ZELENÉ STŘECHY

VEGETAČNÍ SOUVRSTVÍ ZELENÝCH STŘECH

STANDARDY PRO NAVRHOVÁNÍ, PROVÁDĚNÍ A ÚDRŽBU

Kolektiv autorů
Ing. Samuel Burian
Ing. Jitka Dostalová
Ing. Martin Dubský, Ph.D.
Ing. Petr Halama
Ing. Karel Chaloupka
Ing. Jiří Komzák
Ing. Roman Paťava
Ing. Marie Straková, Ph.D.
RNDr. František Šrámek, CSc.
Ing. Petr Vacek, Ph.D.
Bc. Josef Vokál

Na doplnění a revizi vydání 2019 dále spolupracovali:
Ing. Pavel Dostal
Ing. Tomáš Gabriel
Ing. arch. Josef Hoffmann
Ing. Jiří Mrtka, Ph.D.
Ing. Jaroslav Nádvorník
Ing. Marek Novotný, Ph.D.
Ing. Jan Plachý, Ph.D.
Zbyněk Ptáček
Ing. Petr Selník
Ing. Jiří Šála, CSc.
Ing. Marek Urban

SVAZ ZAKLÁDÁNÍ A ÚDRŽBY ZELENĚ

Redakční úprava: Ing. Bc. Jana Šimečková

Vydal:
Odborná sekce Zelené střechy
při Svazu zakládání a údržby zeleně
Údolní 33, 602 00 Brno
tel: 777 581 544
zelenestrechy@szuz.cz, www.zelenestrechy.info
prosinec 2019

Vznik publikace podpořilo Ministerstvo životního prostředí.

Ministerstvo životního prostředí

Tisk publikace finančně podpořilo Hlavní město Praha.

PRAHA PRAGUE PRAGA PRAG

Případné připomínky, doporučení nebo podněty zasílejte na e-mail zelenestrechy@szuz.cz.
Budou využity při aktualizaci standardů v budoucnosti.

OBSAH

1 OBLAST UPLATNĚNÍ 4

2 POJMY 4

3 PRÁVNÍ RÁMEC PRO ZELENÉ STŘECHY V ČR 5

4 FUNKCE A PŮSOBENÍ ZELENÝCH STŘECH 5
4.1 Funkce urbanistická a krajinářská 5
4.2 Environmentální funkce a působení 5
4.3 Ochranné působení a ekonomické funkce 5
4.4 Zelené střechy jako adaptační opatření v urbanizované krajině 6

5 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH 6
5.1 Rozdělení zelených střech podle nároků na péči a míry autoregulace 6
5.2 Rozdělení zelených střech podle přístupnosti 8
5.3 Rozdělení zelených střech podle doplňkové funkce 8
5.4 Rozdělení zelených střech podle skladby vegetačního souvrství 9
5.5 Rozdělení zelených střech podle sklonu 10
5.6 Rozdělení zelených střech podle prostorové vazby na terén 10

6 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VOLBU VHODNÉHO TYPU VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ A FORMY VEGETACE ... 11

7 STŘEŠNÍ KONSTRUKCE PRO ZELENÉ STŘECHY 11
7.1 Obecně 11
7.2 Dispoziční požadavky 12
7.3 Technické požadavky 12
7.4 Požadavky na vrstvy střešního pláště plochých střech 12
7.5 Obsyp z praného kameniva 15
7.6 Sklon 15
7.7 Odvodnění střech 15
7.8 Zřízení vegetačního souvrství na stávajících plochých střechách 16
7.9 Požadavky na souvrství střešního pláště šikmých, strmých nebo geometricky zakřivených střech s vegetačním souvrstvím 17
7.10 Ochrana proti účinkům větru 17
7.11 Přístup na střechu 18
7.12 Bezpečnost 18
7.13 Požární ochrana 18
7.14 Hygienické požadavky na pochozí zelené střechy a pobytové zelené střechy spojené s terasami 19
7.15 Přívod vody a elektrické energie 19
7.16 Závlahové systémy 19
7.17 Fotovoltaické systémy na zelených střechách 19
7.18 Ostatní požadavky 20
7.19 Tepelně technické posouzení zelených střech 20

8 VEGETAČNÍ SOUVRSTVÍ PLOCHÝCH ZELENÝCH STŘECH 20
8.1 Obecné zásady provedení vegetačního souvrství 20
8.2 Kořenovzdorná vrstva 20
8.3 Separační/dilatační vrstva 21
8.4 Ochranná vrstva 21
8.5 Drenážní vrstva 21
8.6 Hydroakumulační vrstva 23
8.7 Filtrační vrstva 24
8.8 Vegetační vrstva 24

9 VEGETAČNÍ SOUVRSTVÍ ŠIKMÝCH ZELENÝCH STŘECH 27
9.1 Obecně 27
9.2 Stabilizace vegetačního souvrství proti sesuvu 27
9.3 Ochrana proti erozi povrchu 28
9.4 Bezpečnostní opatření 28

10 VEGETACE 28
10.1 Účel, požadavky na funkci, parametry 28
10.2 Podmínky stanoviště 28
10.3 Výběr druhů 29
10.4 Požadavky na osivo a sadbu 32
10.5 Způsoby založení vegetace 33
10.6 Zajištění stability větších dřevin 33

11 ROZVOJOVÁ (DOKONČOVACÍ) PÉČE 34

12 PODMÍNKY PŘEVZETÍ VEGETACE 34

13 NÁSLEDNÁ PÉČE A ÚDRŽBA 35
13.1 Extenzivní zelené střechy 35
13.2 Intenzivní zelené střechy 36
13.3 Kontrola souvisejících technických prvků a zařízení 36

14 ZÁRUČNÍ PODMÍNKY 36

15 POUŽITÁ LITERATURA 37

16 NORMY A VYHLÁŠKY 37

PŘÍLOHA Č. 1: PŘÍKLAD DIMENZOVÁNÍ DRENÁŽNÍ VRSTVY EXTENZIVNÍHO VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ 38

PŘÍLOHA Č. 2: METODY MĚŘENÍ 38

1 OBLAST UPLATNĚNÍ

Cílem tohoto dokumentu (dále také standardy) je stanovit zásady a požadavky pro navrhování, provádění a údržbu zelených střech, tj. střech s vegetačním souvrstvím. Standardy popisují různé způsoby ozelenění a rovněž používané materiály a vegetaci, jsou také doporučením pro projektanty, investory a zhotovitele zelených střech.

Veškeré informace jsou uvedeny podle nejlepšího vědomí autorů, bez právní závaznosti, a odpovídají stupni poznání v době zpracování standardů. Standardy se zabývají především vegetačním souvrstvím. Kapitola týkající se stavební konstrukce a střešního pláště je zpracována s ohledem na rozsah dokumentu v omezené míře tak, aby poskytla základní technické informace o střechách s vegetačním souvrstvím.

2 POJMY

Správné používání pojmů v oboru zeleně na střechách, respektive konstrukcích je zatím problematické. Dosud neexistuje definice, která by byla všeobecně uznávána a používána. Nejednotnost terminologie je dána často rozdílnými překlady cizojazyčné literatury. Nejčastěji jsou používána spojení: „střešní zahrada", „střešní zeleň", „zelená střecha", „travnatá střecha", „zeleň na konstrukcích", „vegetační střecha" či popřípadě kombinace těchto slovních spojení.

Pro aplikaci těchto standardů platí následující pojmy:

Zelená střecha / střešní zahrada / vegetační střecha – střecha, kterou pokrývá vegetační souvrství s vegetací. Všechny tři pojmy vyjadřují totéž, jsou dovolené, rovnocenné a obecně zavedené.

Nosná střešní konstrukce – část střechy, která přenáší zatížení ze střešního pláště a vegetačního souvrství do ostatních nosných částí budovy.

Střešní plášť – část střechy bez nosné střešní konstrukce, která chrání budovu před vnějšími vlivy a na kterou bezprostředně navazuje vegetační souvrství.

