

edice stavitel

Ozeleněné střechy

Barbora Čermáková, Radka Mužíková



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**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umísťování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.



edice stavitel

Ozeleněné střechy

Barbora Čermáková, Radka Mužíková

Grada Publishing

■ OZELENĚNÉ STŘECHY

Barbora Čermáková, Radka Mužíková

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 220 386 401, fax: +420 220 386 400

jako svou 3725. publikaci

Odpovědní redaktoři Vladimír Mikeš, Věra Slavíková

Sazba Naďa Hutníková

Fotografie na obálce Radka Mužíková

Fotografie a grafické přílohy z archivu autorek

Počet stran 248

První vydání, Praha 2009

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

Copyright © Grada Publishing, a. s., 2009

Cover Design © Eva Hradiláková 2009

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

ISBN 978-80-247-1802-6 (tištěná verze)

ISBN 978-80-247-6973-8 (elektronická verze ve formátu)

© Grada Publishing, a.s. 2011

■ Obsah

Úvod	9
1 Ozeleněné střechy v historii a současnosti	9
1.1 Tradiční historické střechy s vegetačním pokryvem.....	10
1.2 Ozeleněné střechy v zahraničí od historie až po současnost	11
1.3 Ozeleněné střechy v českých zemích od historie až po současnost	16
2 Význam ozeleněných střech.....	23
2.1 Životní prostředí v městských aglomeracích	23
2.2 Výhody a nevýhody ozelenění střech	26
3 Typy a skladby ozeleněných střech	34
3.1 Typy střech a jejich vhodnost k ozelenění.....	34
3.1.1 Ploché střechy	35
3.1.2 Šikmé a strmé střechy.....	38
3.2 Typy ozelenění.....	39
3.2.1 Biotopní zeleň (samovolné ozelenění)	40
3.2.2 Extenzivní zeleň	42
3.2.3 Polointenzivní zeleň.....	46
3.2.4 Intenzivní zeleň.....	47
3.3 Skladba ozeleněných střešních pláštů.....	49
3.4 Vrstvy střešního pláště.....	51
3.4.1 Vegetační (pěstební souvrství)	52
Vegetace.....	52
Způsoby ozelenění	55
Extenzivní zeleň	58
Střešní trávníky.....	61
Kotvení rostlin	66
Mulčovací vrstva.....	68
Stabilizační vrstva – horní ochrana substrátu.....	68
Substráty, zemina a vegetační rohože.....	68
Stabilizační vrstva – opatření proti sesuvu substrátu = protismykové a protiskluzové zajištění	75
Stabilizační vrstva – opatření proti sání větru	78
Hydroakumulační (vododržná/vodostavná) vrstva.....	78
Filtrační (separační) vrstva	79
Drenážní (a hydroakumulační) vrstva.....	80
3.4.2 Střešní plášť.....	86
Horní ochranná vrstva hydroizolace (separační, dilatační)	86
Ochranná fólie odolné proti prorůstání kořínků.....	87
Hydroizolace	87
Dilatační vrstva	92
Separační vrstva	92
Expanzní vrstva.....	92
Tepelná izolace.....	93

Spádová vrstva.....	97
Vzduchotěsná vrstva.....	98
Pojistná hydroizolační vrstva	98
Parozábrana (parotěsná vrstva)	99
Nosná konstrukce	100
4 Vliv ozelenění na konstrukci a funkci střechy.....	101
4.1 Vliv ozelenění na nosnou konstrukci.....	101
4.2 Tepelná technika ozeleněných střech.....	106
4.3 Odvodňovací systémy	108
4.4 Konstrukce na střeše	112
4.5 Detaily.....	115
5 Speciální způsoby ozelenění.....	124
5.1 Zeleň v mobilních nádobách	124
5.2 Dodatečné ozelenění.....	126
5.3 Domy chráněné zemí	127
5.4 Vertikální zahrady.....	129
6 Realizace ozeleněných střech	130
6.1 Estetické hledisko	130
6.2 Realizace – projekty a vlastní práce	131
6.3 Časový plán	133
6.4 Finanční náklady.....	134
7 Údržba vegetačních střech.....	140
7.1 Zálaha.....	141
7.2 Výživa a hnojení	150
8 Závěr	153
9 Vybrané realizace ozeleněných střech	154
Terminologie.....	161
Normy, směrnice, zákony a vyhlášky	165
Spolky, ústavy, komise.....	168
Doporučené zdroje.....	169
Poděkování	170
Přílohy	171
A. Seznamy rostlin pro ozelenění střech	171
I Nevhodné rostliny	171
I.1 Dřeviny hlubokokořenící.....	171
I.2 Dřeviny s výškou přes 20 m.....	172

I.3 Dřeviny s výškou 10–20 m	176
II Vhodné rostliny.....	183
II.1 Jehličnaté rostliny.....	183
II.2 Listnaté dřeviny.....	188
II.3 Trvalky.....	237
III Rostliny vhodné do městských aglomerací (do znečištěného prostředí)	237
IV Rostliny vhodné pro vytvoření střešního travního porostu	239
V Alergenní rostliny	240
B. Zkratky materiálů a jejich chemické názvy	241
Rejstřík	242

■ Úvod

Ozeleňování střech je trendem posledních let, zvláště v městském prostředí. Na střechách se zakládají nejjednodušší formy zeleně, stejně jako náročné zahrady. Kromě funkce reprezentativní bývá čím dál více zeleň na střechách uplatňována z důvodů ekologických.

Tato kniha vznikla původně jako souhrn poznámek k tematice ozeleněných střech. Časem byly poznámky doplňovány informacemi z externích zdrojů. Informace byly často protichůdné, což podnítilo autorky k hlubšímu studiu problematiky. Vzhledem k provázanosti na stavební profese došlo logicky i k rozšiřování o informace týkající se střešního pláště, následně ke konzultacím, opravám a doplňování o stavební postupy a technologie. Nakonec se z jednotlivých poznámek stal tento celistvý text.

Cílem publikace, kterou držíte v rukou, je seznámit čtenáře s problematikou ozeleňování střech. Téma spojuje dva rozdílné obory, proto se na vzniku knihy spolupodílely zahradní inženýrka a stavební inženýrka. V publikaci najdou užitečné informace jak stavebníci a pracovníci stavebních firem, tak zahradníci, projektanti a architekti. Kniha je určena nejen odborníkům, ale i laické veřejnosti. Poskytuje vysvětlení i těch nejzákladnějších termínů a postupů.

Střechy s vegetačním pokryvem jsou v knize označovány jako „ozeleněné střechy“. Slovní spojení „zelená střecha“ lze totiž chápat pouze jako překladovou mýlku vzniklou z anglického termínu „green roof“ či německého „Gründach“, kde pojmy „green“ či „Grün“ neoznačují zelenou barvu, ale vystihují zeleň ve smyslu vegetace.

Poznámka:

Veškeré postupy uvedené v této knize mají pouze informativní charakter. Pro řešení konkrétních případů doporučujeme vyhledat příslušné stavební a zahradní odborníky.

