občanských staveb a staveb pro bydlení.

Výhodou deskových skeletů je rovný pohled a možnost obousměrného vedení instalací.

3.4. Kombinované konstrukční systémy

Kombinované systémy vycházejí z výhod jednotlivých konstrukčních systémů. Kombinací nosných stěn a sloupů vznikají různorodé prostorové útvary s velkou tuhostí a minimální hmotností. Sloupová část konstrukce umožňuje volnou variabilitu a možnosti dispozičního řešení. Sloupy přenášejí zatížení ze stropní konstrukce a stěny plní ztužující funkce a zajišťují prostorovou tuhost a stabilitu.

Kombinované systémy je možné provádět v řadě variací:

- Kombinace podélných obvodových stěn s vnitřním skeletem
- Kombinace příčných obvodových stěn s vnitřním skeletem
- Kombinace příčných a podélných stěn s vnitřním skeletem
- Kombinace obousměrného skeletu s vnitřním vyztužujícím jádrem

3.5. Jádrové konstrukční systémy

Jádrový konstrukční systém přenáší zatížení budovy do základů středním tuhým jádrem. Do jádra se navrhují všechny provozy a funkce nevyžadující přímé osvětlení a větrání, které je naopak vhodné od ostatního provozu budovy oddělit např. hlukově, požárně (výtahy, schodiště, instalační šachty aj.).

Konstrukce jednotlivých podlaží jádrových systémů mohou být nesený:

- Primární spodní horizontální nosnou konstrukcí konzolově vyloženou z jádra nad parterem, která sekundárně nese sloupy vyšších podlaží.
- Primární horní nosnou konstrukcí vyloženou v hlavě jádra, na které jsou po obvodu zavěšené stropy nižších podlaží.
- Stropy jednotlivě vykonzolovanými z jádra, do kterého se přenášejí veškerá zatížení přímo.

Jádrové systémy se používají převážně u výstavby výškových budov o čtvercovém či kruhovém půdorysu. Jejich výhodou je uvolnění parteru a jednodušší způsoby založení.

Možnost výrazného architektonického provedení láká architekty i přes staticky a konstrukčně komplikované řešení.

3.6. Superkonstrukce

Superkonstrukce jsou dvoustupňové stavební konstrukce, které vznikají soustředěním zatížení do omezeného počtu mohutných prvků hlavní (primární) nosné konstrukce, do které je vložena druhotná (sekundární) konstrukce. Superkonstrukce se používá zejména pro extrémně vysoké budovy nad 50 podlaží. Primární konstrukce se navrhuje s dlouhou životností, čímž umožňuje případnou změnu sekundární konstrukce.

Primární nosná konstrukce je obvykle tvořena superrámem, jehož jednotlivá podlaží mají výšku odpovídající výšce několika podlaží vložených. Do prostoru superrámu je pak vložena sekundární konstrukce tvořená subtilnějšími prvky. Sekundární konstrukce může být na superrám uložena či zavěšena. Mezi zavěšenými a uloženými patry pak může vzniknout volný halový prostor.

4.KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY HALOVÝCH BUDOV

4.I. Konstrukční systém halových staveb

Objekty halového typu umožňují tvorbu volných vnitřních prostor s malým počtem nebo zcela bez vnitřních podpor. Charakteristickým rysem halových objektů je velká půdorysná plocha a relativně malá výška. Halové objekty se užívají zejména pro jednopodlažní objekty. Na rozdíl od konstrukčních systémů vícepodlažních budov jsou halové objekty charakterizovány nosnou konstrukcí zastřešení.

Halový objekt může zahrnovat i vnitřní vestavěná podlaží s různými nároky na výšku prostor:

- Dvojpodlažní haly
- Velkoobjemové haly
- Kombinované monobloky

Halové stavby se vyznačují neobyčejně velkou variabilitou. Opakovatelnost typů halových staveb je v porovnání s vícepodlažními budovami výrazně nižší, jedná se o objekty daleko více individuální.

