

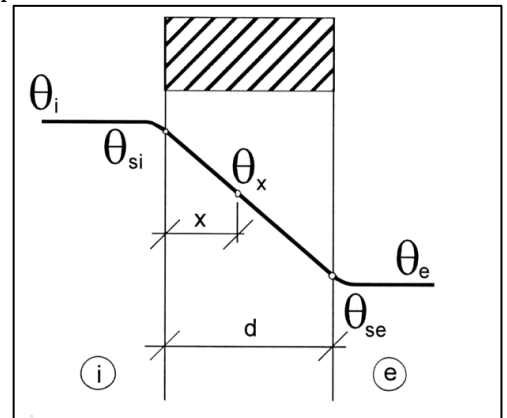
Stavební fyzika 2

Způsoby šíření tepla, Fourierovy zákony, součinitel prostupu tepla

- Pro dobrý návrh tepelné ochrany budov je nutné znát **cestu transportu tepla a vlhkosti**.
- Při dodatečném zateplení nebo výměně oken může docházet ke větší kondenzaci vnitřní vlhkosti a vzniku plísní.
- Parametry venkovního prostředí: je možné zjistit z **mapy, z tabulky nebo výpočtem**. U návrhové teploty venkovního vzduchu záleží mimo jiné na nadmořské výšce nebo míře urbanizace dané lokality.
- V letním období patří téměř celá ČR do oblasti A: $\theta_{em} = 20,5 \text{ }^\circ\text{C}$. V zimě je na to tabulka (**Praha -13 °C**)
- Návrhová vnitřní teplota je v obytných místnostech a kuchyni **20 °C**, v koupelně **24 °C** a na komunikacích a schodištích **15 °C**.
- Jsou tři způsoby šíření tepla:
 - **vedení** (kondukce) – v pevných látkách (stavebních konstrukcích)
 - **proudění** (konvekce)
 - **sálání** (radiace)
- **Vedení** tepla se řídí dvěma Fourierovými zákony:
 - 1. Fourierův zákon: **ustálený teplotní stav – jednosměrné vedení tepla**
 - 2. Fourierův zákon: **neustálený teplotní stav – prostorové (trojrozměrné) vedení tepla**

Z těchto zákonů je odvozena rovnice pro odvození tepelného odporu.

- Vzorec na tepelného odporu konstrukce: $R = \frac{d}{\lambda}$
 - R = tepelný odpor konstrukce
 - d = tloušťka vrstvy
 - λ = součinitel tepelné vodivosti
- Vzorec na tepelný odpor jednovrstvé kce: $R_T = R_{si} + R + R_{se}$
 - tepelný odpor konstrukce chci mít **co největší!**
 - jednotka: $[\text{W} \times \text{m}^2 / \text{K}]$
 - R = tepelný odpor konstrukce, může jich být i více podle vrstev konstrukce ($R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se}$)
 - R_{si} = TO při přestupu tepla na vnitřní str. kce; tabulková hodnota
 - R_{se} = TO při přestupu tepla na vnější str. kce; tabulková hodnota
- Součinitel prostupu tepla: $U = \frac{1}{R_T}$ respektive $U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$
 - součinitel prostupu tepla chci mít **co nejmenší!**
 - jednotka: $[\text{W} / \text{m}^2 \times \text{K}]$



přestupové jevy

- K přestupovým jevům (R_{si} v interiéru a R_{se} v exteriéru) dochází na vnějším i vnitřních povrchu.
- Normové požadavky: prioritou je omezení potřeby tepla.
- Technicko-fyzikální charakteristiky stavebních materiálů:
 - objemová hmotnost
 - součinitel tepelné vodivosti
 - měrná tepelná kapacita