Vegetační souvrství – soubor funkčních vrstev, které svými vlastnostmi a společným působením tvoří vhodné a trvalé prostředí pro život a růst rostlin.

Funkční vrstva – vrstva vegetačního souvrství plnící konkrétní funkci nezbytnou pro bezproblémovou trvalou existenci vegetace na střeše (viz *Tab. 1: Funkční vrstvy vegetačního souvrství*). Vícefunkční (polyfunkční) vrstva plní několik funkcí současně (např. nopová fólie plní funkci drenážní i hydroakumulační).

Tab. 1: Funkční vrstvy vegetačního souvrství

Funkční vrstva	Funkce
Vegetace	je souborem rostlin, které tvoří pokryv zelené střechy
Vegetační vrstva	je základním prostředím pro kořenění a růst rostlin a svým fyzikálním, chemickým a biologickým složením a vlastnostmi je k tomu uzpůsobena
Filtrační vrstva	zabraňuje vyplavování drobných částic z vegetační vrstvy do vrstvy drenážní a trvale chrání drenážní vrstvu před zanesením
Hydroakumulační vrstva*	akumuluje srážkovou nebo závlahovou vodu pro potřeby rostlin
Drenážní vrstva	umožňuje dostatečně rychlý a efektivní odtok přebytečné vody k odvodňovacím zařízením
Ochranná vrstva	trvale chrání hydroizolaci střechy před mechanickým poškozením
Separační vrstva*	navzájem od sebe odděluje sousední materiály nebo prvky, které by se mohly vzájemně negativně ovlivňovat
Kořenovzdorná vrstva**	ochranná vrstva proti prorůstání kořenů, chrání hydroizolaci střechy před poškozením kořeny rostlin

** Nemusí být součástí vegetačního souvrství, používá se v opodstatněných případech.*

*** Samostatná ochranná vrstva proti prorůstání kořenů rostlin se používá spíše výjimečně, a to v případech, kdy stávající hydroizolace střechy není odolná proti prorůstání. Stává se to převážně u vegetačních souvrství zřizovaných na stávajících střechách s původní hydroizolací. U nově zřizovaných zelených střech nebo u rekonstrukcí, na kterých se předpokládá zřízení vegetačního souvrství, se dnes již zpravidla používají hydroizolační výrobky (asfaltové pásy i fólie) s potřebnou odolností proti prorůstání kořenů rostlin a s příslušným atestem.*

3 PRÁVNÍ RÁMEC PRO ZELENÉ STŘECHY V ČR

K realizaci vegetačního souvrství zelené střechy jako takového není obecně třeba samostatného stavebního povolení ve smyslu stavebního zákona č. 183/2006 Sb. ani ohlášení stavby ve smyslu vyhlášky č. 503/2006 Sb.
Při navrhování, provádění a údržbě zelených střech je třeba dbát pokynů příslušných úřadů a všech relevantních předpisů. Na možnosti založení zelené střechy mohou mít vliv zejména místní stavební předpisy, předpisy týkající se památkové péče, ochrany životního prostředí, architektonického rázu lokality nebo územní a regulační plány.

Vegetační střechy jsou ukotveny v národní *Strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*[1] schválené v roce 2015, která jmenuje jejich potenciál v urbanizované krajině pro:

- minimalizaci povrchového odtoku vody,
- zajištění funkčního a ekologicky stabilního systému sídelní zeleně,
- snížení rizik spojených s teplotou a kvalitou ovzduší,
- obnovu a zlepšení ekosystémů a přírodních či přírodě blízkých ploch a prvků přispívajících k adaptaci na dopady změny klimatu.

4 FUNKCE A PŮSOBENÍ ZELENÝCH STŘECH

Zelené střechy mají mnoho navzájem propojených funkcí, které se mohou vyskytovat v různé formě a podle konkrétní situace mohou mít různý význam. Proto je lze posuzovat výhradně komplexně. Následující výčet funkcí je pouze informativní a nezahrnuje pořadí podle důležitosti funkcí.

4.1 FUNKCE URBANISTICKÁ A KRAJINÁŘSKÁ

Zelené střechy a fasády jsou plochy zeleně s přímým vysoce pozitivním účinkem na životní prostředí a mají v mnoha případech ohromný potenciál dalšího využití pro vytvoření příjemných míst pro pobyt a relaxaci především ve městech, kde je zeleně nedostatek. Zvyšují atraktivitu budov a jejich užitnou hodnotu, a to nejen rodinných domů, ale i bytových projektů a komerční výstavby. Čím dál častěji se prosazují také na průmyslových objektech.
Mezi významné urbanistické funkce zelených střech patří:

- vytvoření nových ploch zeleně a venkovních obytných prostor na zastavěném pozemku,
- zvýšení podílu zeleně v sídlech a urbanizované krajině,
- zlepšení vzhledu měst a krajiny,
- zlepšení obytného i pracovního prostředí.

4.2 ENVIRONMENTÁLNÍ FUNKCE A PŮSOBENÍ

Pozitivní účinek zelených střech na kvalitu ovzduší se může zdát vzhledem k jejich běžným velikostem nepodstatný. Výzkumy však prokázaly opak. Zlepšení ovzduší není podmíněno úplným ozeleněním střech. Stačí vytvořit alespoň jejich síť, která pak dokáže nepříznivé vlivy okolí značně redukovat.
K hlavním environmentálním funkcím zelených střech patří:

a) zlepšení mikroklimatu ve srovnání se střechami s holou hydroizolací nebo vrstvou štěrku
- vyrovnávání extrémních teplot,
- snížení intenzity vyzařování na sousední plochy,
- zvýšení vlhkosti vzduchu (zadržená voda se odpařuje, což vede ke zlepšení mikroklimatu),
- snížení prašnosti.

b) zpomalení odtoku, zadržování dešťové vody a její vrácení do přirozeného koloběhu vody
- většina dešťové vody vsakuje do vrstev vegetačního souvrství a zůstává v nich zadržena,
- přebytečná voda odtéká do kanalizace s časovým zpožděním a utlumeně,
- ve srovnání s neozeleněnými plochami snižují zelené střechy špičkové odtoky,
- retenční výkon vegetačního souvrství nezávisí na vlastnostech půdy v dané lokalitě a hladině podzemních vod.

c) vytvoření náhradních ploch a životního prostoru pro flóru a faunu v oblasti lidských sídel (podpora biodiverzity)
- na zelené střeše vzniká prostor pro volně žijící živočichy, ptáky a hmyz,
- přírodní prvky na zelených střechách, například kameny či kamenitá pole, se mohou rychleji ohřívat, a tak vytvořit optimální podmínky pro určité druhy bezobratlých,
- mrtvé dřevo v různém uskupení může vytvořit přístřeší, místo na hnízdění, či na přezimování pro ptáky, brouky, včely, vosy a j.,
- ponechaná neposečená vegetace poskytuje živočichům prostor pro přezimování a potravu (semena, odkvetlá květenství, dutiny stonků),
- příležitostné vodní plochy jako mělká dešťová jezírka nebo nádoby naplněné vodou vytvářejí vhodné prostředí pro některé živočichy, slouží jako napajedlo pro hmyz a ptáky,
- bambusové stonky, palety, tlející dřevo, šišky, sláma, duté cihly apod. mohou vytvořit na střechách prostor pro život a přezimování živočichů („hmyzí hotel“).

4.3 OCHRANNÉ PŮSOBENÍ A EKONOMICKÉ FUNKCE

- ochrana hydroizolace před degradací v důsledku UV záření a kolísání teplot,
- snížení nebezpečí mechanického poškození hydroizolace následkem vnějších vlivů,
- snížení hlučnosti díky nižší zvukové odrazivosti vegetačních ploch,
- zlepšení tepelné ochrany v zimě, a především v létě,
- snížení náporu na kanalizační síť při vydatných srážkách,
- zvýšení účinnosti fotovoltaických panelů v důsledku snižování extrémních teplot prostředí,
- zvýšení užitné hodnoty nemovitosti.