■ 1 Ozeleněné střechy v historii a současnosti

Vegetace na střechách není z historického hlediska žádnou novinkou. Byla dokázána existence střech s vegetací již před 3000 lety. První ozeleněné střechy vznikaly z čistě praktických důvodů, tedy nikoli kvůli výslednému estetickému dojmu či ekologickému přínosu, ale jako ochrana před klimatickými podmínkami.



Obr. 1.1 Samovolné ozelenění garáže, Jizerské hory, rok 2007

1.1 Tradiční historické střechy s vegetačním pokryvem

Ozeleněné střechy v minulosti vznikaly na Islandu, na Faerských ostrovech, ve Skandinávii, USA, Kanadě stejně jako třeba v Tanzánii či v Guatemale, tedy v oblastech s naprosto rozdílným klimatem. V teplých podmínkách tyto střechy ochlazovaly interiér, v chladných naopak přispívaly k akumulaci tepla. Na Islandu byly střechy s vegetací dokonce jedinou ochranou proti chladu, neboť obydlí nebyla vůbec vytápěna. Zdrojem tepla bylo pouze teplo uvolňované osobami a zvířaty v nich žijícími.

Hmotnost střešního souvrství tradičních historických střech s vegetací překračovala 100 kg/m^2 . Konstrukci tvořil dřevěný krov s bedněním. Do dřevěného bednění byly ukotveny latě zamezující sesuvu horních vrstev. Na bednění se v pěti až osmi vrstvách navršila březová kůra bílou stranou dolů. Nad okapem, který byl vlhkostí více zatížen, byla tato vrstva zesílena. Březová kůra chránila prkna před huminovými kyselinami vylučovanými travními drny. Pouze na viditelných okrajových částech byla z estetických důvodů otočena vrchní vrstva březové kůry bílou barvou nahoru. Tvořila tak kontrast s červenohnědou barvou dřeva. Na březovou kůru se ukládalo několik vrstev travních drnů, a to travní stranou směrem dolů. Výjimku tvořila pouze nejsvrchnější vrstva, položená kořený dolů tak, aby mohly prorůst a spojit vrstvy pod ní. Hřeben se před erozí a dalšími vlivy chránil velkými křížem položenými drny. Na štítě byly umístěny závětrné desky, podél dřevěných okapových žlabů opěrný děrovaný nosník proti sesuvu drnů. Otvory v nosníku sloužily pro odtok přebytečné vody. Nad okapem býval, tak jako u dnešních moderních střech, drenážní pás. Na okraj střechy byly v jedné až dvou řadách rozmístěny kameny sloužící jako protierozní opatření.

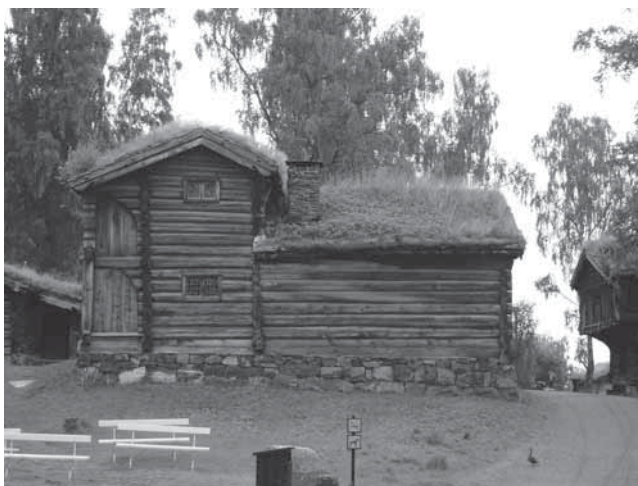
Použití březové kůry jako jednoho ze stavebních materiálů má velkou výhodu, spočívající ve vysokém obsahu tříslových kyselin. Právě díky nim je kůra odolná vůči zpráchnivění. Aby vznikla vodotěsná a pro kořeny neproniknutelná vrstva, používal se pro slepení kůry dřevný dehet. Ten má ovšem rakovinotvorné účinky, takže dnes nelze tuto skladbu střechy kvůli zdravotním rizikům doporučit.

Konstrukce založené na této technologii nejsou pro vodu zcela nepropustné, a tak zejména v oblastech častějších a vydatnějších srážek bylo třeba pro urychlení odtoku vody ze střešní plochy volit střechy s větším sklonem tak, aby nedocházelo k jejich podmačení. Větší sklon měl za následek, že na 1 m^2 střešní plochy dopadalo menší množství srážek a ty, které dopadly, po střeše rychleji stékaly. Bylo však nutné najít takové kompromisní řešení, aby sklon nebyl příliš strmý, neboť v takovém případě dochází ke zvýšenému působení vodní a větrné eroze na vrchní vrstvy vegetačního souvrství. K boji proti promočení přispíval také použitý materiál – rašelina, která v naprosto suchém stavu nesaje vodu.



Obr. 1.2 Přirozené osidlování stavby vegetací, Šumava, rok 2006

Obr. 1.3 Tradiční skandinávská střecha, muzeum v přírodě Lillehammer, Norsko, rok 2005



Konstrukce střech ve Skandinávii odpovídala výše uvedené technologii. Mocnost vrstvy tvořené travními drny činila cca 20 cm. Voda se ze střech odváděla pod okrajovým profilem, vydlabaným v okapovém trámu. Okapový trám uchycený dřevěným hákem byl kotven k přesahující krokvi. Takové střechy měly tradičně sklon 30–45°, jejich životnost byla podle četnosti dešťových srážek v oblasti cca 20–40 let.

Na Faerských ostrovech i na Islandu se používaly krokevní a vaznicové střešní soustavy, které byly postupně zkombinovány. Na Islandu byla střecha pokryta dvěma až třemi vrstvami rašelinových drnů. Ty byly zesponu podpírány větvemi, shora pak pokryty silnou vrstvou travních drnů.

Američané a Kanadané stavěli před více než sto lety tzv. „sodhouses“, neboli drnové domy, pro které patrně našli inspiraci v Evropě. K jejich stavbě se používaly materiály snadno dostupné v prériích – drny, dřevo a kámen. Stěny silné 60–90 cm se stavěly z 10 cm tlustých travních drnů, kladených na sebe obdobně jako cihly tak, aby drny směřovaly kořeny nahoru. Skladba střechy sestávala z vaznicové konstrukce krovu, na niž se umístila vrstva větví. Následovala vrstva tvořená préríjními a bahenními travinami, samotnou krytinu pak tvořily dvě vrstvy travních drnů. Výhodou těchto domů byly malé náklady na jejich výstavbu, nevýhodou náchylnost k rozmočení za deště.

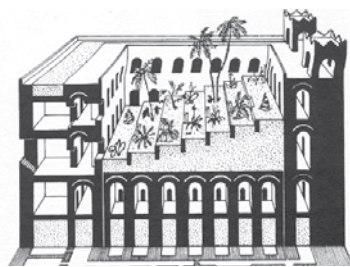
■ 1.2 Ozeleněné střechy v zahraničí od historie až po současnost

Přítomnost vegetace na starověkých střechách byla prokázána například při vykopávkách města Ninive, kde se ozeleněné střechy objevovaly za vlády krále Šalomouna (929–917 př. n. l.).