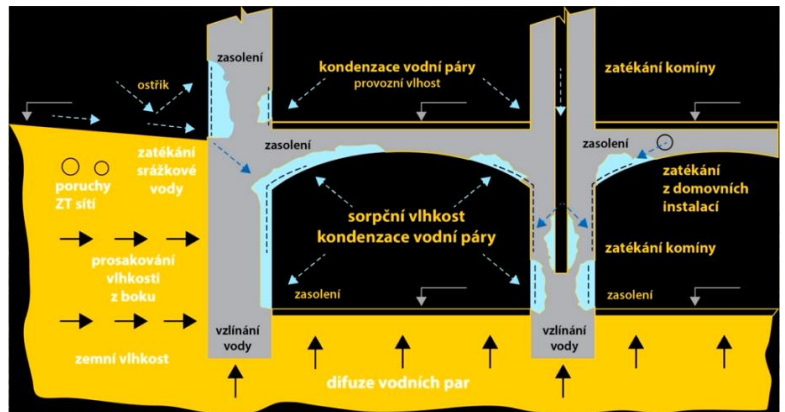
Druh budovy	Účel místnosti	Kategorie podlahy	
		Požadovaná	Doporučená
Obytná budova	dětský pokoj, ložnice	I.	
	obývací pokoj, pracovní, předstíh susedící s pokoji, kuchyň	II.	I.
	koupelna, WC	III.	II.
	předstíh před vstupem do bytu	IV.	III.
	učebna, kabinet	II.	
Občanská budova	tělocvična	II.	
	dětská místnost jeslí a školky	I.	
	operační sál, předstíh, ordinace, přípravná, vyšetřovna, služební místnost	II.	
	chodba a předstíh nemocnice	III.	II.
	pokoj dospělých nemocných	II.	I.
	pokoj nemocných dětí	I.	
	pokoj intenzivní péče	II.	I.
	kancelář	II.	
	hotelový pokoj	II.	
	pokoj v ubytovně	III.	II.
	sál kina, divadla	II.	
	místa pro hosty v restauraci	III.	II.
	prodejna potravin	III.	
Výrobní budova	trvalé pracovní místo při sedavé práci	II.	
	trvalé pracovní místo bez podlahy nebo předepsané teplé obuvi	III.	II.
	sklad se stálou obsluhou	IV.	III.

Pokles dotykové teploty podlahové kce, difuze a kondenzace páry

- Jde o **tepelnou jímavost nášlapné vrstvy konstrukce**.
- Pokles dotykové teploty řeší, kolik °C **noha (33 °C)** za **600 sekund** ztratí ve dvou fázích (**počáteční** a **reakční**). Pokud ve druhé noha **teplá**, je podlaha **teplá**, pokud dál **chladne**, je podlaha **studená**.
- Podlahy dělíme na **velmi teplé (I)**, **teplé (II)**, **méně teplé (III)** a **studené (IV)**.
- Podlahy jsou různých typů, dotyková teplota se na nich může měnit různě:
 - velmi teplým materiálem podlahy, u kterého dotyková teplota stoupá, jsou **korkové parkety**.
 - teplým materiálem, u něž dotyková teplota také stoupá, je **dřevěná podlaha**.
 - méně teplou podlahou, u níž dotyková teplota klesá, je **PVC**.
 - studeným materiálem, u něž dotyková teplota klesá, je **betonová podlaha**.
- U **předškolních zařízení** je nutné mít **velmi teplou podlahu**, ale není hygienické mít celou podlahu pokrytou kobercem, proto je dobré volit **pryž, gumu, PVC nebo korek**.
- Podlaha musí mít určitou teplotu, jinak na chladném povrchu začne **kondenzovat vlhkost**.
- Dotyková teplota se neposuzuje u **koberců, podlah s podlahovým topením** a místností bez požadavků (**garáže, sklep**)

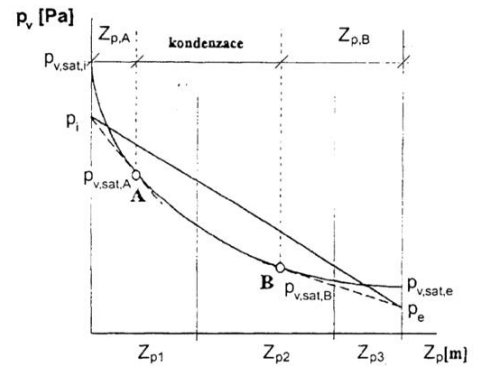
Tepelné mosty, dvojrozměrné teplotní pole