1 MŽP, 2015. Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, Praha: Ministerstvo životního prostředí.

4.4 ZELENÉ STŘECHY JAKO ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ V URBANIZOVANÉ KRAJINĚ

Základním cílem adaptačních opatření v urbanizované krajině je zvýšení odolnosti sídel a jejich schopnosti přizpůsobit se projevům změny klimatu, čehož lze dosáhnout jejich trvale udržitelným rozvojem při zachování potřebné kvality života obyvatel. V zájmu naplnění tohoto cíle je třeba zajistit udržitelné hospodaření s vodou (zasakování či využívání srážkových vod, úsporná opatření) a funkční propojení ploch s převažujícími přírodními složkami, tvořícími systém sídelní zeleně. Důležitou roli přitom hrají vegetační plochy a prvky, protože mohou významně ovlivňovat sídelní mikroklima a snižovat teplotu ve městech během letního období. Základním mechanizmem je odpařování vody z vegetace (evapotranspirace) a vodních ploch, což snižuje teplotu okolního prostředí (odpaření jednoho litru vody představuje ekvivalent cca 0,7 kWh energie potřebné pro provoz chladícího zařízení, tedy 1 mm srážek zadržených na 100 m² zelené střechy odpovídá úspoře 70 kWh energie potřebné na chlazení budovy v letních vedrech). Vegetace akumuluje (zadržuje a následně vyzařuje) méně tepla než antropogenní povrchy, zachycuje nebo odráží část slunečního záření, zastiňuje povrch a tím snižuje jeho teplotu aj. Ve výsledku mohou mít vodní a vegetační plochy výrazný „klimatizační efekt".
Sídelní zeleň (stromy, travnaté plochy, parky) a vodní plochy (vodní toky, nádrže) společně se zelenými střechami a udržitelným odvodňovacím systémem nabízí potenciál k adaptaci měst na klimatické změny. Zvýšená potřeba regulace vodního režimu v sídelním prostředí je patrná již dnes a souvisí především s vysokým podílem zastavěných ploch, resp. zpevněných povrchů na celkové ploše sídel při současné změně sezónního rozložení srážek. Adaptační opatření v urbanizované krajině proto musí zmírňovat možné důsledky extrémních situací okamžitého nedostatku vody (sucha) a okamžitého nadbytku vody (přívalové deště), resp. těmto možným důsledkům předcházet.

5 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH

Zelené střechy se rozdělují:
- podle nároků na péči (extenzivní, polointenzivní, intenzivní),
- podle přístupnosti (nepochozí, pochozí, pobytové),
- podle převažující funkce (retenční, podporující biodiverzitu, kombinované s fotovoltaikou, pěstební),
- podle skladby vegetačního souvrství (jednovrstvé, vícevrstvé),
- podle sklonu (ploché, šikmé, strmé),
- podle polohy a prostorové vazby na okolní rostlý terén (v úrovni s parterem, v dotyku s parterem, bez dotyku s parterem).

5.1 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE NÁROKŮ NA PÉČI A MÍRY AUTOREGULACE

Podle nároků na péči a míry autoregulace se zelené střechy rozdělují na:
- extenzivní zelené střechy,
- polointenzivní zelené střechy (jednoduché intenzivní),
- intenzivní zelené střechy.

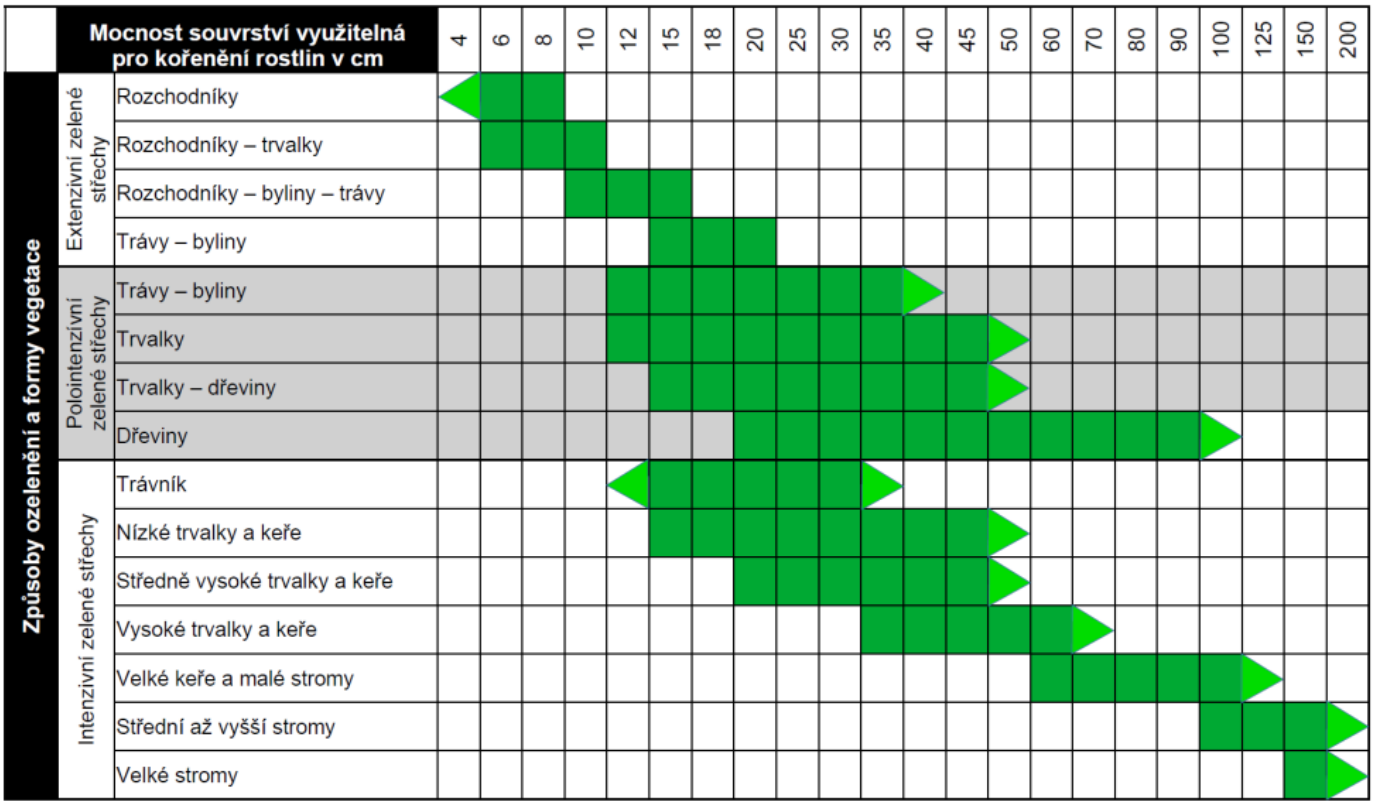
Každý druh ozelenění zahrnuje rozmanité formy vegetace, které mohou navzájem plynule přecházet a lišit se od sebe podle podmínek stanoviště, přičemž podléhají dynamickým změnám. S ohledem na poznatky z využití rostlin a botaniky můžeme tyto tři druhy zelených střech navzájem vymezit pomocí kritérií v *Tab. 2: Mocnost souvrství využitelná pro kořenění rostlin u různých způsobů ozelenění a forem vegetace*.

