

## Posudek disertační práce

**Autor práce:** Ing. Petr Selník  
**Název práce:** Návrh a optimalizace vybraných stavebně technologických procesů trvale udržitelné šetrné výstavby vegetačních střech  
**Studijní obor:** Pozemní stavby  
**Oponent:** doc. Ing. Karel Šuhajda, Ph.D.  
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,  
Ústav pozemního stavitelství

Datum zadání posudku: 20. 4. 2021

### Aktuálnost tématu disertační práce

Tématem této disertační práce je technologie provádění vegetačních střech a jejich udržitelná dlouhodobá stabilita s návazností na stavebně-fyzikální chování tohoto typu konstrukce a hospodaření s dešťovými srážkami. Stěžejním tématem studia a výzkumu zelených střech bylo studium technických vrstev zelené střechy, a to zejména nově vyvíjeného materiálu retenční desky z recyklovaného polyesterového vlákna a netkané textilie. Důsledně bylo monitorováno chování těchto vrstev v klimatických podmínkách ČR a zvolené technologii instalace.

Lze říci, že vegetační střecha je budoucností trvale udržitelného rozvoje městského urbanismu a současně také jeden z hlavních elementů šetrné výstavby, který bude klíčový pro návrh moderních budov, jak je zřejmé z vývoje situace v řadě pokrokových evropských měst a aglomerací. V těchto lokalitách, byla instalace zelené střechy upravena či striktně vyžadována městskou či oblastní vyhláškou. Odborná veřejnost ve vybraných lokalitách je přesvědčena o nesporném pozitivním efektu této konstrukce na budované objekty, zvláště pak z ekologického hlediska.

Vegetační střecha má bohatý výzkumný potenciál. Nejenže je řada jejích parametrů proměnná během roku, ale také během dne. Patří mezi ně expozice ozáření, orientace ke světovým stranám, podléhání vlivům větrů, srážek, teploty, vývoj vegetace, schopnost retence podloží, chování během vegetačního klidu, evapotranspirace atp. Navíc je většina těchto parametrů těžko simulovatelná i s výkonnou výpočetní technikou. Na druhou stranu vegetační zastřešení lidé používají již od počátku prvotního rozvoje civilizace. Existuje řada ověřených postupů a forem aplikací vycházející z obvyklé výstavby, které jsou základem moderního technického i normativního světa výstavby. Také bylo možné díky současným technologiím řadu aspektů návrhu a instalace vylepšit a upravit, aby mohlo být použití této konstrukce umožněno širokému spektru zákazníků, kteří chtějí prokázat dopad vegetačních konstrukcí nejen na vlastní objekt, ale také na blízké okolí.

Během svých studijních cest doktorand shromáždil řadu podkladů, získal mnoho osobních odborných zkušeností a diskutoval s lídry tohoto odvětví stavebního trhu. Přestože u nás teprve

zvolna s vegetačním zastřešením začínáme a například ve Švýcarsku v Basileji už podruhé renovují. Tato práce přináší významné nové poznatky a závěry, o které má zájem i zahraničí.

Téma disertační práce tak pokládám za velmi aktuální. Získané informace a závěry jsou velmi přínosné a rozšiřují informace o způsobech a přístupech k možnostem navrhování a provádění vegetačního souvrství zelených střech moderní architektury. Je tak poukazováno a reflektováno na časté problémy vyskytující se ve stavební praxi, aktuálně související s oteplováním klimatu a nutností zadržovat dešťové vody.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrné	<input type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

## Splnění cílů disertační práce

Cíle disertační práce jsou přehledně uvedeny v kapitole 4. Cíle disertační práce.

Hlavní cíl disertační práce:

### Optimalizace návrhu šikmé vegetační střechy.

Pro dosažení tohoto hlavního cíle byly stanoveny tyto dílčí cíle:

- Podrobný technologický předpis procesu výstavby vegetační střechy včetně možných rizik při realizaci. Technologický předpis je zařazen jako samostatná příloha.
- Návrh materiálu pro vegetačně retenční vrstvu.
- Vliv technologie a volených materiálů na stavebně fyzikální vlastnosti zelených střech.
- Hodnocení krátkodobé a dlouhodobé stability z hlediska působení povětrnostních podmínek v průběhu vybraného životního cyklu konstrukce.