- **Tepelné mosty** nejčastěji vznikají tam, kde se **mění geometrie konstrukce**, vyskytují se prvky s **vyšší tepelnou vodivostí** nebo je zde **přerušeni tepelné izolační vrstvy**.
- Tepelný most: Oblast konstrukce, ve které je dosaženo nižší vnitřní povrchové teploty, než je na ideálním fragmentu konstrukce při uvažování jednosměrného šíření tepla.
- Tepelné mosty často vznikají tam, kde jsou **bodové tepelné vazby**, například **kotvy** (stínících prvků, pláště, balkonu atp.).
- **Normová izoterma** (= čára spojující body se stejnou teplotou; izo = stejný; terma = teplota) **odpovídající teplotě rosného bodu NESMÍ opustit stavební konstrukci**.
- **Plísně** většinou souvisí s dodatečným zateplováním, výměnou oken a balkonových dveří nebo zasklíváním lodžii.
- U **snímků z termovizí** je dobré být hodně zdrženlivý k nějaké interpretaci, protože nikdy nevím, za jakých podmínek byly snímky vytvořeny.
- Relativní vlhkost se většinou určuje jako **50 %**.
- Příčiny vlhkosti ve stavebních konstrukcích mohou být:
 - **Stavební vlhkost** – zabudovaná vlhkost (beton, zdění atp.)
 - **Zemní vlhkost** – často u historických budov, u kterých nebyla požadovaná HI jako dnes.
 - **Meteorologická vlhkost**
 - **Sorpční vlhkost**
 - **Kondenzovaná vlhkost**
 - **Provozní vlhkost** – mokré provozy atp.
- **Parozábranu** se snažíme umísťovat **co nejbližší interiéru**. Má **vysoký difuzní odpor** a **zabraňuje vlhkosti dostat se do konstrukce**.
- **Difúzní fólie**, která slouží jako **pojistná HI** vůči vodě z vnějšku má naopak mít **difuzní odpor co nejnižší**, protože **nesmí zabránit difúzi vlhkosti z konstrukce ven** (krokve nelze dokonale vysušit).
- Kondenzaci posuzujeme ve chvíli, kdy je největší rozdíl parciálních tlaků vodní páry ve vnitřním a vnějším prostředí, což odpovídá i teplotnímu rozdílu. Výpočet se tedy provádí vždy pro zimní období.
- Kondenzace v konstrukci **může být**, ale **nesmí ohrozit funkci konstrukce!**



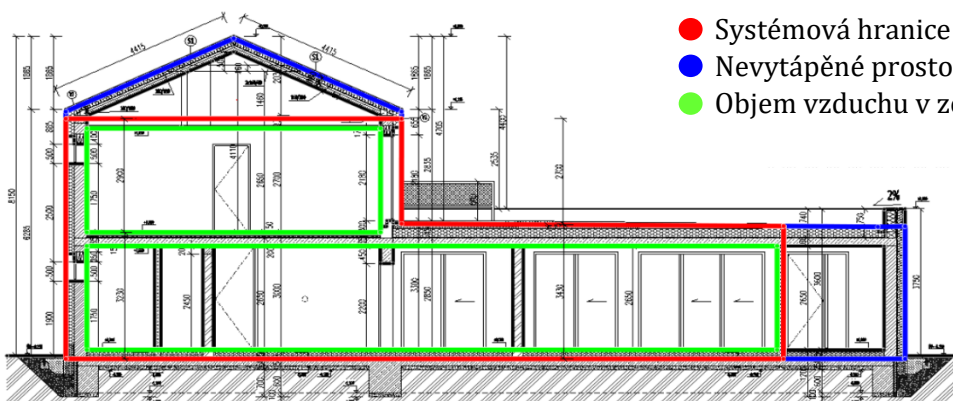
- **Aktivní bilance** – ročně zkondenzované množství vody nesmí přesáhnout množství odpařené vody, spíš by to mělo být i s rezervou méně. Jinak hrozí rok od roku větší množství zkondenzované vody.
- K výskytu kondenzace dochází, pokud $p_v \geq p_{v,sat}$ [Pa].
- Ročně zkondenzované množství vody může být **0,5 kg m⁻²a**, respektive **0,1 kg m⁻²a**.
- Kondenzace má tři základní situace:
 - v kci vodní pára **nekondenzuje**
 - dochází ke kondenzaci **v rovině**
 - dochází ke kondenzaci **ve značné oblasti konstrukce**
- Roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry posuzujeme podle dvou metod – **průměr po měsících** a **průměr po dnech**. Bezpečnější je používat metodu po dnech, nejlépe obě.
- Jednotlivé vrstvy konstrukce řadíme z hlediska difúzního odporu tak, aby **směrem k exteriéru difúzní odpor ubýval**. To však například u střechy s HI návrhu není dost dobře možné.
- Pokud mám nějaký extrémně difúzně odporný materiál v líci (sklo, plech) je dobré kci řešit jako dvouplášťovou (s provětrávanou mezerou) anebo zajistit, aby vnitřní strana byla ještě odpornější (v takovém případě je nicméně nutné, aby materiály mezi těmito odpornými plochami byly schopny snášet kondenzaci).