Halové objekty jsou užívány zejména pro:

- **Kulturní účely** (divadla, kina, výstavní pavilony, shromažďovací aj.)
- **Sportovní účely** (víceúčelové a sportovní haly, zastřešení tribun a stadiónů, plavecké bazény apod.)
- **Výrobní a skladovací účely** (výrobní haly, sklady, tržnice, .)
- **Dopravní účely** (nádražní haly, zastřešení nástupišť, automobilové a autobusové garáže, servisní haly a opravny, doky apod.)

Halové objekty mají ve většině případů rozdělenou nosnou a obalovou funkci. **Nosná funkce** přenáší statické a dynamické zatížení do základových konstrukcí. **Obalová konstrukce** (oplaštění) zajišťuje požadovaný stav vnitřního prostředí a obvykle se skládá ze střešního pláště, obvodového pláště a spodní stavby.

Konstrukce je nutné řešit v závislosti na zajištění jejich prostorové tuhosti, s ohledem na zachycení horizontálních sil u tlačných a tažených soustav, počítat s větší deformabilitou konstrukce (především u tažených soustav). Podstatný význam má i interakce nosného subsystému a kompletačních (obalových) konstrukcí a celková stabilizace střešního pláště u tažených soustav.

Z hlediska namáhání lze halové konstrukce rozdělit na:

- Konstrukční systémy namáhané převážně na ohyb
- Konstrukční systémy převážně tlačené
- Konstrukční systémy převážně tažené

4.2. Konstrukční systémy namáhané převážně na ohyb

Základním prvkem je ohybově namáhaný prostě uložený nebo vetknutý prvek přenášející především svislá zatížení. Veškeré zatížení na prostě uloženém prvku je přenášeno ohybovým namáháním uprostřed rozpětí. Únosnost pak závisí na průřezovém modulu nosníku a dovoleném namáhání materiálu. V případě, že je nosníková konstrukce v podepření vetknuta (konstrukce je tuhá), vznikne v oblasti podpory ohybový moment, který je přenášen i opěrnou (svislou) konstrukcí vzniklé rámové soustavy. V důsledku spolupůsobení opěrné konstrukce se snižují ohybové momenty v rámové příčli. Jelikož je horní pas nosníku i rámové příčle tlakově namáhan, je třeba zajistit stabilitu před vybočením. Konstrukční systémy namáhané převážně na ohyb zahrnují deskové soustavy, vazníkové soustavy a rámové soustavy.

Deskové soustavy

Deskové soustavy, jak je již z názvu patrné, jsou tvořeny různými typy desek (s vyztuženými žebry, komůrkové atd.). Navrhují se v rozponech do 24 m a v šířkách prvků do 3 m. Pro zajištění tuhosti jsou desky vzájemně stykovány.

Deskové konstrukce ale mohou být tvořeny i z jednosměrně či obousměrně pnutých konstrukcí přenášejících zatížení ohybem v obou směrech. Soustavu pak tvoří desky z rovinných či prostorových příhradových vazníků.

Vazníkové soustavy

Vazníkové soustavy se skládají především ze střešních vazníků (nosníkových prvků) ukládaných na sloupy, průvlaky nebo stěny. **Vazníky** mohou mít různé tvary (přímopasé, pultové, sedlové, obloukové atd.), různé konstrukční řešení (plnostěnné, příhradové atd.) a různé materiálové řešení (železobeton, ocel, dřevo atd.). Na střešní vazníky jsou ukládány přímo plošné střešní prvky (žebírkové či kazetové panely s odlehčenou deskou) nebo střešní vaznice nesoucí střešní plášť.

Rámové soustavy

Rámová soustava přenáší v důsledku tuhého spojení rámový moment do rámové stojky. Nevýhodné namáhání stojek rámu ohybem lze částečně eliminovat návrhem spojitě rámové konstrukce. Průběh ohybového namáhání v konstrukci je závislý na ohybové

tuhosti stojky a příčle a je ovlivňován i náběhy. Vyšší moment se pak koncentruje v místech s vyšší ohybovou tuhostí. Rámové konstrukce mohou být ve formě vetknutého rámu, dvoukloubového či tříkloubového rámu či konzolového rámu. Konstrukce lze řešit z betonu (železobetonové konstrukce monolitické či prefabrikované), oceli (tenkostěnné či plnostěnné profily) nebo ze dřeva (plnostěnné či příhradové atd.).