5.1.1 EXTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY

Popis
Podstatou extenzivní zelené střechy je vegetace s maximální mírou autoregulace, schopná udržet se v odpovídající kvalitě bez pravidelné zálivky a jen s minimální péčí (obvykle 1–2krát ročně kontrola, odstranění nežádoucí vegetace, přihnojení podle typu substrátu a vývojové fáze porostu). Výběr použitých rostlinných druhů je nutné maximálně přizpůsobit stanovištním podmínkám.
Vegetaci extenzivních zelených střech tvoří rostliny s vysokou regenerační schopností schopné přizpůsobit se extrémním podmínkám stanoviště. Rostliny musí být v daných podmínkách dostatečně konkurence schopné, aby potlačovaly rozvoj nežádoucích rostlin. Porost extenzivní střechy tvoří vegetace s předvídatelným sukcesním vývojem, který může zahrnovat i spontánní osídlení dalšími, při realizaci nepoužitými druhy.
Mocnost vegetačního souvrství extenzivních zelených střech se obvykle pohybuje v rozmezí 60–150 mm. Pro vhodně zvolené druhy sukulentů může postačovat mocnost souvrství jen 40 mm (i méně), naopak pro stepní trávobylinné typy porostu může být použito souvrství o mocnosti až 200 mm. Extenzivní zelené střechy jsou obvykle nepochozí, tj. vstup na plochy s vegetací je dovolen poučeným osobám pouze pro kontrolu a technickou údržbu.

Typy porostu
Nejčastější typy porostů extenzivních zelených střech jsou:
Mechy (*Bryophyta*) – jsou zelené vyšší, ale necévnaté rostliny malého vzrůstu, s výraznou schopností zadržovat vodu. Většinou preferují vlhká a stinná stanoviště. Jako pionýrské rostliny mají schopnost osidlovat plochy téměř bez substrátu. V zahraničí se uvádějí jako vhodný typ vegetace na nejnižší vegetační souvrství spolu s netřesky. V České republice je jejich použití předmětem diskusí.
Rozchodníky a další sukulenty – rozchodníky (*Sedum*) jsou reprezentanty sukulentních (tučnolistých) rostlin se specifickým metabolismem, který jim umožňuje přečkat velmi dlouhá období sucha (fotosyntetická fáze, kdy je poután vzdušný oxid uhličitý a musí být otevřené průduchy, probíhá v noci potmě). Rozchodníky a další

Tab. 2: Mocnost souvrství využitelná pro kořenění rostlin u různých způsobů ozelenění a forem vegetace



Poznámky k tabulce:

Regionální klimatické poměry a specifické podmínky objektu (orientace ke světovým stranám, sklon apod.) se někdy mohou výrazně lišit, a proto je třeba zvolit přiměřeně větší nebo menší mocnost souvrství v daném rozpětí.

U extenzivní zelené střechy není vhodné zvyšovat mocnost vegetačního souvrství nad doporučenou mez, stupňuje se tím pravděpodobnost uchycení nežádoucí vegetace.

sukulenty jsou víceleté nebo vytrvalé rostliny (trvalky), pro výrazná specifika se ale v zahradnické praxi uvádějí jako samostatná skupina. Dalšími hojně používanými zástupci tučnolistých, jsou netřesky (*Sempervivum*).

Trávy a byliny – v tomto dokumentu se takto označuje směs xerofytních (suchomilných) travin a bylin. Odlišně od botanického pojetí se bylinami v tomto textu označují jen dvouděložné kvetoucí byliny rostoucí společně s travinami ve stepních formacích, obdoba přirozených stepních trávníků. Tyto porosty se kosí jen jednou nebo dvakrát ročně.

Typy porostů je možné kombinovat.

5.1.2 POLOINTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY

Popis

Polointenzivní zelené střechy (také nazývané jednoduché intenzivní) tvoří přechodný typ mezi extenzivními a intenzivními zelenými střechami.

Kromě vegetace vhodné pro extenzivní zelené střechy lze na polointenzivních zelených střechách využít i další rostlinné druhy jako trávy, trvalky, dřeviny, které mají vyšší nároky na skladbu vegetačního souvrství, zásobování vodou a živinami. Vyšší intenzita péče spočívá zejména v nutnosti závlahy v sušších obdobích roku. Ostatní pěstební zásahy výrazně nepřevyšují péči o extenzivní zelenou střechu (2krát ročně kontrola, odstranění nežádoucí vegetace, přihnojení podle typu substrátu a vývojové fáze porostu, případně pokosení). Na střeše se nepočítá se spontánním osídlením dalšími, při realizaci nepoužitými druhy.

Mocnost vegetačního souvrství se u polointenzivních zelených střech obvykle pohybuje v rozmezí 150–350 mm. V příznivých klimatických podmínkách může postačovat mocnost souvrství jen 120 mm, naopak při použití trvalek a dřevin může být použito souvrství o mocnosti až 350 mm (někdy i více).

Typy porostu

Nejčastější typy porostů polointenzivních zelených střech jsou:

Trávy a byliny – viz extenzivní střechy

Trvalky (pereny) – zahradnický výraz zahrnující pěstované druhy a odrůdy vytrvalých bylin, které jsou podle botanické definice víceletými nedřevnatými rostlinami. Nepříznivé vegetační podmínky, např. zimu a sucho, velmi často přečkávají pouze podzemní orgány – kořeny, oddenky, hlízy, cibule. Pro výrazná specifika se v zahradnické praxi považují trávy, sukulenty a cibuloviny za samostatnou skupinu, i když také odpovídají definici „trvalky“.

Keře – dřevnaté vytrvalé rostliny, které se nízko nad zemí rozdělují do mnoha větví bez kmene.
Typy porostů je možné kombinovat.

5.1.3 INTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY

Popis
Podstatou intenzivní zelené střechy je úprava podmínek pro zvolenou vegetaci včetně intenzivní pravidelné údržby (závlaha, přihnojování, kultivace a odstraňování nežádoucích rostlin, pravidelné sečení trávníku a další). Výběr rostlin se podřizuje architektonickému záměru a (zpravidla) pobytové funkci. Podmínky a péče se maximálně přizpůsobují vegetaci.
Vegetaci intenzivních zelených střech tvoří rostliny s vysokou estetickou a užitnou hodnotou, výběr je omezen těmi faktory prostředí, které nelze dostupnými technickými prostředky upravit.
Mocnost vegetačního souvrství intenzivních zelených střech odpovídá velikosti a nárokům použitých rostlin a obvykle je vyšší než 300 mm. Povrch vegetačního souvrství bývá často modelován a v některých částech pak může být mocnost i nižší. Intenzivní zelené střechy jsou obvykle pochozí nebo pobytové a bývají doplněné zpevněnými plochami a mobiliářem. Vyžadují samostatný zavlažovací systém.

Typy porostu
Intenzivní zelené střechy mohou zahrnovat téměř neomezenou rozmanitost výběru rostlin a designu, podobně jako zahrady na rostlém terénu. Případná omezení závisí na konkrétním objektu, lokalitě a stanovišti. Vegetaci intenzivních zelených střech tak mohou tvořit prakticky všechny typy porostů:
Trávník – travní porost bez příměsi dvouděložných rostlin, intenzivně zavlažovaný a hnojený, pravidelně kosený na malou výšku vícekrát ročně (v období bujného růstu každý týden).
Trvalky – viz polointenzivní střechy.
Keře – viz polointenzivní střechy.
Stromy – pro střešní zahrady se vybírají méně vzrůstné druhy stromů.
Užitkové rostliny – zvláštním typem intenzivních zelených střech jsou zelené střechy umožňující produkci ovoce a zeleniny. Střechy musí být řešeny tak, aby při obdělávání půdy nemohlo dojít k poškození skladby vegetačního souvrství nebo hydroizolace. Ani substráty běžně používané pro zelené střechy nejsou pro pěstování příliš vhodné, s pěstováním zeleniny se tedy musí počítat již při realizaci vegetačních vrstev. Většinou se pro pěstování zeleniny a jiných kultur, kde je třeba obdělávat půdu, využívají nádoby nebo zvýšené záhony.