$$p_v \geq p_{v,sat}$$



Tepelné ztráty, energetické hodnocení budov

- Důležitá je **Vyhláška o energetické náročnosti budov 264/2020**
- ČR se přejitím směrnice EU zavázalo ke snížení produkce skleníkových plynů o **40 %** do roku 2030.
- **Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)** se zpracovává
 - při výstavbě nových budov nebo při větších změnách dokončených budov,
 - u budovy užívané veřejným orgánem s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m²,
 - při prodeji budovy nebo ucelené části budovy,
 - při pronájmu budovy nebo ucelené části budovy
 - a naopak se nemusí zpracovávat pro kulturní památky atp.
- **Celková energeticky vztažná plocha** – vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově, vymezená vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy.
- **Typické užívání budovy** – obvyklý způsob užívání budovy v souladu s podmínkami vnitřního a venkovního prostředí a provozu stanovený pro účely výpočtu energetické náročnosti budovy; hodnoty typického užívání budovy jsou uvedeny v technické normalizační informaci stanovující hodnoty typického užívání budov a referenční klimatické údaje,
- **Venkovní prostředí** – venkovní vzduch, vzduch v přilehlých nevytápěných prostorech, přilehlá zemina, sousední budova a jiná sousední zóna,
- **Vnitřní prostředí** – prostředí uvnitř budovy nebo zóny, které je definováno návrhovými hodnotami teploty, relativní vlhkosti vzduchu a objemového toku výměny vzduchu, případně rychlostí proudění vnitřního vzduchu a požadované intenzity osvětlení uvnitř budovy nebo zóny,