4.3. Konstrukční systémy převážně tlačené

Je-li tvar obloukové či plošné konstrukce navržen ve tvaru tlakové čáry působícího zatížení (výslednicová čára nebo plocha), přenáší konstrukce zatížení tlakem. Jelikož tvar konstrukce je stálý, ale zatížení takové být nemusí, je část zatížení přenášena ohybovým momentem. Konstrukci je proto třeba navrhnout tak, aby přenášela převládající zatížení vlastní tíhou a sněhem. Díky tomu vzniká parabolický tvar tlačené konstrukce. Ke statickému působení tlačené konstrukce lze dospět tvarováním rámové konstrukce tak, aby ohybová namáhání rámu byla nulová. Opěrný systém pak přenáší svislé a vodorovné reakce obloukové (tlačené) konstrukce. Převážně tlačené konstrukční systémy zahrnují obloukové soustavy, plošně namáhané tlačené konstrukce (klenby a skořepiny), prutové a lomenicové struktury.

Obloukové soustavy

Obloukové soustavy mají opěrný systém dimenzován na vzpěrný tlak v kombinaci s ohybem. Vybočení v rovině oblouku brání tuhost průřezu konstrukce, z roviny oblouku pak tuhost střešní tabule i vlastní ohybová tuhost. Oblouky mohou být vetknuté, dvojklobbové či trojklobbové, nejčastěji je jako materiál použita ocel případně i železobeton. Vlastní konstrukce pak může být příhradová či plnostěnná. Rozpony těchto konstrukcí mohou dosahovat i 100 m.

Plošné tlačené konstrukce – klenby

Klenby jsou namáhány vzpěrným tlakem a ohybem. Namáhání se přenáší přepětím průřezu vlivem převládajícího svislého zatížení. Konstrukčním důsledkem je masivní konstrukce klenby a omezená schopnost přenášet bodová zatížení. Pro správný návrh je důležitá znalost tvaru výslednicové čáry od zatížení vlastní vahou konstrukce. Jako materiál se používá převážně kámen či cihla. Ke správné funkci klenby je podstatný tvar výslednicové čáry od zatížení vlastní tíhou konstrukce. Tlakové čáry musí vždy zůstat uvnitř jádra průřezu (v případě obdélníku ve vnitřní třetině výšky).

Plošné tlačené konstrukce – skořepiny

Skořepiny mívají malou konstrukční tloušťku a ohybová namáhání přenášejí pouze v omezené míře. Stabilita tlačěných částí je zajišťována využitím tvaru konstrukce o dvojí křivosti nebo spolupůsobením s výstužnými žebry a čely skořepin.

Prutové strukturální soustavy

Prutové strukturální soustavy mají do jisté míry obdobné působení jako plošné konstrukce stejného tvaru. Principem plošné či prutové struktury je snaha o nahrazení statického působení plošné konstrukce prutovými prvky ze železobetonu, oceli či dřeva. Prutová struktura ve tvaru válcové klenby působí jako válcová skořepina upnutá do tuhých čelních stěn.

Lomenicové strukturální soustavy

Lomenicové strukturální soustavy jsou vytvořeny z plošných trojúhelníkových elementů vytvářejících tuhou prostorovou soustavu. Vhodnou volbou tvaru lomenice lze docílit tvaru translační či rotační plochy.

4.4. Konstrukční systémy převážně tažené

Konstrukční systémy převážně tažené zahrnují visuté soustavy, soustavy pneumatické a soustavy zavěšené.