5.2 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE PŘÍSTUPNOSTI

5.2.1 NEPOCHOZÍ STŘECHY
Nepochozí zelená střecha není primárně určena k pobytu osob. Předpokládá se, že se zde pohybují pouze poučené osoby za účelem kontroly a údržby vegetace, střešních a doplňkových konstrukcí, případně technologických zařízení. Bezpečnost osob by měla být zajištěna prvky osobního jištění. Vzhledem k tomu, že se jedná o plochy obtížně přístupné s omezenou možností údržby, je na těchto střechách žádoucí takový typ souvrství a vegetace, který je dlouhodobě stabilní, nejméně náchylný k zaplevelení a má minimální nároky na údržbu.

5.2.2 POCHOZÍ STŘECHY
Pochozí zelená střecha je přístupná vyhrazenému okruhu poučených osob v omezeném rozsahu (obvykle za účelem pravidelné obsluhy určitého zařízení). Pro tyto účely je vhodné zřídit chodníčky z kameniva, dlaždic, roštů nebo kamene, aby nedocházelo k poškození vegetace. Bezpečnost osob před pádem musí být zajištěna vhodným způsobem.

5.2.3 POBYTOVÉ STŘECHY
Pobytové zelené střechy jsou střechy určené pro pohyb a pobyt osob a bývají běžně přístupné. Mohou to být např. zelené střechy soukromé (terasy a střechy bytů a rodinných domů), vyhrazené (přístupné zaměstnancům a klientům firem a institucí) nebo veřejné (přístupné široké veřejnosti). Bezpečnost osob před pádem musí být zajištěna zábradlím nebo jinou zábranou.

5.3 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE DOPLŇKOVÉ FUNKCE

5.3.1 RETENČNÍ ZELENÉ STŘECHY
Retenční zelené střechy jsou určené převážně k zadržování maximálního množství srážkové vody a zpomalení odtoku do kanalizace.

5.3.2 ZELENÉ STŘECHY PODPORUJÍCÍ BIODIVERZITU
Zelené střechy podporující biodiverzitu jsou navrhované s důrazem na velkou rozmanitost rostlinných a živočišných druhů. Na střechách je možné vytvořit náhradní plochy zeleně s proměnlivou vrstvou substrátu a různorodou vegetací, což vytváří příznivé prostředí pro životní cyklus mnoha druhů rostlin, živočichů a často i vzácných bezobratlých. Biodiverzní zelené střechy představují repliku určitého stanoviště nebo několika stanovišť. Dochází na nich k tzv. přirozené kolonizaci a sukcesi. Rostlinné společenstvo na střeše se neustále mění (např. vyklíčením semen přivátých větrem, případně přinesených ptactvem).

5.3.3 FOTOVOLTAICKÉ ZELENÉ STŘECHY
Fotovoltaické zelené střechy umožňují využití vegetace v kombinaci s fotovoltaickými panely. Při umístění fotovoltaických panelů na zelené střechy se uplatňují synergické efekty příznivé pro výrobu energie. Účinnost fotovoltaiky v letním období při teplotách nad 25 °C obvykle klesá; chladivý efekt vegetace působí proto pozitivně.

5.3.4 PĚSTEBNÍ ZELENÉ STŘECHY
Zelené střechy využité k rostlinné, zahradnické nebo zemědělské výrobě, soukromé nebo komerční. Představují možnost pěstování plodin v hustě zastavěném městském prostředí. V tomto případě není nejdůležitější ekonomický přínos, ale přínos spíše ekologický a sociální. Pěstební zelené střechy představují velký potenciál zejména pro školy či sousedské komunity a sociální zařízení. Střešní farmy se hodí i pro střechy supermarketů či restau-

rací a hotelů, které tak mohou využít čerstvých plodin z vlastní produkce.

5.4 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE SKLADBY VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ

5.4.1 JEDNOVRSTVÁ SKLADBA VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ

V jednovrstvé skladbě plní substrát funkci vegetační, drenážní i hydroakumulační. Jednovrstvá skladba se uplatní především u jednoduchých extenzivních a u šikmých zelených střech. Základním požadavkem je minimální obsah vyplavitelných částic v substrátu a jeho dostatečná propustnost, zajišťující odvádění přebytečné vody.

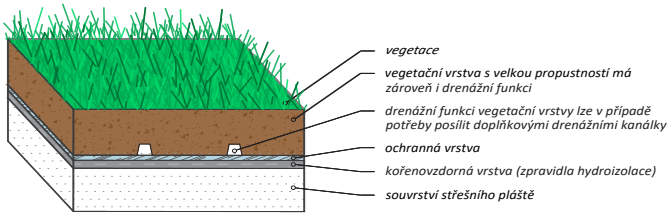
5.4.2 VÍCEVRSTVÁ SKLADBA VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ

Vegetační souvrství se skládá z několika samostatných funkčních vrstev, nejčastěji je tvořeno vrstvou vegetační, filtrační, hydroakumulační, drenážní a ochrannou. Vícevrstvá skladba se uplatní u intenzivních a většiny plochých extenzivních zelených střech.

Obrázek 1: Schémata vegetačních souvrství

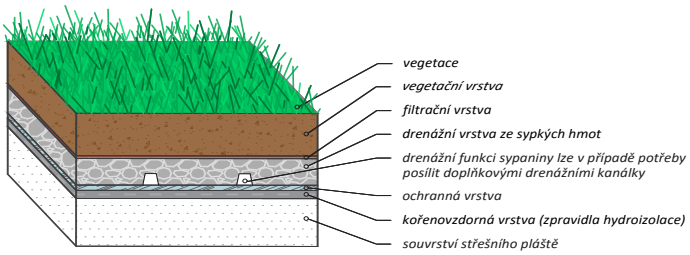
JEDNOVRSTVÁ SKLADBA

Je vhodná pro ***extenzivní jednoduché zelené střechy*** menších rozměrů s vrstvou do 100 mm a ***pro šikmé zelené střechy***.
Vegetační vrstva plní zároveň funkci drenážní, proto musí být její propustnost zvýšená.



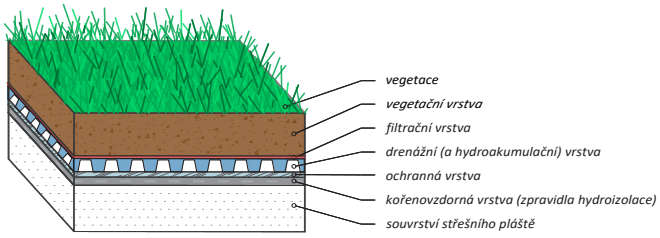
VÍCEVRSTVÁ SKLADBA
S DRENÁŽNÍ SYPANINOU

Je vhodná pro ***extenzivní, polointenzivní a intenzivní střechy***.
Drenážní sypaninou lze vyrovnat spádování střechy tak, aby mocnost vegetační vrstvy mohla být v celé ploše stejná.



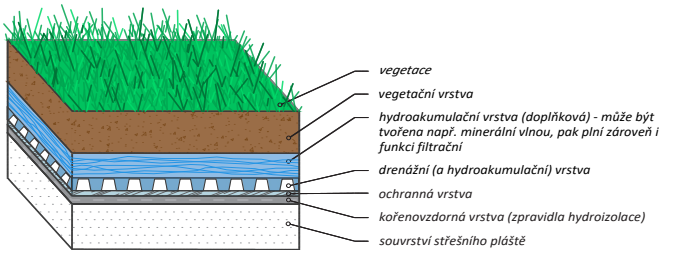
VÍCEVRSTVÁ SKLADBA
S DRENÁŽNÍ NOPOVOU FOLIÍ

Je vhodná pro ***extenzivní, polointenzivní a intenzivní střechy***.
Drenážní funkci mohou plnit i jiné materiály s dostatečnou drenážní kapacitou a potřebnými vlastnostmi.