- Systémová hranice
- Nevytápěné prostory
- Objem vzduchu v zóně

Tepelná stabilita místnosti, princip navrhování zateplovacích opatření

- Tepelnou stabilitu rozlišujeme v letním a zimním období. V letním období řešíme především **přehřívání objektu**, zatímco v zimě budeme řešit **maximální délku otopné přestávky**.
- Tepelnou pohodu ovlivňují různé faktory, od **teploty vnitřního prostředí**, přes **vlhkost** nebo **proudění vzduchu** až po **ošacení obyvatele**.
- Výpočtové posouzení se provádí v kritické místnosti, což je nejlépe **rohová místnost** (s vícero prosklenými plochami), která je **orientovaná na jih a jihozápad**. Hodnotící kritérium je **nevyšší denní teplota vzduchu v místnosti**.
- Hodnocení se provádí **bez uvážení vnitřních tepelných zisků**, je ale možné uvažovat proměnlivou intenzitu větrání, návrh chlazení se provádí až v případě neřešitelnosti pomocí stavebního řešení.
- Je také nutné rozlišovat provozy budov – v nemocnicích je provoz nepřetržitý, zatímco ve školách a školách jen část dne atp.
- U nevýrobních provozů bez strojního chlazení je nejvyšší možná hodnota kritické místnosti **27 °C**, u provozů se strojním chlazením poté až **32 °C**.
- Tepelné zisky ovlivňuje nejen **orientace objektu** nebo **zasklení** (velikost, typ zasklení, výměna vzduchu), ale také **barevnost** nebo **struktura fasády**.
- **Dvouplášťové konstrukce** jsou z tepelného hlediska vhodné, protože konstrukce před provětrávanou mezerou vytvoří **radiační clonu**, která je ohřívána sluncem, ale teplý vzduch neproniká dále do druhého pláště konstrukce objektu, protože jej vzduchová mezera odvádí nahoru a pryč.
- Tepelná stabilita v zimním období se určuje na základě neustáleného teplotního stavu, kdy **vnější vzduch má konstantní teplotu**, zatímco **teplota vnitřního vzduchu je klesající**. Požadavkem je, aby měl prostor takové fyzikální vlastnosti, které by dovolovaly přerušení dodávky tepelné energie (**otopná přestávka**) a teplotní stav by v daném časovém úseku zůstal v dovoleném rozmezí.
- Vytápění budov může být:
 - **nepřerušované vytápění** – 100 % po celých 24 hodin.
 - **přerušované vytápění** – mezi 6:00 a 22:00 topím na 100 %, ve 22:00 netopím vůbec, a od 4:00 topím na 120 %.
 - **tlumený provoz** – nevypínám topení na noc úplně, ale tzv. temperuji, což mi umožní před koncem přestávky topit jen třeba na 105 %.
- Hodnotícím kritériem je pokles výsledné teploty v místnosti ve stupních celsia, přičemž výpočet vychází z energetické bilance prostoru (tepelné ztráty místnost prostupem a infiltrací × tepelné zisky z chladnoucích konstrukcí a z vnitřních zdrojů tepla).
- Kritická místnost je **orientovaná na neslunečné strany**, kde nejsou tepelné zisky, opět **co nejvíce prosklená**.
- Kritická místnost na konci doby chladnutí nesmí vykazovat **pokles výsledné teploty větší než 3-4 °C**.
- Druhy konstrukcí z hlediska chladnutí dělíme na:
 - **polonekonečné konstrukce** – podlahy na terénu
 - **konstrukce symetricky chladnouce** – obvykle vnitřní kce, rozdíl ne více než 5 °C
 - **konstrukce nesymetricky chladnouce** – obalové kce, rozdíl může být i větší než 5 °C
- Tepelnou stabilitu můžeme zajistit v samotném návrhu umístěním objektu do lokality, jeho orientací nebo barvou a strukturou fasády, stínícími prvky atp. Dodatečně **zvýšením akumulčních schopností vnějších i vnitřních kcí, zvýšením tepelného odporu stavební kce, optimalizací transparentních ploch obalových kcí** nebo **snížením výměny vzduchu** (ale ne pod hygienická minima).
- Horské objekty by neměly mít složité střechy nebo střešní okna, sníh by zde neměl být zdržován moc dlouho, pokud ho naopak nechci použít jako izolaci.
- U zemědělských staveb je problém s močovinou a zasolováním konstrukcí a velkou vlhkostí od zvířat.
- Plavecké bazény je nutné **větrat** (nejlépe i přirozeně okny), sauny je vhodné **umístovat do středu dispozice**, aby na styku s obvodovou konstrukcí nevznikaly velké teplotní rozdíly.
- U zimních stadionů nesmí docházet ke krápníkovým jevům, tomu lze zabránit nuceným větráním.
- U historických památek je nutné dělat stavebně-technologický průzkum, abychom věděli, jak jednotlivé konstrukce reagují.
- U archivů a depozitářů je nutné chránit uložené artefakty speciální vzduchotechnikou.
- U vodo hospodářských staveb je nutné navrhovat vše odolné proti kondenzaci.