Visuté soustavy

Visuté soustavy mohou být vazníkové, deskové, lanové a membránové. Prvky nemají ohybovou tuhost a jsou uspořádány paralelně či radiálně, v jednovrstvém či vícevrstevném uspořádání. Přenos zatížení probíhá prostřednictvím normálové síly v profilu a vodorovnou složkou podporované reakce. Tato složka namáhá opěrný systém vysoko nad terénem, což vyžaduje jeho efektivní konstrukční návrh.

Pneumatické soustavy

Pneumatické soustavy jsou nesené přetlakem vnitřního vzduchu. Konstrukce je tvořena tenkou membránou předepnutou vnitřním přetlakem. V případě nízkotlakých konstrukcí činí přetlak v celém prostoru 100-300 Pa a při velkých rozponech se stabilizuje kombinací s povrchovými ztužujícími lany. U vysokotlakých konstrukcí je přetlak vzduchu 0,1-0,5 MPa a je soustředěn v tzv. kostře (skeletu) objektu (žebrech, obloucích). Užívají se menší rozpory do 25 m.

Zavěšené soustavy

Zavěšené soustavy jsou konstrukce, jejímž principem je zavěšení střešní nosíkové konstrukce pomocí táhel ukotvených k tlačným pilotám, obloukům či ráům atd. Jedná se o vícestupňový systém připomínající působení tzv. superkonstrukcí ve vícepodlažních budovách. Náleží proto k efektivním systémům pro zastřešení staveb velkých rozpětí (150 m i více).

5.DILATACE STAVEB

5.1. Dilatace staveb

Stavební spára je definovaná jako odstup mezi dvěma stavebními dílci. Tento typ spáry nevykazuje objemové ani tvarové změny - spára je neměnná.

Dilatační spára je spára, která dělí budovy nebo jejich jednotlivé části na menší tuhé celky. Dilatace se provádí z důvodů zamezení přenosu nesilových účinků z jedné části konstrukce do druhé tak, aby nebyly narušeny požadované funkce.

Dilatační spára se provádí v místech předpokládaných extrémních zatížení, ztráty tuhosti konstrukce, změny konstrukčního systému a uspořádání, v místech změny výšky konstrukce nebo objektu, v místech geologických zlomů a nepravidelností.

Mezi **nesilové účinky** patří:

- Objemové změny vlivem teploty
- Objemové změny vlivem vlhkosti
- Reologické účinky (dotvarování materiálu a smršťování)
- Změna tvaru základové spáry

Nesilové účinky vyvolávají v konstrukcích mechanické stavy napjatosti, které často několikanásobně převyšují hodnoty namáhání způsobené běžnými silovými účinky (zatížení vlastní tíhou, zatížení větrem, apod.).

Rozdělení konstrukce budovy na jednotlivé konstrukční části, které mají tendenci k rozdílným tvarovým změnám a rozdílnému sedání je vhodné pro omezení a redukci namáhání. **Dilatační celky** lze definovat jako menší části stavby oddělené od celku dilatačními spárami.

Dilatační spáry eliminují:

- Statické účinky – objemové změny, nerovnoměrné sedání
- Dynamické účinky - otřesy
- Akustické účinky - přenos hluku konstrukcí a vibrace
- Tepelně-technické účinky – přenos tepla a vlhkosti konstrukcí

5.2. Objemové změny

Každý materiál se změnou teploty a vlhkosti mění svoje rozměry.

Objemové změny mohou být vyvolány:

- Změnou teplot vnějšího a vnitřního prostředí (tepelná roztažnost materiálů) – každý materiál
- Změnou vlhkosti materiálů (vysychání a bobtnání)
- Reologickými změnami materiálů
 - **Smršťování** – Objemové změny vlivem vysychání vody ze struktury tuhneícího a tvrdneícího betonu, smršťování je závislé na složení betonové směsi, jejím zpracování, rozměrech a vyztužení prvků
 - **Dotvarování betonu** – Objemové změny vlivem velikosti a doby zatížení závisí na složení betonové směsi, jejím zpracování, rozměrech a vyztužení prvku, velikosti zatížení, typu zatížení (stálé, nahodilé, dynamické) a době působení zatížení.
- V důsledku chemických procesů v materiálech (např. koroze)