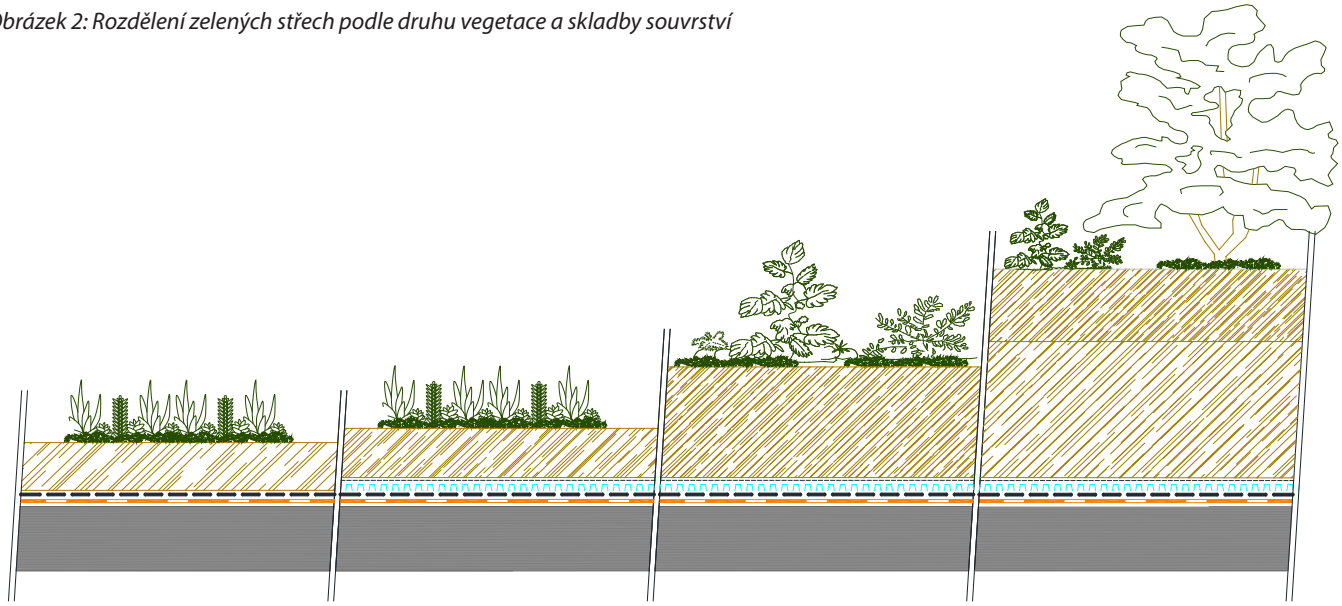


VÍCEVRSTVÁ SKLADBA
SE ZVÝŠENOU HYDROAKUMULACÍ

Je vhodná pro ***zelené střechy s náročnější vegetací*** s vyšší potřebou vláhy a v oblastech s nedostatečným úhrnem srážek.
U extenzivních střech se suchomilnou vegetací je obzvlášť nutný odborný návrh skladby, neboť vyšší hydrokumulace může způsobit zaplevelení a tedy větší nároky na údržbu.



Obrázek 2: Rozdělení zelených střech podle druhu vegetace a skladby souvrství



JEDNOVRSTVÁ SKLADBA	VÍCEVRSTVÁ SKLADBA		
extenzivní vegetace	**extenzivní vegetace**	**polointenzivní vegetace**	**intenzivní vegetace**
Vegetační vrstva se zvýšenou vodopropustností, zpravidla extenzivní střešní substrát bez obsahu vyplavitelných částic.	vegetační vrstva, zpravidla extenzivní střešní substrát	vegetační vrstva, zpravidla extenzívní / intenzívní střešní substrát	vegetační vrstva, zpravidla intenzivní střešní substrát, při mocnosti >350 mm je vhodné použít 1/3 vrchní intenzivní substrát a 2/3 spodní minerální substrát, může být doplněn o hydroakumulační vrstvu
	filtrační vrstva		
	drenážní vrstva		
ochranná a separační vrstva			
hydroizolace odolná proti prorůstání kořenů			
mocnost souvrství <100 mm	mocnost souvrství 60–150 mm	mocnost souvrství 150–350 mm	mocnost souvrství >200 mm
Plošná hmotnost souvrství 80–150 kg·m^{-2}	Plošná hmotnost souvrství 90–200 kg·m^{-2}	Plošná hmotnost souvrství 200–400 kg·m^{-2}	Plošná hmotnost souvrství > 300 kg·m^{-2}
Uvedené hodnoty mocnosti a plošné hmotnosti slouží pouze jako příklad, jsou orientační a vztahují se na modelové vegetační souvrství ve stavu nasyceném vodou. Podle konkrétních použitých materiálů se mohou i výrazněji lišit. Mocnosti souvrství viz Tab. 2.			

5.5 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE SKLONU

5.5.1 PLOCHÁ STŘECHA

- střecha se sklonem vnějšího povrchu α ≤ 5°,

5.5.2 ŠIKMÁ STŘECHA

- střecha se sklonem vnějšího povrchu 5° <α ≤ 45°; s ohledem na konstrukci vegetačního souvrství a zajištění proti sjíždění vrstev dělíme šikmé střechy na střechy s mírným sklonem 5–20°a s velkým sklonem 20–45°,

5.5.3 STRMÁ STŘECHA

- střecha se sklonem vnějšího povrchu 45° <α ≤ 90°.

Poznámka: dělení podle ČSN 731901:2011. [1]

5.6 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE PROSTOROVÉ VAZBY NA TERÉN

Podle prostorového vztahu k parteru nebo rostlému terénu vymezujeme tři základní typy zelených střech:

5.6.1 V ÚROVNI S PARTEREM

Střešní zahrady v úrovni s parterem představují velmi cenné veřejné prostory. Bývají vnímány jako neodmyslitelná součást města a uživatel zpravidla netuší, že se pohybuje na stropní konstrukci podzemního objektu. Takový objekt může plnit nejrůznější funkce – např. podzemní garáže, stanice metra, obchody, občanská vybavenost apod. Tyto úpravy jsou s ohledem na intenzitu provozu zakládány nejčastěji jako intenzivní zelené střechy.

5.6.2 V DOTYKU S PARTEREM

Střešní zahrady v dotyku s parterem představují silný nástroj architektů při hledání nových forem utváření především městských prostorů. Použití tohoto typu střešní zahrady ve volné krajině umožňuje začlenění budovy nebo její části do okolního prostředí. Především s ohledem na extrémní podmínky pro vegetaci jsou tyto úpravy nejčastěji zakládány jako extenzivní, popř. polointenzivní zelené střechy.

5.6.3 BEZ DOTYKU S PARTEREM

Střešní zahrady mimo dotyk s parterem jsou nejčastějším typem střešních zahrad. Tyto úpravy mohou plnit nejrůznější funkce při respektování provozních a kompozičních omezení, která vyplývají z funkce objektu a požadavku uživatele. Těmto omezením musí odpovídat i forma střešní zahrady – extenzivní, intenzivní, resp. polointenzivní zelená střecha.

6 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VOLBU VHODNÉHO TYPU VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ A FORMY VEGETACE

- způsob využití (bez využití, příležitostný pobyt osob, trvalý pohyb osob, provoz veřejnosti, provoz vozidel, soukromá nebo komerční zemědělská/zahradnická činnost),
- stavebně technické podmínky (nosnost stavební konstrukce, sklon, způsob odvádění srážkové vody, skladba střešního pláště),
- konkrétní podmínky stanoviště (např. orientace ke světovým stranám, odraz světla nebo zastínění, větrná poloha, srážkový stín),
- výška objektu a jeho umístění v krajině (viditelnost střechy, namáhání sáním větru),
- možnosti následné údržby (přístupové cesty, možnost využití mechanizace, likvidace odpadu, finanční stránka).