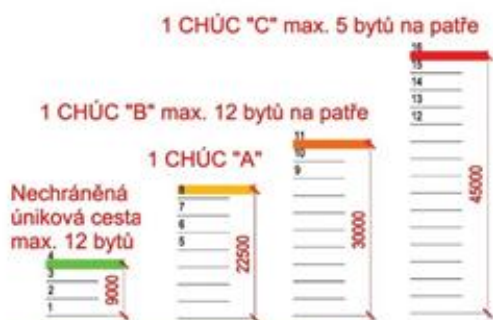
Požární bezpečnost staveb

- Průběh požáru má čtyři fáze:
 - fáze iniciace (zapálení, vznícení)
 - fáze rozvoje / růstu (flashover)
 - plně rozvinutý požár
 - dohořívání
- Vznícení můžeme zamezit výrobky, které se uvnitř budovy nachází, zatímco v dalších fázích požáru je podstatné vhodně zvolit konstrukce, které budou **stabilní**, dokud nestačí lidé utéct.
- V normách jsou tzv. **eurokódy**, které určují, jak dlouho které materiály neztratí při požáru únosnost. U **oceli** a **dřeva** je rozhodující **tloušťka profilu** (a dřevo vydrží víc než ocel, která se při vysokých teplotách začne kroutit), u **železobetonu** rozhoduje **krycí vrstva**.
- **Požární výška** objektu je výška **od podlahy 1.NP k podlaze posledního užitného NP**.
 - do 9 m není nutné mít CHÚC.
 - do 12,5 jsou potřeba požární pásy, ale stále není nutná CHÚC.
 - do 22,5 m je možné mít CHÚC typu A, která nemusí mít požární předsíně atp.
- **Požární úseky** by měly být kvůli ekonomice co největší, nicméně maximální rozměry stanovuje norma.
- **Požární odolnost** je definována na základě konstrukcí, udává mezní stavy únosnosti, celistvosti, teploty na neohřívané straně atp. v **počtech minut**. Materiály mají svoje karty, kde jsou tyto údaje uvedeny. Konstrukce také dělíme na kategorie DP1 (nehořlavé; neomezeně), DP2 (smíšené; do 22,5) a DP3 (hořlavé; do 12 m).
- Ocel je nutné buď obalit nějakým nehořlavým materiálem, nebo zabetonovat nebo nastříkat protipožárním nástřikem (a pak nástřik periodicky obnovovat).
- Pomocí **sprinklerů** (které mohou být na **vodu** i na **plyn**) je možné **zvětšit velikosti CHÚC**. Také je možné za pomoci sprinklerů dělat tzv. **vodní clony**, které vlastně suplují protipožární rolety.
- **Požární pásy** jsou odolné části obvodových stěn, které se nacházejí nejčastěji mezi okny, a jejichž funkcí je omezení šíření účinků požáru ve svislém a vodorovném směru po fasádě. Základní rozměr požárního pásu je **900 mm**.
- Zásadou je, že je vhodné mít alespoň **dvě únikové cesty**.
- **Nechráněné únikové cesty (NÚC)**
 - pouze v domech do devíti metrů
 - únik všude mimo CHÚC
 - končí venku nebo v CHÚC
- **Chráněné únikové cesty (CHÚC)**
 - převážně schodiště nebo chodba
 - samostatný požární úsek
 - z CHÚC lze unikat do jiné CHÚC stejného typu nebo vyššího, nebo ven
 - vždy nehořlavá konstrukce DP1
 - nutné odvětrávat podle typu CHÚC
- Je možné unikat **maximálně přes jeden další požární úsek** – není možné jich probíhat mnoho za sebou.
- Není možné mít únikovou cestu pouze po eskalátorech, protože ty budou stát a výška jejich stupně neodpovídá normě pro běžná schodiště, při umístění evakuačního výtahu se nesmí čekající plést do cesty unikajícím osobám (je tedy dobré evakuační výtah neumisťovat do zrcadla schodiště). V místech, kde se předpokládá výskyt např. pacientů na nosítkách je nutné i schodiště dimenzovat právě na dva nosiče s nosítky.
- **1 únikový pruh = 55 cm**. U NÚC je minimum **1 pruh**, u CHÚC **1,5 pruhu** (i když vyjde méně).
- U bytů, které jsou do 250 m², počítáme délku **ÚC ode dveří**.
- U ostatních prostor počítáme délku **ÚC ode dveří**, pokud je zde **méně než 40 osob**.
- **Doba zakouření nesmí být vyšší než doba evakuace**. Pokud je, musí zde být odvětrací zařízení připojené na nezávislém zdroji energie.
- **Odstupové vzdálenosti určuje potenciální sálání tepla** a mají zabránit přeskočení ohně na jiný objekt. Odstupové vzdálenosti se kreslí se do půdorysů a situací a **nesmí zasahovat na sousední pozemky**.