Namáhání prvků vlivem objemových změn může vést k:

- Porušení prvků tahovými trhlinami
- Porušení prvku v tlaku
- Rozpínavý účinek na okolní konstrukce
- Vznik a zvětšování spár mezi prvkem a okolními konstrukcemi
- Reologické změny materiálů

5.2.1. Konstrukční zásady a konstrukční řešení

Dilatační spáry prochází celým objektem s výjimkou základů, základy se naopak vyztuží z důvodu eliminace nerovnoměrného sedání. Šířka dilatační spáry se navrhuje v rozmezích 10 – 30 mm. Počet dilatačních spár lze ovlivnit vhodným architektonickým a objemovým řešením objektu. Dilatační spára musí umožňovat pohyb ve všech směrech.

Maximální vzdálenost dilatačních spár ve zdivu na vápennou maltu:

- z pálených cihel 100 m
- z vápenopískových cihel 50 m
- z betonových tvárnic 50 m
- z přirozeného kamene 60 m
- ze železobetonu 40 m

U prostého či slabě vyztuženého betonu jsou max. délky monolitických dilatačních celků u chráněné konstrukce 30 m u nechráněné konstrukce 24 m. Maximální velikost dilatačních celků ocelové konstrukce se určuje statickým výpočtem.

Konstrukční řešení pro provádění dilatačních spár

- Zdvojení nosných konstrukcí
- Jednostranné kluzné uložení
- Vykonzolování stropní konstrukce
- Vložené pole s kluzným uložení

5.3. Nerovnoměrné sedání

- **Nepravidelnosti v podloží objektu** – nepravidelné a šikmé uložení vrstev zeminy s rozdílnou stlačitelností, různá úroveň hladiny podzemní vody, poddolované území, dodatečné změny v podloží nebo úrovni hladiny spodní vody
- **Rozdílné zatížení v základové spáře** – různé výšky části objektu, různé užitné zatížení v různých částech objektu, nevhodný návrh plochy jednotlivých plošných základů
- **Rozdílný způsob založení částí objektu** - kombinace plošných a hlubinných základů
- **Časový odstup mezi realizacemi různých celků objektu** – nová část navazuje na starší, kde již proběhlo sedání

5.3.I. Konstrukční zásady a konstrukční řešení

Konstrukční zásady pro dilatační spáry:

- Dilatační spáry musí umožňovat vertikální posuny
- Dilatační spáry prochází celým objektem včetně základů
- Základy se vzájemně nesmí ovlivňovat
- Nutné dodržet požadované tloušťky spár

Konstrukční řešení pro provádění dilatačních spár

- Jednostranné vykonzolování vodorovné konstrukce
- Oboustranné vykonzolování vodorovných konstrukcí
- Vložená pole
- Úprava modulace

6.ZÁKLADOVÁ PŮDA A ZEMNÍ PRÁCE

6.1. Základy a základová půda

Zakládání staveb se zabývá navrhováním a způsobem založení základů. **Základy** jsou nosné konstrukční prvky objektů, které zabezpečují přenášení zatížení stavby do základové půdy. Základy musí být navrženy tak, aby bezpečně přenášely veškeré zatížení s minimální deformací a bez porušení podzákladí. Podle způsobu jakým je zatížení přenášeno, rozlišujeme **základy plošné** a **základy hlubinné**.

Základová půda je funkční součástí stavby. **Základová spára** je plocha, kde se základy stýkají se základovou půdou.