První zmínky o předchůdcích dnešních ozeleněných střech se objevily na Blízkém východě v době rozkvětu starověké Mezopotámie, a to v podobě střešních sadů. Rodnou oblastí ozeleněných střech jsou tedy zřejmě Asýrie a Babylón. Při vykopávkách mezi Eufratem

a Tigridem byly nalezeny reliéfy z přelomu 8. a 7. století př. n. l., které zobrazují několikapatrové ozeleněné terasy s vlastním zavlažovacím systémem.

Mezi sedm klasických divů světa patří díky své velkoleposti a kráse *Semiramidiny visuté zahrady*. Pravděpodobně v 6. století před naším letopočtem je založil v Babylóně, hlavním městě Mezopotámie, král Nabukadnesar II. (605–562 př. n. l.). Dle nejpravděpodobnější hypotézy vznikla stavba na počest bájně královny – Nabukadnesarovy médské manželky Šammuramat (řecky Semiramis). Visuté zahrady byly založeny na speciálních zděných stupňovitých konstrukcích s klenbami (v tehdejší době nový stavební prvek). Na jižní straně králova paláce v Babylóně tak vznikla 22 metrů vysoká stavba podporovaná kolonádou kamenných sloupů a palmovými trámy. V konstrukcích střech byla tepelně izolační vrstva provedena z rákosy zalitého asfaltem. Hydroizolaci tvořily olověné pláty, nad nimiž byla navršena zemina a vysázena řada rostlin – od trvalek přes popínavé dřeviny až po keře (např. růže) a stromy. Na visutých neboli stupňovitě ustupujících zahradách/terasách propojených schodišti tak byl vyřešen jak problém izolace, tak zásobování vodou v podobě zavodňovacích kanálů, které vegetaci trvale zajišťovaly přísun vláhy. Zavlažování bylo zajištěno ohromným výtlačným kolem, kterým otáčeli otroci a díky němuž se voda dostávala do zavodňovacích kanálů. Byly objeveny i stopy po zděné studni s trojitou spirálovitou šachtou. Bohužel právě voda se stala pro Babylón i s jeho zahradami osudnou. Nepálené cihly se při velké povodni namočily a město se sesunulo jako domeček z karet.



Obr. 1.4 *Semiramidiny visuté zahrady, Babylón, Mezopotámie*

V 16. století odkryl visuté zahrady holandský umělec Martin Heemskerck. Pro naši dobu je ale o něco později objevil Robert Koldewey (1855–1925), který začal s vykopávkami v Babylóně roku 1899. Irácká památková správa nechala roku 1964 zahrady rekonstruovat, po postavení základů však práce pro nákladnost přerušila.

Strabón, řecký historik a zeměpisec (64/63 až cca 21 př. n. l.), popisuje visuté zahrady takto: „A tak se tato hradba, stejně jako visutá zahrada, počítá mezi sedm divů světa. Zahrada tvoří čtverec a každá jeho strana měří čtyři plenthra (tedy cca 120 metrů – pozn. autorek), drží se na klenbách spočívajících na podstavcích z kvádrů, postavených na sebe jako kostky. Podstavce jsou naplněny hlínou, takže v nich mohou růst i největší stromy. Zhotoveny jsou z pálených cihel spojených asfaltem, asfaltem jsou zalaty i oblouky a pilíře z kamenných kvádrů. Nejvyšší plošina má stupňovité terasy a na těchto terasách jsou spirálová čerpadla, jimiž určené dělníci neustále čerpají vodu z Eufratu. Tato řeka teče totiž středem města v šíři jednoho stadia (tedy cca 160–210 metrů – pozn. autorek) a zahrada je vedle řeky.“

Pád Mezopotámie neznamenal konec pro ozeleněné střechy. Ozelenění střech se postupně přeneslo do Evropy, do řecké a římské říše. Roku 28 př. n. l. nechal císař August v Římě postavit *mauzoleum*, které mělo kruhový půdorys o průměru 89 m a bylo ukončeno terasou se zelení (cypřiše a trvalky) v přenosných nádobách. Na střechách *patricijských domů a paláců* se objevovaly zahrady, ovocné stromy, nádrže na vodu a někdy i téměř dokonalá jezírka s rybami. Šlo o módní záležitost, kterou se prokazovalo postavení a majetkové poměry. Chudší obyvatelstvo z nedostatku prostoru i financí napodobovalo trend bohatých budováním malých terasových zahrad s rostlinami v nádobách. Stopy po ozeleněných

střechách byly nalezeny také při vykopávkách v Pompejích. Příkladem je *Diomedův palác* či *Sallustův dům* v Pompejích, kde plochá střecha sloužila jako přírodní solárium, či *terasy domů císaře Augusta*, na nichž byly pěstovány dekorativní dřeviny.

Ozeleněné střechy byly populární i v době byzantské, kde se objevovaly především nad tehdejšími paláci. Například v dílech básníka Justiniána jsou opěvovány tehdejší střešní sady jako místa krytá před větrem a sluncem a odkrývající nádherné výhledy na moře. Ozeleněné střechy jsou zobrazeny i v byzantském evangeliu a modlitebních knihách z 11. a 12. století.

Od poloviny 11. století vznikaly střešní a terasové zahrady zejména v Itálii a Francii. Kolem roku 1400 v Itálii, ve Florencii, vznikl palác *Medicejských* neboli „*Villa Garegi*“ se střešní zahradou a terasami o rozloze přes 100 m².

V roce 1487 nechal císař *Fridrich III.* na svém zámku v německém *Norimberku* postavit střechu s květinovou zahradou, vinicí a ovocným sadem.

Roku 1530 bylo v Římě přičiněním kardinála *Andrea del Vale* založeno muzeum ozeleněných střech a teras. Znamé jsou též v 16. a 17. století v Římě založené visuté zahrady princezny *Zagaglio*, jejichž autorem byl architekt *Filareti*.

V 17. století se setkáváme s prvními teoretickými pracemi zabývajícími se zahradami na střechách.

Jednou z nejnádhernějších a nejobdivovanějších staveb byla střešní zahrada kardinála *Lamberg*a na jeho paláci v *Pasově*. Dokončena byla roku 1705 a měla dva stupně o celkové délce 100 m a šířce 30 m. Na této budově se objevil nový konstrukční prvek – stěna na návětrné straně, jež měla funkci jak ozdobnou, tak ochrannou.

Prekrásné ozeleněné střechy a terasy se v té době rozšiřují hlavně v Itálii. Mecenáši v Římě, Benátkách, Veroně a dalších městech staví střešní sady ve velkém. Některé italské městské státy přijímají dokonce stavební pravidla, v nichž se nařizuje stavět ozeleněné střechy.