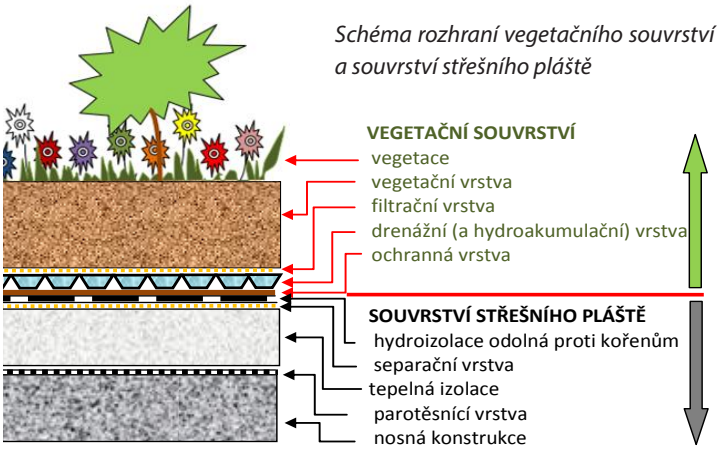


Schéma rozhraní vegetačního souvrství a souvrství střešního pláště

7 STŘEŠNÍ KONSTRUKCE PRO ZELENÉ STŘECHY

7.1 OBECNĚ

Zelené střechy – tedy střechy s vegetačním souvrstvím – patří mezi střechy s provozním souvrstvím, podobně jako balkony, lodžie a terasy. Na rozdíl od klasických plochých nebo šikmých střech mají zelené střechy řadu technických podmínek a požadavků nejen na nosnou konstrukci, ale i na výběr a vlastnosti vhodných výrobků tvořících souvrství jejich střešního pláště.

Vegetační souvrství se nejčastěji realizuje na plochých střechách, které ze stavebního hlediska mohou být provedeny jako:

- **nezateplené střechy (bez tepelné izolace),** např. nad otevřenými skladovacími nebo garážovými prostorami, pergolami, přístřešky a altány, na kterých se zpravidla realizují jen extenzivní zelené střechy,
- **jednoplášťové ploché střechy s klasickým pořadím vrstev,** které jsou definovány jako střechy oddělující chráněné vnitřní prostředí od vnějšího jedním pláštěm,
- **jednoplášťové ploché střechy s opačným pořadím vrstev** (také označované jako střechy obrácené nebo střechy inverzní), které jsou definovány jako střechy s hydroizolační vrstvou umístěnou pod vrstvou tepelně izolační,
- **DUO střechy,** tedy kombinace skladby jednoplášťové střechy s klasickým pořadím vrstev a obrácené střechy. Skladba DUO střechy se používá jak u rekonstrukcí stávajících plochých střech kde je požadováno jejich doteplení, tak u nových střech, kde je kladen požadavek na minimalizování prochlazování nosné konstrukce střešního pláště podchlazenou dešťovou vodou, nebo požadavek na ochranu hydroizolace či vyšší zatížitelnost tepelné izolace klasické jednoplášťové střechy,
- **dvouplášťové větrané ploché střechy,** které jsou definované jako střechy oddělující chráněné vnitřní prostředí od vnějšího dvěma střešními plášti, mezi nimiž je větraná vzduchová vrstva.

Při sklonech střech nad 5° (tedy již u šikmých, strmých nebo geometricky zakřivených střech) je podkladem pro vegetační souvrství zelené střechy souvrství střešního pláště obvyklé pro jednoplášťové střechy. Střechy se sklonem nad 3° (tedy nad 5,2 %) již musí mít vhodným způsobem zajištěno souvrství střešního pláště proti sjíždění (viz kapitola 7.9).

Z hlediska technického provedení se bude vždy jednat o střechy s povlakovými hydroizolacemi (tedy z asfaltových pásů nebo z hydroizolačních fólií). Výběr vhodných výrobků včetně jejich pokládky musí odpovídat technické specifikaci výrobce.

Pro realizaci vegetačního souvrství na šikmých a strmých střechách platí speciální podmínky a požadavky (viz kapitola 7.9 Požadavky na souvrství střešního pláště šikmých, strmých nebo geometricky zakřivených střech s vegetačním souvrstvím a dále kapitola 9 Vegetační souvrství šikmých zelených střech.)

7.2 DISPOZIČNÍ POŽADAVKY

Plochy určené pro vegetaci musí splňovat podmínky pro život a růst rostlin. Problematické jsou následující plochy:

- v dešťovém stínu, (zakrytá místa, kam neprší),
- v uzavřeném atriu (kde v létě dochází k významnému zvyšování teploty nebo nedostatečné výměně vzduchu),
- místa s dlouhodobým intenzivním prouděním vzduchu, např. vlivem okolní zástavby,
- v blízkosti komínů nebo výdechů od technologických zařízení či vzduchotechniky (vliv soustavného působení vysokých nebo nízkých teplot, proudění vzduchu, chemických látek). Zde je nutné zvážit výběr vhodných rostlin, případně nahradit vegetaci v potřebném rozsahu praným kamenivem.
- na vysokých budovách z hlediska větrné expozice, zejména sání větru a rychlosti proudění větru (viz kap. 7.10 Ochrana proti účinkům větru).

Orientace zelené střechy vůči světovým stranám má vliv na výběr vhodných rostlin a případné provozní využití pro pohyb a pobyt osob. Střecha na severní straně objektu bude mít jiné tepelné namáhání a ve spojení s terasou i menší provozní využití než střecha orientovaná na jižní nebo západní stranu objektu.

7.3 TECHNICKÉ POŽADAVKY

- dostatečná únosnost nosné konstrukce střešního pláště,
- hydroizolace střechy odolná proti prorůstání kořenů rostlin (podle obvyklých lokálních nebo mezinárodních standardů, v ČR podle ČSN EN 13948:2007 [2], FLL),
- dostatečná pevnost tepelné izolace v tlaku (u střech s tepelnou izolací),
- kvalitní parozábrana vyhovující z hlediska požadavků stavební fyziky,
- splnění tepelně technických požadavků (např. vliv využití interiéru pod střechou)[2]. Je proto nutné vždy zvážit a následně ověřit tepelně technickým výpočtem výběr vhodných výrobků, zejména materiálové provedení hydroizolace, druh a tloušťku tepelné izolace, druh parozábrany, případně dalších vrstev, a někdy i nosné konstrukce střechy.

Návrh střešního pláště zelené střechy, včetně nezbytných detailů střechy, statického a tepelně technického posouzení střechy (s tepelně technickým výpočtem) musí být zpracován autorizovaným projektantem, v souladu s požadavky českých technických norem a ostatních předpisů.

7.4 POŽADAVKY NA VRSTVY STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ PLOCHÝCH STŘECH

7.4.1 NOSNÁ KONSTRUKCE STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ

Používají se zpravidla tyto nosné konstrukce:

- železobetonová monolitická nebo prefabrikovaná,
- keramická (nebo keramobetonová) skládaná nosná konstrukce,
- ocelová konstrukce s nosným trapézovým plechem,
- dřevěné bednění s dřevěnou nosnou konstrukcí.