Zemina je nezpevněná nebo slabě zpevněná hornina

Hornina je heterogenní směs tvořená různými minerály, někdy i organickými složkami, vulkanickým sklem či kombinací těchto komponentů

Ornice je svrchní tenká vrstva (100-300 mm) na povrchu s rostlinnými a živočišnými zbytky, před zahájením všech zemních prací se stahuje a ukládá stranou pro pozdější použití jako pohoz

Hlína je jílovitá zemina smíšená se značným množstvím křemenitého písku, se slídou, s vápenitými, železitými i organickými látkami. Obsahuje-li přes 40 % písku, označuje se jako hubená, při obsahu písku pod 40 % je to hlína mastná. Držíme-li v ruce hlínu mastnou, lepí se a drží pohromadě, kdežto hubená se nelepí a rozpadá. Patří sem hlíny cihlářské, ohnivzdorné a kaoliny

Jíly jsou usazeniny hlinito-křemičité, skládají se z 25-30 % jílovité zeminy a 65-70 % i více oxidu křemičitého. Jsou vždy velmi jemné, bez písku nebo smíšené s jemným pískem, značně koloidní a pro vodu celkem nepropustné. Vodou nabývají na objemu, vysycháním se smršťují. Zvláštním druhem jílu je bentonit, který je velmi jemný, takže má vlastnosti látek koloidních. Přijímá mnoho vody – až sedminásobek vlastní hmotnosti.

Slín je jílovitá zemina obsahující 25 – 60 % uhličitanu vápenatého a uhličitanu hořečnatého. Slinité půdy mají sklon ke svážení, a proto jsou velmi nebezpečné.

Letek je tavitelná hlína obsahující směs hlinitého nebo vápenitého jílu, písku a slídy. Obsahuje 10-40 % vápna. Vodou nepropouští, je o něco měkčí než jíl a v přírodě má břídlíčnatou strukturu. Do této skupiny náleží též lupek nebo jílovec, často obsahující uhlí.

Spraš je jemný písčítý prach navátý větrem. Skládá se z vyššího obsahu vápenitých sloučenin a až z 50 % prachu, většinou křemičitého. Má proto menší tvárlivost než jíly a slíny. Spraš je žlutá až světlehnědá, takže bývá často zaměňovaná s hlínou. Mneme-li ji mezi prsty, je jemnější než hlína, poněvadž obsahuje zrnka písku menší než 0,1 mm. Nasává vodu a její propustnost pro vodu je velmi značná, protože je prostoupena vlasovými kanálky. Nepříjemnou vlastností spraše je její veliká vzlínavost: až 5–6 m nad hladinu spodní vody. Prohněteme-li ji však důkladně a řádně udusáme, je propustná pro vodu poměrně málo

Rozlišujeme 3 třídy dle těžitelnosti zeminy:

- Třída I. je definována těžbou prováděnou běžnými výkopovými mechanizmy (buldozery, rypadla) nebo ručně.
- Pro horniny ve II. třídě je pro těžbu nutné použít speciální rozpojovací mechanizmy – rozrývače, skalní lžíce, kladiva.
- Trhací práce je nutné použít pro III. třídu.

6.2. Hloubka založení

Hloubka založení má vliv na velikost sedání stavby. Větší hloubka má vliv na snížení celkového sedání stavby. Hloubka založení je rozdíl úrovně základové spáry a nejbližšího bodu terénu u základů. Hloubka založení se stanovuje s ohledem na stabilitu a sedání stavby, klimatické vlivy (promrzání, vysychání půdy) a geologický a hydrogeologický profil půdy.

Minimální hloubka založení je dána klimatickými vlivy – teplotou v zimním období a druhem zeminy. V případě promrznutí základové půdy pod základy, hrozí reálné nebezpečí zvětšení objemu zeminy pod základy (voda při změně skupenství na led zvyšuje svůj objem) a tím vzniku napětí a následně i poruch. V závislosti na promrzání půdy volíme hloubku založení:

- 500 mm pro skalní a poloskalní půdy a pod vnitřními stěnami
- 800 mm od upraveného terénu pro běžný terén (sytké zeminy mimo horské oblasti)
- 1 000 mm od upraveného terénu pro běžný terén (soudržné zeminy mimo horské oblasti)
- 1 200 mm v soudržných zeminách s hladinou spodní vody v hloubce menší než 2 m

U horských oblastí je vhodné vždy navrhnout hloubku základu dle lokálních klimatických podmínek. Typ a druh zeminy je vždy určen na základě výsledků sond z průzkumu

stavenišť. V případě zjištění nevhodného typu zemin lze zlepšit základovou zeminu nahrazením jinou zeminou (polštáře), zhutněním, odvodněním, přísadami do základové půdy (injektáž, vápno nehašené + polit) nebo vysoušením.