Střešní zahrady se stávají v 17. století módními i v bohatých německých městech, ve Francii a v Anglii. Na přelomu 17. a 18. století se v knihách a spisech objevuje doporučení, aby byly šikmé střechy nahrazeny plochými ozeleněnými střechami, které umožňují obyvatelům domu jak odpočinek, tak příležitost k „práci na zahradě.“

Přibližně od poloviny 19. století se v Berlíně stavěly tzv. *střechy z dřevěného cementu*. Jedná se o střechy umístěné na čtyřpodlažních blocích a svažující se do vnitřního dvora. I zde se díky svým hydroizolačním vlastnostem používal dehet (vznikající jako vedlejší produkt při zplynování uhlí a výrobě dřevěného uhlí), který se aplikoval mezi vrstvy papíru. Na hydroizolace byl pak proveden násyp ze šterkopísku a jílovité hlíny, který sloužil jako protipožární opatření. Tyto střechy byly spontánně ozeleňovány náletovou zelení. Významnou roli u těchto budov hraje větraný prostor pod střešní izolací, který při případné konstrukční netěsnosti umožní opětovné rychlé vyschnutí. V takovém případě pak není i po celá desetiletí nutná údržba či oprava. Několik takových budov se dochovalo dodnes. I zde se potvrzuje, že důležité je zejména kvalitní a promyšlené provedení.

V souvislosti s konstrukcí střech lze za přelomový považovat rok 1867, kdy byl vynalezen *železobeton* (konstrukce z betonu a ocelové výztuže, jejíž výhodou je vysoká pevnost v tahu). Železobeton umožňoval vysoké zatížení konstrukcí, jednodušší řešení střešních pláštů, bezpečnější uložení vodoinstalací a prodloužení životnosti konstrukčních prvků nejen střech, ale celých staveb. Jedna z prvních střech s vegetací, kde byl použit železobeton, byla navržena a postavena architektem *F. Hennebiquem* roku 1887 na *nájemném domě v Lombardii*.

Za další mezník související s přístupem k ozelenování střech se považuje rok 1923, kdy významný švýcarský funkcionalistický architekt žijící ve Francii *Le Corbusier* (1887–1965, vlastním jménem Charles-Édouard Jeanneret) napsal: „Střešní zahrady se stanou vyhledávanými místy v domě a budou znamenat navrácení zastavěné plochy městu.“ K této jeho myšlence se obrací řada architektů 20. a 21. století, kteří si uvědomují, že neustálou novou výstavbou jsou krajinně zabírány plochy, které jí můžeme vrátit zpět právě díky ozelenování střech. V roce 1923 *Le Corbusier* rovněž napsal: „Končí doba, kdy střešní zahrada byla spíše kuriozitou než skutečnou potřebou. V budoucnu by měla mít střešní zahrada a všechny její prvky podstatný vliv na životní prostředí města jako celku i na prostředí samotného bydlení.“ V článku s názvem *Ulice* se vyjadřuje takto: „Mezi vysokými lesklými vertikálními liniemi domů je vidět tři řady nad sebou se táhnoucích linií nádherných Semiramidiných zahrad – ulice odpočívá... Vysoko nad mrakodrapy je vidět opravdové současné zahrady, ve kterých rostou túje, topolové křoví, věčně zelený břečťan a tulipány, kakost a mnohé další rostliny. Kolem je klid, pohodlná křesla a v nich besedující lidé.“

Od začátku 20. století se ozelenování stalo nedílnou součástí urbanistických koncepcí. Americký architekt *Frank Lloyd Wright* na začátku 20. století ve svých návrzích využíval ozelenění střech jako výrazného architektonického prvku určeného k sepjetí budov s krajinou. V *Chicagu* navrhl roku 1914 velkou *restauraci* se zakrytými i odkrytými užitnými střechami a terasami. Téhož roku se v Paříži dle jeho návrhu realizovala stavba domu se střechami a terasami s vegetací.

Ve 30. letech 20. století byla na střeše *obchodního domu Derry&Toms* (Kensington High Street, Londýn, Velká Británie) realizována zahrada s tloušťkou substrátu 1,5 m s výměrou 6000 m². Osázena je 500 keři a stromy, protéká jí potůček a žije na ní hejno plamenáků. Celá střecha je tématicky rozdělena na španělskou, holandskou a anglickou krajinářskou zahradu.

Ve 40. letech vzniklo mnoho studií a projektů střešních nebo terasových zahrad, řada z nich však nikdy nebyla zrealizována. Stále nebyly vyřešeny otázky týkající se substrátů a vhodného spektra rostlin. Rovněž přetrvávaly problémy s konstrukčním a stavebním řešením. Největší překážkou rozvoje střešních zahrad v první polovině 20. století byla nadměrná hmotnost stavebních prvků i půdních substrátů. Výše uvedené problémy byly částečně vyřešeny po 2. světové válce, kdy došlo k vývoji průmyslové chemie a výrobě plastových hmot.

V letech 1958–59 bylo založeno ozelenění na střeše *obchodního domu* v centru *Quilfordu* v Anglii. Roku 1964 byla ozeleněna střecha *hlavního nádraží* ve švýcarském *Bernu*. V roce 1965 ozelenila firma *CIBA-Geigy* svoji *administrativní budovu* v *Basileji* ve Švýcarsku. V letech 1967–70 byla vysazena vegetace na střeše *Státního muzea* v USA v *Oaklandu*.

Západní Evropa 70. a 80. let zaznamenala další vznik střešních zahrad, a to už i jako ekologizujícího prostředku. Jednalo se zejména o německy mluvící země – Švýcarsko, Rakousko

a Německo. Ve větším měřítku se němečtí odborníci začali zabývat budováním ozeleněných střech koncem 50. let, v 80. letech se řešení stala již rutinou. Vegetací na střechách se zde zabývá například *prof. Dr. Ing. Gernot Minke* (narozen roku 1937 v Rostocku), který působí jako profesor oboru architektury na univerzitě v Kasselu. Roku 1978 vyvinul první systém ozelenění šikmých střech. Taktéž v Německu vypracovala skupina odborníků pod vedením *prof. H. J. Lieseckého* zásady pro zřízení vegetačních úprav střech. Tyto zásady byly následně vydány Výzkumným ústavem pro rozvoj a výstavbu krajiny v Bonnu. Roku 1989 byly publikovány výsledky zkoušení ochranných vrstev proti prorůstání kořínků, které prováděl výzkumný tým okolo *prof. F. Peningsfelda*. Němci se rovněž velmi významně zasloužili o vývoj drenážních prefabrikátů z pěnového polystyrenu a o rozvoj závlahových systémů

V roce 1989 vzniklo v Německu cca 1 000 000 m² neboli 100 ha vegetačních střech. V některých částech Německa musí dnes být střechy průmyslových budov ozelenovány povinně. Ve Švýcarsku mají obdobný zákon týkající se všech novostaveb.

Roku 1993 byl v Petrohradě zahájen program vedoucí k realizaci střešních zahrad, a to za podpory Center for Citizen Initiatives z USA. Na program navázali též v Moskvě. Cílem je vyřešení problému ruských metropolí spočívajícího v nedostatku zemědělské půdy, případně v její nedostupnosti pro určité vrstvy obyvatelstva. Výzkumy ohledně zemědělského využívání střech probíhají také v Kanadě.