Práce si kladla za vědecký cíl blíže popsat fyzikální chování v kontaktních exteriérových vrstvách střechy a zmapovat transport vody od zdroje dešťových srážek po odvedení přebytečné vody z vegetačně retenční vrstvy. Tento cíl byl naplněn stanovením odtokových charakteristik používaných materiálů vegetačních konstrukcí. Na vhodnou formu testování odtokových charakteristik nepanuje v legislativě ani mezi odborníky shoda. Z tohoto důvodu bylo potřeba řešit i volbu vhodných testovacích metod. Při vývoji materiálů bylo cílem porovnávat vlastnosti současných a nově vyvíjených technických vrstev. Nastavení této studie je unikátní v celosvětovém měřítku a o její výsledky projevíli zájem i zahraniční spolupracující organizace.

Testovací objekty, které vznikly pro účely testování vegetačních konstrukcí, byly zrealizovány jako full-scale i semi-scale experimenty – měření mohlo probíhat velmi efektivně díky kombinování výsledků a hodnocení výsledků obou forem měření.

Výsledkem zpracovávaného tématu pro stavební praxi je optimalizovaný návrh skladby vegetační střechy včetně doporučených hodnotících a návrhových parametrů jednotlivých vrstev a návrhových podmínek, včetně podrobného technologického předpisu realizace. Materiálovým výstupem je rohož, která má plnit funkci vegetačně-retenční vrstvy vegetační střechy určené do kontinentálních návrhových podmínek.

Na základě měřených parametrů zelených střech bylo možné připravit podklady pro dotační titul zelených střech ve Statutárním městě Brně.

**Vzhledem k výše uváděnému lze cíle popisované v disertační práci považovat za splněné.**

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrné	<input type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

## Postup řešení problému – metody zpracování

Při zpracování disertační práce doktorand použil v zásadě čtyři metody zpracování, tj.:

- rešerše dostupné literatury a analýza současného stavu problematiky v ČR, ale také ve světě, zejména v Evropě, což tvoří teoretickou část práce,
- experimentální analýza v podobě testování na experimentálních objektech, mobilních plošinách, ale také na laboratorních segmentech,
- statistická analýza, jako vyhodnocení výsledků zachytávání srážkové vody ve vegetačně-retenční vrstvě, o níž se opírá výběr vhodného materiálu, tloušťky, ale také samotný návrh vegetační vrstvy,
- a část vyhodnocení výsledků, v níž je provedeno srovnání výsledků jednotlivých provedených analýz a z čehož vyplývají závěrečná doporučení, která jsou v zásadě shrnutá v technologickém předpisu procesu výstavby vegetační střechy.

Konkrétněji disertační práce obsahuje část práce, která se zabývá seznámením se s problematikou aktuálního řešení vegetačních střech v praxi, ale také ve vědeckých institucích v rámci ČR, ale zejména ve světě, především po západní Evropě. Tato část práce je podložena studiem také významného počtu vědecké literatury s řešenou problematikou.

Dále se část práce věnuje získávání jednotlivých vzorků vegetačně-retenčních vrstev skladby zelené střechy. Následně je v práci proveden rozbor laboratorního vybavení a popis práce s jednotlivými přístroji a dalším laboratorním vybavením. Poměrně významná část práce je věnována přípravě jednotlivých zkušebních vzorků, respektive testovacích objektů. Tyto jsou zaměřeny na vývoj a zkoušení parametrů nových vegetačně-retenčních vrstev, zejména pak na sledování nasákavosti při různých sklonech střešních rovin, při různém zatížení, ale také na samotný transport vlhkosti přes jednotlivé vrstvy souvrství zelených střech. Současně s laboratorním výzkumem je tedy prováděn i experimentální výzkum v exteriérových podmínkách, a tyto výsledky jsou vyhodnocovány, vzájemně komparovány a verifikovány. Na jejich základě jsou potom skladby modifikovány a upravovány. V další části jsou již shrnuty jednotlivé dílčí výsledky provedených experimentů, z nichž vyplynuly jisté úpravy metodiky návrhu a také technologický předpis pro montáž vegetačních souvrství střech atp. V následné části se doktorand věnoval návrhu a úpravě skladeb zeleného souvrství střech a technickým parametrům užívaných materiálů. Následně se doktorand zabýval také hodnocením stability vegetačního souvrství z hlediska působení povětrnostních podmínek v průběhu životního cyklu celého souvrství.