Na soudržných zeminách dochází vlivem zatížení k vytlačování vody z pórů a tím k částečnému rozbahnění a následně k poklesu základů. Proto se pod základy klade hrubý písek, štěrk či štěrkopísek ve funkci drenáže. Výška násypu musí zabezpečit isobaru pod základy tak, aby bylo napětí menší, než je únosnost základové zeminy.

6.3. Zemní práce

Zemní práce v pozemním stavitelství se podle etap postupu rozdělují na přípravné zemní práce, hlavní zemní práce a dokončovací zemní práce.

Hlavní druhy zemních prací jsou odkopy, násypy a zásypy. Odkopy odstraňují terénní nerovnosti. K odkopům patří i sejmutí ornice, které je nutno provést před zahájením výkopů. Ornice je povrchová organická půdní hmota o tloušťce 150 až 300 mm. Násypy jsou sypané konstrukce budované na povrchu území. Násypy se zřizují po tenkých vrstvách (150 – 700 mm), které se zhutňují. Zásypy jsou sypané konstrukce vyplňující prostor pod úrovní terénu a kolem stavební konstrukce. Sypanina se provádí z nenamrzavých objemově stálých a málo stlačitelných materiálů (např. štěrk). Zásypy je nutné zhutnit. Nejdůležitějšími zemními pracemi jsou výkopy.

6.4. Výkopy

Výkopy se provádějí hloubením pod úrovní terénu. Prostor, ve kterém se výkopy provádějí, se nazývá **výkopiště**. Vytěžená zemina se nazývá **výkopek**.

Podle tvaru a rozměru výkopu se rozlišuje stavební jáma, rýha a šachta. **Stavební jáma** je výkop, jehož délka a šířka je větší než 2 metry. **Rýha** má převládající délkový rozměr a maximální šířku 2 metry. **Šachta** má převládající hloubkový rozměr a maximální půdorysnou plochu 36 metrů čtverečních.

Těžení zeminy se provádí různými druhy zemních strojů. Ruční výkopy se omezují pouze na začišťovací práce. Způsob těžení se volí podle objemu a druhu horniny.

Základová spára nesmí být při výkopech porušena, musí být chráněna i před klimatickými účinky (deštěm, zaplavením vodou, vysycháním a mrazem). Jako ochrana základové vrstvy se na dně výkopu ponechá vrstva zeminy (cca 200 – 500 mm), která se odstraňuje až bezprostředně před betonáží základů.

6.5. Zajištění stěn výkopů

Stěny výkopů musí být zajištěny proti sesuvu. Volba způsobu zajištění závisí na hloubce výkopu, fyzikálně mechanických vlastnostech zeminy, zatížení okrajů výkopů a na čase, po který zůstane výkop otevřený.

Svisle se mohou provádět stěny výkopů v soudržných zeminách, jejichž hloubka je max. 1,5 metru. V ostatních případech je nutno zajistit stěny výkopu jednou z následujících možností:

Svahování stěn výkopů: Svahování stěn výkopů má být co nejstrmější, neboť se jím zvětšuje kubatura zemních prací a plocha výkopiště. Současně se musí dodržet minimální sklony svahu dané především úhlem vnitřního tření zeminy a součinitelem soudržnosti zeminy (např. písčité štěrky 1:1, jílovitý písek 1:0,50, prachová hlína 1:0,25). Při výkopech hlubších než 3 metry se svahy přerušují terénními lavicemi o minimální šířce 500 mm.