Roku 1998 vznikl v ateliéru *Kennetha Yeanga*¹, světoznámého a mnoha cenami ověřeného malajského architekta a spisovatele, velmi zajímavý projekt mrakodrapu nazývaného *Editt Tower* neboli věž EDITT (Ecological Design In The Tropics). Jeho výstavba je plánována v Singapuru mezi Waterloo Road a Victoria Street. Budova o 26 podlažích je navržena jako ekologická stavba se zaměřením na rozšíření biodiverzity daného místa. Věž je zajímavá v mnoha směrech, většina z nich však překračuje rámec této knihy. Při stavbě mají být například použity recyklovatelné a ekologické materiály, počítáno je i se změnou budoucího využití pater oproti současným plánům tak, že jsou v patrech navrženy odnímatelné podlahy, v každém podlaží mají být násypky na třídění odpadu, který bude dole v budově sbírán aj. Samozřejmostí je využití přirozené cirkulace vzduchu pro ventilaci budovy. Při realizaci bude zastavěno 838 m², celková plocha má činit 6033 m², z toho 3567 m² plochy užitné. Zajímavé je, že projekt počítá s 3841 m² zeleně, což je cca polovina celkové plochy. Zeleň je navržena jak na terasách, tak i na fasádách budovy. Rostliny pro výsadbu byly vybírány tak, aby tvořily vyrovnané a bohaté společenstvo. Přihlíželo se k celé řadě faktorů od umístění zeleně v rámci budovy – přes světelné a větrné požadavky rostlin, jejich konkurenceschopnost až po mikroklima v návaznosti na výšku a směrovou orientaci jejich budoucího stanoviště. *Editt Tower* by měla v budoucnu využívat solární energii a být z 39,7 % energeticky soběstačná. Velmi promyšlené je rovněž využití vody, díky němuž je v tomto směru počítáno dokonce s 55,1 % soběstačností. Požadavek na vodu je 22,5 m³/rok, přičemž při 518 m² schopných zadržovat vodu a při 2,35 m ročních srážek je takto budova schopna zachytit 12,1 m³ vody. Pro potřeby závlahy se počítá s požadavkem cca 7,6 l/m²/den. Na budově je zajímavé i zachytávání vody stékající po fasádách, či tvorba a opětovné využití kompostu.

¹ Kenneth Yeang je autorem či spoluautorem řady knih: „Bioclimatic Skyscrapers“ neboli „bioklimatické mrakodrapy“ publikované roku 1994; „Designing With Nature“, 1995; „The Skyscraper Bioclimatically Considered; a Design Primer“, 1996; „The Green Skyscraper: The Basis for Designing Sustainable Intensive Buildings“, 1999; „Reinventing the Skyscraper: A Vertical Theory of Urban Design“, 2002; „Ecodesign: Instruction Manual“, 2005; „The Encyclopedia of the Skyscraper“.

1.3 Ozeleněné střechy v českých zemích od historie po současnost

Zámek Lipník nad Bečvou

Zámek v Lipníku nad Bečvou vznikl v 16. století. Radikální novoklasická přestavba nastala v 60. letech 19. století pod dohledem stavitele Josefa Ziaka (Žáka). Právě dle jeho projektu se za pomoci zahradníka Ferdinanda Wenzla proměnila terasa na střeše bývalých stájí západního dvorního křídla ve střešní zahradu, která byla pomocí můstku propojena s bývalým salónek v jihozápadním nároží. Dochovalo se několik Žákových plánů z roku 1863, jež jsou nyní uloženy v archivu lipenského velkostatku v Janovicích. Po 40 letech se vyskytly závady, jež vedly k úplné stavební rekonstrukci terasy. V letech 1910–11 byla terasa upravena do dnešní podoby. Terasu nebylo třeba po celých následujících 80 let opravovat. Pojetí stávajících 600 m² neodpovídá původní okrasné koncepci. V letech 2005–2006 proběhla celková rekonstrukce zámku včetně zahrady nad konírnou.



Obr. 1.5 Nejstarší střešní zahrada v ČR – zámek Lipník nad Bečvou, rok 2007

Zámek Konopiště

Rovněž na zámku Konopiště se nachází střecha, resp. terasa s vegetací. Spád této terasy činí 2 % (cca 90 výškových centimetrů na celou její délku).

Původní hrad Konopiště byl založen jako gotická pevnost koncem 13. století Tobiášem z Benešova. Svoji obrannou funkci ztratil kolem roku 1725, což vedlo k řadě změn. Například skleník byl po roce 1734 přestavěn na dnešní oranžérii. Změnilo se i využití jižní terasy (k těmto úpravám bohužel neexistuje dokumentace). Po předchozích barokních přestavbách



Obr. 1.6 Parkán s přistavěným skleníkem, kolem roku 1749, Konopiště



Obr. 1.7 Rekonstrukce terasy roku 1904, Konopiště



Obr. 1.8 Rekonstrukce terasy roku 1904, Konopiště

byly na zámku roku 1840 zrealizovány klasicistní úpravy – výstavba oranžerie, díky jejíž střeše se prodloužila terasa až k jižnímu průčelí. Z této doby se dochovalo jen několik fotografií svědčících o jednoduchém ozelenění v podobě trávníku a dvou stromů (rok 1894).

Roku 1887 koupil Konopiště František Ferdinand d'Este a začal ho měnit v rodinné sídlo. Byl zrušen zemědělský provoz, s čímž souvisela i přeměna oranžerie na svatojiřské muzeum, uskutečněná po roce 1895 obložením kamennými kvádry. V roce 1913 byl vzhled terasy již úplně jiný. Údajně na ni existoval privátní vchod i soukromé posezení mezi mnoha keři. Po atentátu na Ferdinanda d'Este v Sarajevu práce ustaly. Roku 1921 se zámek dostal do vlastnictví Československé republiky a následně byl zpřístupněn veřejnosti.

Do roku 1970 nebyla na ozeleněné terase téměř řešena ochrana proti vodě, zemina o mocnosti 1,2 m byla rozprostřena přímo na klenbě. Zjištěn byl však asfaltový nátěr chráněný cihlami, rovněž se dochoval náčrt rozvodu vzduchu pod podlahou určený k vytápění oranžerie. Otázkou zůstává, zda a jak byl řešen odtok přebytečné vody. Je však jasné, že vlhkostní poměry v galerii měly do optimálního stavu rozhodně daleko.

V letech 1970–74 byla terasa rekonstruována. Důvodem bylo pronikání vody až k izolaci kleneb a průsak vody zdmi. Počítalo se s odvodněním směrem ke schodišti. Nová hydroizolace měla být položena na novou betonovou vrstvu, jež ležela nad cihlami chránícími asfalt, a to v podobě tří asfaltových pásů. Pásky pak měly být chráněny potěrem, či deskami. Spádování bylo provedeno směrem k průčelí/balustrádě. Další fázi představovalo vybudování odvodňovacího žlabu pro odvod přebytečné vody po obvodu. Opravy proběhly dle dokumentace jen částečně. Žulové pilíře byly ponechány, ostatní části (z červeného pískovce) rozebrány, rovněž tak značná část balustrády. Na rekonstrukci balustrády byl vypracován samostatný projekt, objednaný ale až v roce 1972. Balustrády tedy byly řešeny až po dokončení hydroizolace, proto se nezrealizovaly odtokové žlábkové. Také směr odvodnění byl změněn. Odvod vody totiž nebylo možné dořešit, dokud nebyla dokončena rekonstrukce balustrád. Celá rekonstrukce probíhala celkem drasticky, ze 160 kuzelek na balustrádě jich bylo 130 zničeno. Totéž se týkalo madel, trnoží a sloupků. Schodiště bylo rovněž zdevastováno, sanace galerie nebyla zahrnuta. I přes veškeré stavební úpravy se již brzy po rekonstrukci objevily místní průsaky.