Ze svého experimentálního a praktického poznání sestavil závěry své práce, kde se mimo jiné zamýšlí nad vývojem zelených střech v budoucnosti a komentuje aplikace pro odbornou praxi. Metodiku zpracování je možné pokládat tedy za poměrně přínosnou, byly použity v zásadě běžně užívané postupy a hodnotím ji jako mírně nadprůměrnou z hlediska provedené experimentální činnosti, celkově pak spíše jako průměrnou.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrné	<input checked="" type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
-------------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------------------

## Význam disertační práce pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

Význam disertační práce pro rozvoj vědního oboru, ale zejména pro stavební praxi je možné spatřit hned v několika významných rovinách.

Předně je nezbytné si přiznat, že řešení zelených střech je v ČR, ale také minimálně v celé Evropě relativně na počátku. Zejména v té podobě zelených střech, jak je známe dnes. Celosvětově se potýkáme se zvyšováním teploty vzduchu a s tím souvisejícím úbytkem vody. Což jsou ty současně nejzásadnější problémy naší planety.

Jednou z možností, jak účinně zachycovat vodu jsou právě zelené střechy, kde je voda v rámci zeleného souvrství střech poměrně významně akumulována a nedochází tak jejímu okamžitému odtoku. Díky zelenému souvrství střech a v něm zachycené vodě nedochází k tak razantnímu ohřívání střešních ploch, sálání tepla je tak zásadně omezeno a i okolní teplota vzduchu mírně klesá. Z tohoto pohledu je tato práce postížena zásadním významem jak z hlediska možného rozšiřování vědního oboru, tak z hlediska významu pro stavební praxi.

Konkrétní význam této disertační práce pro rozvoj vědního oboru lze spatřovat v tom, že problematiku vegetačního souvrství střech řeší velmi široce a odkrývá dílčí problémy. Právě tyto dílčí problémy by měly být vědecky uchopeny a dořešeny. Měl by být vědecky popsán význam zelených střech jejich podíl na zachování příznivého mikroklimatu na naší planetě.

Význam pro stavební praxi je v této práci rovněž jednoznačný. Vzhledem k tomu, že se jedná o novou disciplínu, je nezbytné vyzkoušet nová souvrství zelených střech, a vyvíjet nové stavební materiály, které budou dlouhodobě spolehlivé a funkční. Toto považuji za zásadní. Dále pak v souvislosti mladostí této disciplíny velmi vítám technologický předpis pro montáž zeleného souvrství střech, který rovněž díky této práci vznikl. Mimo to, se autor také zasadil o vytvoření dotačního titulu pro podporu budování zelených střech atp.

Z uvedených důvodů je předložená disertační práce vysoce aktuální, přínosná a výsledky v ní uvedené přispívají k řešení globálního celosvětového problému.

Hodnocení:

<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrné	<input type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

## Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Grafická, formální i jazyková úroveň disertační práce je na poměrně dobré úrovni. Text je vhodně členěn do kapitol. Grafy a obrázky jsou doplněny vysvětlujícím textem, případně popisem. K některým obrázkům a grafům však mohl být vysvětlující popis jednoznačnější, přesnější nebo výstižnější, možná i obsáhlejší. Zejména pak popisy složitějších grafů by měly být podrobnější, aby i běžný čtenář dokázal grafy uchopit a pracovat s nimi dále v textu. Použitá literatura je správně a vhodně citována.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrná	<input checked="" type="checkbox"/> průměrná	<input type="checkbox"/> podprůměrná	<input type="checkbox"/> slabá
-------------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------------------

## Hodnocení publikační a jiné činnosti doktoranda

Doktorand zpracováním disertační práce prokázal schopnost používat metody teoretického rozboru a experimentální činnosti, z nichž dokázal vytvořit velmi pozitivní, přehledné a poměrně přesné

závěry a doporučení své práce. Současně doktorand prokázal schopnost orientovat se v odborné literatuře a schopnost provést také některá „in-situ“ měření a šetření.

Celkově je doktorand autorem nebo spoluautorem 25 publikací, z toho v 15 případech jako hlavní autor a v 10 případech jako spoluautor. Je autorem 6 článků v databázi WOS a 6 článků v databázi Scopus.

Dále je spoluautorem dvou užitečných vzorů, spoluautorem pěti funkčních vzorků a jednoho softwaru. Podílel se také na šesti projektech specifického vysokoškolského výzkumu a dvou projektech MPO TRIO.

Publikační činnost doktoranda a jeho další tvůrčí aktivity je možné hodnotit jako nadprůměrné. Publikace v hodnocených databázích s nenulovými výstupy bych označil rovněž za nadprůměrné.