Roubení stěn výkopů: Roubení je dočasná stavební konstrukce, která chrání stěny výkopu proti sesuvu po dobu prací ve výkopišti. Roubení musí být prováděno přímo s hloubením výkopu. Roubení se skládá z pažení a **rozepření**. Pažení je plochá výplň roubení, která je v přímém kontaktu se zeminou. **Pažení** se skládá z dřevěných nebo ocelových **pažin** kladených svisle, vodorovně nebo šikmo. Zemní tlak působící na pažení se zachycuje **vodorovnými rozpěrami** nebo **šikmými vzpěrami**. Podle konstrukce a způsobu provádění rozlišujeme:

- **Roubení s přiloženým pažením:** Příložné pažení se používá v soudržných i nesoudržných zeminách. Podle soudržnosti zeminy se pažiny kladou buď na sraz nebo s mezerami, vodorovně nebo svisle
- **Pažení záporové:** Záporové pažení se skládá ze zápor (pilot) zaberaněných do zeminy. Mezi piloty se spouštějí vodorovné pažiny. Rozepřením zápor se dosáhne značné pevnosti pažení, takže lze tento způsob použít i při širokých stavebních jámách a do hloubky až 20 m. Záporové pažení však nelze zřizovat v balvanitých zeminách, kde záporů nelze beranit do potřebné hloubky nebo v nutných vzdálenostech.
- **Pažení zátažné:** Zátažné pažení se používá u stavebních jam i rýh. Může být svislé nebo šikmé.
- **Pažení hnané:** Hnané pažení se provádí ve zvodnělých soudržných i nesoudržných zeminách, kde teprve zaražením pažin získáme zabezpečený uzavřený prostor, ve kterém můžeme pracovat. Je to nákladný a nejtěžší způsob pažení

- **Spouštěné pažení:** Spouštěné pažení se používá v méně soudržných zeminách při hloubce výkopu do 6 m. Tesařsky provedený rám z kulatiny, sloupky, svislé pažení a klín.

Podzemní stěny: Podzemní stěny se používají pro zajištění stěn hlubokých výkopů, v prolukách nebo při velkém zatížení okrajů výkopů. Podle použitého stavebního materiálu rozlišujeme podzemní stěny jílové, jílovo-cementové a betonové. Podzemní stěny mohou plnit nejen funkci pažící a těsnící, ale souvisle i funkci konstrukční a základ pro obvodové nosné zdivo. **Milánské podzemní stěny** jsou tvořené průběžnou rýhou o hloubce až 40 metrů, do které se spouštějí prefabrikované betonové dílce nebo jsou vybetonovány v šířce 0,6 – 1,0 m a současně slouží jako nosná stěna podzemní části objektu.

Pilotové stěny: Pilotové stěny se mohou využívat v zeminách a horninách s nízkou pevností. Pod hladinou spodní vody se vzájemně překrývají, nad hladinou spodní vody se dotýkají a osová vzdálenost je do 2 m. Nekotvené se používají do 6 m, pokud je rozpon větší, jsou kotvené nebo rozepřené.

Štětovnicové stěny: Štětovnicové stěny se používají v soudržných až pevných i nesoudržných zeminách (mimo balvanitých). Lze je používat i pod hladinou spodní vody. Vzájemně jsou propojeny zámky, které zaručují vodotěsnost. Nejznámějším typem jsou Larsenky, které je možné použít až do hloubky 20 m. Po dokončení prací je možné je vytahovat a znovu použít, čímž je pažení levnější.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

HÁJEK, P. a kol. *Konstrukce pozemních staveb 1. Nosné konstrukce I.* 3. vyd. Praha: ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03589-4.

HANÁK, M. *Pozemní stavitelství: cvičení I.* 6. přeprac. vyd. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03267-1.

LORENZ, K. *Nosné konstrukce I. Základy navrhování nosných konstrukcí.* 1. vyd. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03168-3.

MATOUŠOVÁ, D., SOLAŘ, J., *Pozemní stavitelství I.* 1. vyd. Ostrava: VŠB TU, 2005. ISBN 80-248-0830-7.

NESTLE, H. a kol. *Moderní stavitelství pro školu i praxi.* Praha: Sobotáles, Praha, 2005. ISBN:80-86706-11-7.