Obr. 1.9 Jižní terasa roku 2006, Konopiště

V 1. polovině 80. let se průsaky zvětšily, rovněž tak poruchy balustrády, nastala potřeba dalších oprav (1983). I při nich však zdaleka neprobíhalo vše odborně. Ve statickém posudku Ing. Rineše z roku 1983 se například objevuje, že násyp nad klenbami má mocnost 2 m. V té době vznikla i řada nesprávných teorií týkajících se provedení kanalizace a několik variant možných řešení tehdejších obtíží.

V roce 1989 se opět zvětšily průsaky natolik, že bylo třeba galerii veřejnosti uzavřít.

Nejstarší dochovaný projekt opravy galerie se datuje roku 1989 a pochází od Ing. Bažíka. Navrhoval použití infúzních chemických clon roztokem Tosil. V této době se setkáváme též s řadou nejasností – například kolem chrliče, který nebyl nikdy vyhotoven (ani odvodňovací žlab k němu).

Roku 1997 byla galerie vymalována, žádné problémy s průsaky se neobjevily, není ale jasné, jaká opatření v minulosti tomu napomohla. Vlhkost v místnostech však stále nebyla vyhovující.

V roce 1997 zahájil Památkový ústav středních Čech (dnes Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze) na zámku Konopiště rekonstrukci muzea sv. Jiří. Samotnému zahájení prací předcházela celá řada sond, které potvrdily, že v letech 1971 i 1983 neproběhla řada zásahů tak, jak se uvádí v projektových dokumentacích. Bylo zjištěno, že podklad se od chodníku sklání celkem prudce do středu, tedy plocha s asfaltovou izolací není odváděna do obvodového, ale do středového žlabu. Vznikly nové otázky týkající se šachet a původních tvarů desek. Některé desky byly odkryty, aby mohla být prozkoumána hydroizolace. Překvapivě byly asfaltové pásy nalezeny ve výtečném stavu, a tak se s tímto souvrstvím počítalo i při nové rekonstrukci a bylo doporučeno využít ji jako hlavní, či pojistnou hydroizolaci. Nakonec bylo rozhodnuto, že stávající betonová dlažba na asfaltové hydroizolaci bude pokryta novou vrstvou z měkčeného PVC, rovněž tak drenážní a filtrační vrstvou. Pojistná asfaltová hydroizolace i nová hydroizolace z měkčeného PVC jsou samostatně odvodněny do šachet. Projekt z roku 1999 navrhuje úpravu podlah, větrací kanálky, sanační omítky aj. Byla navržena i povrchová úprava stěn nátěrem vodotěsnou stěrkou. Návrh nebyl přijat, naopak byly schváleny odvětrávací dutiny kolem stěn. Roku 2000 se zrodil nápad umístit keře a stromy do izolovaných květníků, i z toho však sešlo – zejména kvůli komplikované závlaze a nemožnosti vhodně zakonzervovat současný stav. Opět vznikala řada variant projektu, bylo vysloveno mnoho mylných názorů. Vedly se diskuze o tom, zda asfaltová izolace byla provedena i pod schody. Nejasná zůstala i otázka šachet včetně potrubí, která do nich ústila. Původ potrubí rovněž nebyl objasněn, stejně jako napojení šachet na hydroizolaci. Problém tedy netvořila hydroizolace, ale odvodnění šachet. Objevilo se i několik kabelů vedoucích přímo do galerie bez jakéhokoliv utěsnění. V souvislosti s tím byly rovněž zahájeny práce na jižní terase. Důvodem byly problémy s vlhkostí v prostoru galerie sv. Jiří, rovněž tak potřeba modernizace vzhledu, který zůstal po 30 let nezměněn a odpovídal materiálovému nedostatku v tehdejších letech. Vlhkost v galerii měla být snížena alespoň o 50 % tak, aby zde mohly být vystaveny i náhylnější exponáty (dřevěné aj.). Bylo navrženo odseparování vlhkých konstrukcí nátěrem, či vysoušení systémem odvětrávacích mezer a zhotovení teplovzdušného vytápění (Ing. Sokol a Ing. Červeňák). Při opravách se musel dodržovat požadavek, aby operace nebyly příliš radikální, nákladné. Práce byly dokončeny roku 2002.

Situaci okolo terasy lze shrnout tak, že dokumentace o dřívějších opravách není dostatečná. Mnohdy byly zásahy provedeny jinak, než bylo projekčně plánováno. Řada zásahů vychází z domněnek a ne ze skutečnosti, v průběhu let tak došlo k řadě úprav, z nichž mnohé byly kontraproduktivní. Důvodem problémů nebyla kvalita hydroizolace, ale nejistota, zda je vytažena po celé ploše, dále netěsnosti šachet a vůbec celkové řešení odvodnění a také kabely probíhající bez utěsnění až do galerie.

Písecká brána

Písecká brána (zvaná také Písečná, Písková či Bruská) stojí na pražských Hradčanech. Původně byla součástí Mariánských hradeb – barokního opevnění Prahy na levém břehu Vltavy. Název „Písecká“ je odvozen od tehdejšího malostranského předměstí „Na Písku“.

Bránu postavil roku 1721 Giovanni Battista Alliprandi dle návrhu Františka Vogota. V roce 1860 bylo rozhodnuto odstranit hradby bránící dalšímu rozvoji města, Písecká brána však byla díky své poloze před demolicí uchráněna.

V letech 2000–2002 proběhla částečná rekonstrukce brány, která je v současné době využívána jako galerie a kavárna.



Obr. 1.10 Písecká brána, Praha 6, rok 2007

Skleněný dům

Skleněný palác v Praze 6 – Bubenči nazývaný též Domy zemské banky či Skleněný dům je reprezentativní budovou této městské části. Nachází se na náměstí Svobody 1, mezi vyústěním ulic Československé armády a Terronské. Jde o komplex pěti domů, jež mají společný vchod, třístranné průčelí, suterénní parkoviště a plochou ozeleněnou střechu.



Obr. 1.11 Skleněný palác, Praha 6, rok 2006

Architektem této pozdně funkcionalistické budovy je český architekt Richard Ferdinand Podzemný za přispění Jana Laudy (český sochař, profesor AVU), Jana Baucha (český malíř a sochař) a Bedřicha Stefana (český sochař).

Dům byl postaven roku 1937 a svého času sloužil pro luxusní nájemní bydlení. V 50. letech se za souhlasu architekta Podzemného rozhodlo o využívání prostor jako obřadní síně. Od počátku 60. let existuje na jeho střeše zahrada. V lednu 1964 byl dům vyhlášen nemovitou kulturní památkou.