Odstupové vzdálenosti je nutné dodržet i u hořlavých střech, zde se řídíme tzv. **torzní úhel / stín** (20° od fasády).

- Musí být zajištěn **přístup požárních vozidel** – tedy minimálně jednopruhová silniční komunikace o šířce **3 m**. Výška průjezdů musí být min. 4,1 m a šířka 3,5 m. Nástupní plocha musí být **zpevněnou plochou**, kde se odstaví hasičské auto, a která se například nerozmočí.
- **Přenosné hasicí přístroje** musí být umístěny v každém podlaží na vhodném a viditelném místě, výška rukojeti musí být nejvýše 1,5 m nad podlahou a na zařízení musí probíhat periodické kontroly. Vhodnější než vodní hasicí přístroje jsou ty práškové, které neudělají tolik škody a lze jimi hasit i elektrina.
- Požární úseky se označují do půdorysu tlustou čerchovanou čarou.

DRUHY ÚNIKOVÝCH CEST



NECHRÁNĚNÁ ÚNIKOVÁ CESTA

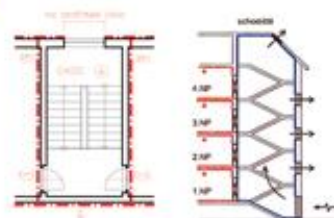
- Nechráněná úniková cesta je každý trvale volný komunikační prostor v požárním úseku, který směřuje buď k východu na volné prostranství nebo do chráněné únikové cesty.
- Nechráněné únikové cesty nemusí být od ostatních prostor požárně odděleny stavebními konstrukcemi, tzn. že nechráněná úniková cesta nemusí tvořit samostatný požární úsek a může být tedy součástí jiného požárního úseku.
- MAX délka 35m

POŽÁRNÍ PŘEDSÍŇ

- plochu min. 5m² a nejmenší rozměr min. 1,5m
- pro > 60 osob (nebo > 40, z nichž min. 10 osob s omezenou schopností pohybu): plocha předsíně min. 10m² a min. rozměr 2,4m.
- evakuační výtah: +3m² na každý výtah

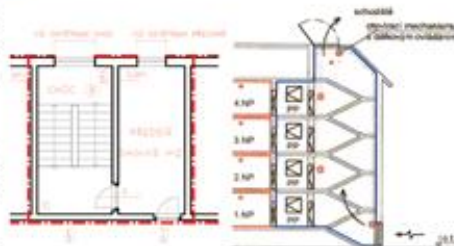
CHRÁNĚNÁ ÚNIKOVÁ CESTA typu A

- větraná:
- přirozeně okny o ploše min. 2 m² na patře, či průduchem o ploše 2 m² na nejnižším a nejvyšším místě schodiště.
- nebo nuceným větráním
- MAX délka 120m



CHRÁNĚNÁ ÚNIKOVÁ CESTA typu B

- větraná:
- přirozeně okny o ploše min. 2m² na patře, či průduchem o ploše 2m² na nejnižším a nejvyšším místě schodiště.
- nebo nuceným větráním
- součástí je i samostatně větraná požární předsíň s dveřmi, zabraňujícími proniku kouře. Pro odvětrání požární předsíně se považuje za postačující otevřitelné okno větrací průduchy, a to v každém podlaží
- nebo jako A s přetlakovým větráním



CHRÁNĚNÁ ÚNIKOVÁ CESTA typu C

- větraná (včetně předsíně) přetlakovým větráním
- součástí je samostatně větraná požární předsíň (viz výše)