Celkově je možné publikační činnost doktoranda a jeho další tvůrčí aktivity se vztahem k disertační práci označit za minimálně velmi dobrou.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrná	<input type="checkbox"/> průměrná	<input type="checkbox"/> podprůměrná	<input type="checkbox"/> slabá
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

### Poznámky a připomínky k textu práce

K disertační práci mám tyto připomínky a dotazy, které by měl doktorand v rámci diskuze zodpovědět.

Připomínky:

- Obecně se domnívám, že by název práce mohl být přiléhavější. V práci je řešeno více méně vegetační souvrství, tedy souvrství nad hydroizolací. Samotná skladba celého střešního souvrství předmětem práce není.
- Číslování a popisování tabulek se formálně provádí vždy nad tabulku, tedy ne pod ni, tak jak je to v samotné práci.
- Některé grafy jsou popisovány jako obrázky, některé jako grafy, doporučil bych jejich sjednocení.
- U některých grafů, obrázků a tabulek bych doporučil v textu nad nebo pod grafem tento drobně vysvětlit, např. Graf č. 1, 4, 5, Obrázek č. 21, 41, 46, Tabulka č. 4, 5. atp.
- Některé tabulky s podbarvením, např. Tabulka č. 4, 5 ale zejména pak 6 nepokládám z důvodu špatné přehlednosti za vhodné používat ve vědeckých textech. Doporučuji, aby tabulky v celé práci měly jednotnou formu.
- V závěru postrádám autorovo vyvozené doporučení, které by se opíralo o provedenou rozsáhlou experimentální činnost. Dále mi zde chybí také jasné nasměrování dalších možných vědeckých prací, které by na tuto práci mohly výborně navazovat a závěry rozšiřovat a doplňovat.
- V samotné práci je řešena velmi široká oblast oblasti vegetačních zelených střech. Díky tomu jsou tyto oblasti vzhledem ke svému rozsahu řešeny v podstatě povrchově. Jednoznačně bych doporučil, aby práce byla zúžena a některé z řešených témat bylo probráno skutečně do hloubky.
- Na druhou stranu tato práce svým velmi širokým záběrem ukazuje na konkrétní témata, která by mohla být dále podrobně rozpracována v minimálně v dalších třech disertačních pracích.

Dotazy:

Jakou Vy osobně preferujete skladbu vegetačního souvrství a proč?

Který prvek, detail nebo součást souvrství vegetační střechy považujete za nejkritičtější a proč?

Můžete blíže specifikovat výhody a nevýhody vegetačně chudých, a naopak vegetačně bohatých zelených souvrství střech?

Jakým způsobem se může podílet sklon střešní roviny na volbě vegetačně chudých nebo vegetačně bohatých střech?

Jaký vliv má faktor větru na návrh vegetačních vrstev, myšleno položení rozchodníkových koberců, nebo pouhé vysetí (v případě rozchodníků „zasazení“) zeleně?

Dokážete kvalifikovaně odhadnout, zda a jak moc by zelené střechy ve městech dokázaly snižovat teplotu vzduchu v exteriérech v létě, nebo zda jste schopný odhadnout, zda by mohla být teplota i vlhkost okolního vzduchu stabilnější?

## Závěr

Práce se zabývá velmi aktuální celosvětově řešenou problematikou vegetačních souvrství střech, díky čemuž dochází ke snižování uhlíkové stopy a emisí ve stavebnictví, zachytávání vody a směřuje možné řešení problematiky sucha a s ním souvisejícím efektivnějším hospodaření s vodou. Právě celou tuto velmi širokou popisovanou oblast vegetační střechy obsahují a jsou v této práci řešeny.

Oblast vegetačních souvrství zelených střech, která je v této práci řešena pokládám za velmi širokou. Je zde řešená široká škála problémů vegetačních souvrství zelených střech, a také multioborový náhled na tuto problematiku. Pokládal bych za přínosnější oblast řešení zúžit a probrat ji více do hloubky.

I přes své připomínky k této práci musím konstatovat, že ji pokládám za velmi zdařilou a dobře zpracovanou. Téma práce je vysoce aktuální s celosvětovým přesahem.

Doktorand zpracováním své disertační práce prokázal způsobilost k samostatné tvůrčí vědecké práci ve smyslu zákona č. 131/2002 Z. o vysokých školách a změnách a doplnění dalších zákonů.

Doporučuji, aby disertační práce **byla přijata k obhajobě**, a aby v případě jejího úspěšného obhájení byl

**panu Ing. Petru Selníkovi**

udělen akademický titul „doktor“ (ve zkratce „Ph.D.“ uváděné za jménem).

Datum: 27. dubna 2021

Podpis oponenta: .....

....