Přízemí budovy bylo po určitý čas využíváno pro komerční účely. Protože původní obřadní síň už nevyhovovala moderním požadavkům, byl zpracován nový návrh na obřadní síň. Jedním z architektů je Petr Bouřil z ateliéru ABM. Rekonstrukce proběhla v letech 2001–2007 a zahrnovala vstupní halu a přízemní chodby „Skleňáku“. Cílem bylo co nejšetrněji prostory restaurovat, a to včetně uměleckých děl (na stěnách plastiky ženských figur od Jana Laudy, socha ženy a dítěte od Bedřicha Stefana, vitráže na dveřích od Jana Baucha z roku 1937 /za účasti Uměleckoprůmyslového muzea/ aj.). Veškeré práce probíhaly za dohledu Národního památkového ústavu. Místo obřadní síně na levé straně vznikla kavárna, která je schopna pojmout až 60 hostů. V této části zůstaly zachovány dva obchody – květinářství a vinotéka. Do pravé strany je situována nová obřadní síň.



Obr. 1.12 Skleněný palác, Praha 6, rok 2006

Kulturní a obchodní centrum Nový Smíchov

Střešní plášť této velkokapacitní budovy byl vyhotoven roku 2001. Celková plocha komplexu čítá 40 000 m², z čehož je více než 24 000 m² ozeleněno. Jedná se tak pravděpodobně o největší ozeleněnou střechu v České republice. Řešení je výjimečné i tím, že zde byla ozeleněna i část střechy o sklonu 58°. Ozeleněná stěna o takovémto spádu nemá v Čechách, a pravděpodobně ani v Evropě či ve světě, obdoby. Seč svahu s takovýmto spádem je náročná, vyžaduje speciální konstrukci pro pohyb mechanizace.

Na střeše je zrealizována část zeleně jako extenzivní, část jako intenzivní, určitá plocha je zatravněna. Bylo použito 19 odlišných typů skladeb. Na střeše byly vysazeny speciálně (do tzv. střechy) tvarované platany.



Obr. 1.13 Pohled na KOC Nový Smíchov z parku Sacré Coeur, Praha 5, rok 2006



Obr. 1.14 KOC Nový Smíchov – vzrostlé tvarované platany, Praha 5, rok 2006

Hlavní plocha má spád 12 %, a to až v délce 42 m.

Na veškerých plochách byla použita dvouvrstvá hydroizolace z SBS modifikovaných asfaltových pásů, u ozeleňných ploch obsahují hydroizolační pásy speciální směs, díky níž jsou pásy odolné prorůstání kořenů. Na střeše bylo uplatněno i bodové osvětlení a pochozí rošty, samozřejmě je i vyústění technického zařízení budov.

Střecha zatím není veřejnosti přístupná, je však vidět z přilehlého parku Sacré Coeur.



Obr. 1.15 KOC Nový Smíchov, strmá střecha o sklonu 58°, Praha 5, rok 2006

Ostatní příklady historických realizací

Od 2. poloviny 19. století se setkáváme se záměrným zakládáním vegetace na střechách majetnějších obyvatel. V té době to ještě byla otázka prestiže, nešlo o snahu rozšířit plochy zeleně ve městech. Tato potřeba vznikla až po 2. světové válce. V poválečném období byla sice zakládána tzv. „střešní zeleň“, nebyla však pocítována jako střešní, protože vznikala v úrovni parteru městských částí. Jedná se například o *terasu Jízdárny Pražského hradu*, pod níž jsou garáže, která v té době nebyla pro své výškové zarovnání s přirozeným terénem považována za ozeleněnou střechu/terasu.

Do roku 1921 se datuje dodnes zachovaný nákres projektu střešní zahrady (o ploše 200 m²) na střeše malé *továrny p. Chalupníčka v Chrudimi*. Autorem je zahradní architekt Josef Vaněk.

22 Ozeleněné střechy v historii a současnosti

V letech 1923–1925 probíhala výstavba střešní zahrady na budově *České banky Union* v Brně. Návrh, jehož autorem byl architekt Arnošt Wiesner, se nedochoval.

Jedno z prvních střešních ozelenění vzniklo roku 1938 na administrativní *budově firmy Baťa ve Zlíně*. Architektem byl F. Karlík. Vegetační úpravy byly realizovány jen na části střechy. I ty však byly po 10 letech odstraněny a nahrazeny pochozí plochou.

V letech 1945–1990 vzniklo na území České republiky zhruba 15 000 ha (150 000 000 m²) ozeleněných střech. Realizace ozeleněných střech od roku 1945 po současnost – viz kapitola 9 *Vybrané realizace ozeleněných střech*.

Do roku 1990 byla u nás největší slabinou ozeleněných střech absence testování hydroizolace na odolnost proti prorůstání kořenů rostlin.

V dnešní době vznikají střechy s vegetací zejména na administrativních a obchodních budovách, hotelech a zábavních centrech. Významnou skupinou staveb s ozeleněnými střechami jsou i nově vznikající bytové domy.

Za průkopníka ozeleněných střech u nás lze považovat Ing. Jana Ondřeje. V současné době se výzkumem vegetačních střech se zaměřením na jejich tepelně technické vlastnosti zabývá Ing. Lumír Gazda (absolvent VUT v Brně, od roku 2001 samostatný projektant).

■ 2 Význam ozeleněných střech

■ 2.1 Životní prostředí v městských aglomeracích

Znečištěné životní prostředí

Ve městech panují odlišné podmínky než v prostředí venkova, a to od jiné půdy až po odlišnou vegetaci. Města jsou zamořena kovy, solemi a ropnými deriváty, koncentrace škodlivin je mnohem vyšší. Oproti lesnímu společenství je koncentrace SO_2 (oxidu siřičitého) 10 krát vyšší, NO_x (dusičnanů) 5 krát vyšší, CO_2 (oxidu uhličitého) 20 krát vyšší, CO (oxidu uhelnatého) 30 krát vyšší, prachu 30 krát vyšší.

Prostředí je zatíženo i dalšími chemickými sloučeninami, jako je H_2S (sulfan = sirovodík), C_xH_y (uhlovodíky), HF (fluorovodík = kyselina fluorovodíková), O_3 (ozón), PAN (peroxiacetylnitráty), oxidanty, Cl (chlor), NH_3 (amoniak = azan = čpavek), popílkem, prachem aj. Vzduch obsahuje množství smogu s fytotoxickými účinky. Topná zařízení a automobilový provoz spotřebovávají kyslík a produkují škodliviny. Koncentrace obyvatelstva je nepřiměřeně vysoká, což způsobuje psychické zatížení obyvatel, stres.

Teplota vzduchu

Teplota vzduchu je vyšší než v přirozené lesní krajině, a to v průměru o 1–2 °C. Za letního večera bývá teplota vzduchu v centru velkoměsta o 4–11 °C vyšší než v okrajových čtvrtích. Toto přehřívání vede ke stoupání teplého vzduchu, se kterým se ze země zvedá prach, nečistoty a škodliviny. Ty se pak víří a jsou lidmi opět vdechovány. Poletující prachové částice vytvářejí mlhavý městský příkrov, který je příčinou 15% poklesu slunečního svitu a až 30–100% nárůstu výskytu mlh. Toto přehřátí a znečištění vzduchu následně způsobuje i větší výskyt bouřek (např. v Kolíně nad Rýnem je průměrné množství srážek o 27 % vyšší než v jeho okolí).

Na vysoké teplotě vzduchu se spolupodílí nejen materiály absorbující teplo, ale i jejich barva. Vyšší teplota vzduchu ve městě spoluvytváří smog, neboť chemikálie z polutantů spolu reagují právě za přispění vyšší teploty a slunečního světla. Jedním z komponentů smogu je i nízko se vyskytující ozón, který je pro lidské tělo jedovatý. Dráždí oči, vyvolává astma, způsobuje poškození plic.

Snížení vysoké teploty vzduchu ve městech je možno docílit:

- odrazem slunečního záření,
- spotřebou dopadající energie – například rostlinami, které jsou schopny energii využít pro fotosyntézu, transpiraci, intercepci (= odpar srážek zachycených na povrchu rostlin) a výpar vody z povrchu. Výhodou spotřeby dopadající energie rostlinami je, že k ní nedochází pouze na povrchu půdy, ale ve všech patrech porostu. Dopadající energie v parku je tak téměř 9 krát nižší než na srovnatelném místě na ulici.

24 Význam ozeleněných střech

Stanoviště	Dopadající energie [J/cm ² /min]
Centrum města	3,769
Park	0,419

Tab. 2.1 Porovnání dopadu energie dle stanoviště
(zdroj: Kavka a Šindelářová, 1978)

Vlhkost vzduchu

Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu ve městech je o 8–10 % nižší než na venkově, výpar vody je dokonce o 15–20 % nižší.

Zvyšování vlhkosti vzduchu je možné:

- evapotranspirací (= transpirací rostlin a odparem z půdy),
- odparem rosy zkondenzované na povrchu rostlin,
- intercepceí.

K nejlepšímu zvyšování vlhkosti dochází u zapojených porostů s různou patrovitostí, tedy zejména v parcích. Rozdíl ve vlhkosti vzduchu v parku a nad zpevněnou plochou činí během dne 5–10 %, ve večerních hodinách dokonce 10–20 %. Vliv na míru zvyšování vlhkosti vzduchu vegetací mají jak podmínky stanoviště (teplota, proudění a vlhkost vzduchu, dostupnost vody aj.), tak druh a vitalita samotné vegetace.

Objem koruny [m ³]	Přibližný výpar vody [l/den]
> 2700	500
> 700	400
> 500	300
> 200	200
> 100	100
> 50	50
> 25	10
> 1	5

Tab. 2.2 Objem dřevinami vypařené vody dle objemu jejich korun (zdroj: Bernatzský, 1988)

Produkce kyslíku

Dle výzkumu A. Bernatzského vyprodukuje 25 m² asimilační plochy listové zeleně za den tolik kyslíku, kolik ho jeden člověk za stejný čas spotřebuje. Při pokrytí každé 5.–10. střechy zelení by se tato listová plocha zdvojnásobila, čímž by vzrostlo i množství vyprodukovaného kyslíku.

Prašnost

Rostliny jsou v nezdravém městském prostředí schopny zachytit prach, absorbovat plynné škodliviny a aerosoly a ve vysoce zatížených oblastech také těžké kovy (studie dle Bartfeldera a Köhlera). A. Bernatzský srovnává počet částicek nečistot v 1 l vzduchu na ulici se stromy a počet částicek v ulici beze stromů. V ulici bez dřevin bylo zaznamenáno 10 000–12 000 částicek, zatímco při osázení stromy byl počet nečistot cca 3000 částicek, tedy 3–4 krát méně. V parku je prašnost oproti ulici bez výsadby dokonce 8 krát nižší. Pokud se zaměříme na silniční provoz, měření na jedné frekventované švýcarské silnici prokázalo, že 1 m vysoký a 0,75 m široký živý plot snižuje zatížení olovem o 50 % (výzkum Kellera a Lötscheho).

Snížení prašnosti můžeme docílit:

- zachycením prachu na nadzemních částech rostlin,
- snížením proudění vzduchu a následnou sedimentací prachových částic (sedimentace má smysl jen v případě, že je pod porostem trávnik, neboť ze zpevněných ploch jsou zpomalené a usazující se prachové částice odváty a dostávají se tak zpět do koloběhu).

Do jaké míry mohou takto rostliny fungovat závisí na jejich pokryvu – tedy nejen na ploše výsadby, ale i na hustotě výsadby a hustotě olistění, tedy na listové ploše, na které se prach může usazovat, kterou se mohou škodliviny vstřebávat a díky které je rostlina schopna produkovat kyslík. Díky patrovitosti je plocha stromu, která je schopna zachytávat prach přibližně 10 krát větší, než jaký je půdorysný průmět jeho koruny. Srovnáme-li udržovaný a tedy i pravidelně sečený trávník s přirozenou a možná pro někoho i nevzhlednou travnatou plochou, dojdeme k závěru, že z ekologického hlediska je pro nás tato nešlechtěná plocha mnohem větším přínosem. Její listová plocha je oproti sečenému trávniku totiž 5–10 krát větší.

Účinnost listů pro zachytávání prachových částic závisí (zdroj: Kavka a Šindelářová, 1978) na:

- jejich celkovém povrchu, tedy nejen na velikosti, ale i na počtu,
- sklonu (nejúčinnější jsou listy vodorovné),
- pohyblivosti (nejúčinnější jsou listy s krátkým řapíkem),
- proudění vzduchu kolem a uvnitř koruny (účinnější jsou stromy s korunami kulovitými než korunami jehlancovitými),
- lepivosti, anebo vlhkosti povrchu listů,
- charakteru prachu (jemnější prach na listech lépe ulpívá).

Objem koruny [m ³]	Hmotnost vázaného prachu [g/rok]
1000	25
750	19
500	13
250	6,5
5	0,8

Tab. 2.3 Hmotnost dřevinami vázaného prachu v závislosti na objemech jejich korun (zdroj: Höppler, 1993)

Veškeré výše uvedené pozitivní vlivy vegetace na kvalitu života lidí působí na vegetaci samotnou negativně. Pro udržení ekologicky funkční vegetace je nezbytné působení stresových faktorů na ni minimalizovat, tedy dbát na řádnou závlahu, dostatečné hnojení, provzdušňování půdy, včasný a správný řez atd.

Pokud bychom se v ČR rozhodli ozelenit 10–20 % stávajících plochých střech, navrátili bychom do prostředí cca 1600 ha zeleně a tím docílili výrazného zlepšení městského klimatu.

Klasické velkoměsto je ze třetiny tvořeno zástavbou, ze třetiny dlažbou a pouze třetinou nedlážděnou zelenou plochou. V Německu je v průměru každý den nově vydlážděno kolem 1 km² plochy, tj. 1 000 000 m² (zdroj: Zemský institut pro stavební inženýrství, 1998)