Z hlediska únosnosti i možného provozního využití zelené střechy je nejvhodnější železobetonová konstrukce střešního pláště. Lehké jednoplášťové střešní konstrukce (na trapézovém plechu nebo na dřevěném bednění) lze použít jen u extenzivních zelených střech.
Zatížení nosné konstrukce střechy s vegetačním souvrstvím závisí na:

- typu zeleně,
- hmotnosti celého souvrství střešního pláště včetně všech vrstev vegetačního souvrství při jeho maximálním nasycení vodou,
- zatížení sněhem v dané lokalitě podle mapy sněhových oblastí,
- zatížení sáním větru (viz kapitola 7.10 Ochrana proti účinkům větru),
- požadovaném užitném zatížení.[3]

Technické parametry vegetačního souvrství zelených střech podle druhu vegetace – orientační údaje

Vegetační souvrství extenzivní zelené střechy má obvykle malou mocnost, cca 60–150 mm a plošnou hmotnost v nasyceném stavu 90–200 $kg \cdot m^{-2}$,
Vegetační souvrství polointenzivní zelené střechy je přechodovým typem mezi extenzivním a intenzivním souvrstvím. Jeho mocnost se pohybuje cca mezi 150–350 mm, plošná hmotnost v nasyceném stavu je cca 200–400 $kg \cdot m^{-2}$.
Vegetační souvrství intenzivní zelené střechy má mocnost zpravidla 300 mm a více, jeho plošná hmotnost v nasyceném stavu závisí na skutečné tloušťce a materiálovém provedení vegetační vrstvy, a na druhu zeleně a je obvykle vyšší než 300 $kg \cdot m^{-2}$. V případě větší mocnosti souvrství může být plošná hmotnost výrazně vyšší a je třeba ji individuálně stanovit pro konkrétní situaci. V případě provozního využití pro pohyb a pobyt osob je nutné zohlednit užitné zatížení předepsané pro terasy.
Dále je třeba zohlednit:

- přitížení nosné konstrukce střechy obsypem z kameniva, který je vyžadován z technických a z požárních důvodů,
- případy rozmístění velkoobjemových nádob s vegetací se započtením hmotnosti stromů a keřů v jejich cílové velikosti (jejich hmotnost by mohla i několikrát překročit běžné normové užitné zatížení uvažované pro návrh či posouzení stávající nosné konstrukce střechy),
- splnění normových požadavků na maximálně dovolený průhyb nosné konstrukce u lehkých střech s nosnou konstrukcí z trapézového plechu nebo z dřevěného bednění.

---

2 Z hlediska vnitřní teploty a relativní vlhkosti v interiéru bude jistě rozdíl v požadavcích na souvrství střešního pláště bytového objektu nebo plaveckého bazénu.

3 ČSN EN 1991-1-1 (730035) Eurokód 1:2004. Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

7.4.2 DALŠÍ VRSTVY STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ PLOCHÝCH STŘECH

7.4.2.1 OCHRANNÁ VRSTVA

Ochranná vrstva chrání povlakovou hydroizolaci střechy před mechanickým poškozením dynamického nebo statického charakteru – a to jak při vlastní realizaci vegetačního souvrství, tak při následné údržbě zeleně. Ochrannou vrstvu obvykle tvoří geotextilie s předepsanou plošnou hmotností nebo jiné vhodné výrobky. Je součástí vegetačního souvrství (viz kapitola 8.4 Ochranná vrstva).

7.4.2.2 HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA

Jako vodotěsnou izolaci plochých, šikmých i strmých zelených střech lze použít jen spojitou povlakovou izolaci (asfaltové pásy nebo hydroizolační fólii). Nelze použít skládanou krytinu. Požadavky na hydroizolační vrstvu platí nejen pro vlastní hydroizolační materiál, ale i pro všechny prvky, které hydroizolační vrstva obsahuje, zejména střešní vtoky, prostupy atd.

Požadavky na materiál

- souvrství nejméně dvou hydroizolačních modifikovaných asfaltových pásů,

nebo

- jedna vrstva hydroizolační fólie tloušťky minimálně 1,5 mm (lépe 1,8 mm – v závislosti na druhu fólie),

nebo

- vícevrstvý fóliový systém.

Základní podmínkou je dlouhodobá odolnost hydroizolace vůči prorůstání kořenů rostlin. Této podmínce však nevyhoví běžné povlakové izolace. Většina výrobců asfaltových pásů nebo hydroizolačních fólií proto k vytvoření vodotěsné izolace zelených střech nabízí speciální výrobky, které prošly zkouškami[4] a disponují příslušným atestem. U zahraničních výrobků je to zpravidla tzv. atest FLL. V České republice se hydroizolační výrobky zkouší podle ČSN EN 13948:2007 [2] a výsledky zkoušky jsou následně uvedeny v Protokolu o zkoušce nebo v Prohlášení o vlastnostech.

U modifikovaných asfaltových pásů je odolnost proti prorůstání kořenů rostlin zajištěna obvykle pomocí speciálních přísad v asfaltové krycí hmotě.[5] Hydroizolace z modifikovaných asfaltových pásů se provádí alespoň dvouvrstvá, kde uvedenou podmínku odolnosti proti prorůstání kořenů rostlin musí vždy splňovat vrchní hydroizolační asfaltový pás. V případě náročných požadavků na vegetaci nabízí někteří výrobci na vytvoření dvouvrstvé hydroizolace i spodní modifikované asfaltové pásy odolné proti prorůstání kořenů rostlin.[6]

Požadavky na provedení

Hydroizolace musí být v souladu s požadavky ČSN 73 1901:2011 [1] vyvedena na nadstřešní zdivo, atiky, světlíkové obruby, prostupy potrubí apod. do výšky nejméně 150 mm nad povrch vegetačního substrátu nebo obsypu z kameniva. Vegetační souvrství nesmí mechanicky narušit hydroizolaci střechy.

Pokud je vegetační souvrství provedeno jen na části střechy nebo je zelená střecha kombinovaná s terasou či parkovištěm, zpravidla se doporučuje, aby byla hydroizolace odolná proti prorůstání kořenů rostlin položena nejméně 2 m za vnějším obvodem ozeleněné plochy (v závislosti na druhu rostlin a na provedení souvrství terasy či parkoviště).

Odolnost hydroizolace proti UV záření

Je nutné dodržet požadavek dlouhodobé odolnosti povlakové hydroizolace vůči UV záření a povětrnostním vlivům. Některé hydroizolační pásy nebo hydroizolační fólie odolné proti prorůstání kořenů rostlin nejsou rezistentní vůči UV záření a povětrnostním vlivům (např. vyšším teplotám). Jsou to např. „černé“ asfaltové pásy bez ochranného posypu z drcené břidlice nebo hydroizolační fólie některých výrobců. Není-li hydroizolace odolná proti UV záření nebo atmosférickým vlivům, nesmí být překročena doba maximální expozice stanovená výrobcem a je nutné zajistit neprodlenou realizaci vegetačního souvrství, které ji před těmito účinky spolehlivě ochrání. Tyto výrobky proto také nejsou použitelné na vytvoření hydroizolace pod dlažbou na podložkách (terčích), protože mezerami mezi dlaždicemi proniká k povrchu hydroizolace UV záření. Všechny části střechy, na kterých může být hydroizolace vystavena účinkům UV záření a povětrnostním vlivům musí být provedeny z výrobků, které jsou vůči nim odolné. Jedná se zejména o opracování atik, napojení na nadstřešní zdivo, prostupy střešním pláštěm, světlíkové obruby, rámy střešních oken apod.

Zkoušky vodotěsnosti střešního pláště

S ohledem na to, že vegetační souvrství (někdy i s velkou výškou vegetační vrstvy) překryje hydroizolaci střechy, bývá velmi nákladné dodatečné vyhledávání její netěsnosti. Nelze ani vyloučit poškození hydroizolace při realizaci vegetačního souvrství střechy, a bývá proto velmi problematické následné zjišťování míry zavinění. Doporučuje se proto před realizací vegetačního souvrství provést vhodným způsobem zkoušku vodotěsnosti střešního pláště (nejlépe za účasti zástupce firmy, která bude realizovat vegetační souvrství na střeše) a s výsledky prokazatelně seznámit všechny zúčastněné. Zkoušek vodotěsnosti je celá řada – např. impedanční defektoskopie[7], jiskrová, zátopová, podtlaková zkouška spojů, přetlaková zkouška, nebo termografická defektoskopie. Při použití zátopové zkoušky vodotěsnosti musí statik předem prokazatelně

---

4 Při těchto zkouškách byly výrobky vystaveny po předepsané vegetační období účinkům vybraných agresivních kořenů rostlin. Při zkouškách se prověřuje, zda nedošlo k prorůstání kořenů rostlin jak v ploše zkoušeného hydroizolačního výrobku, tak v jeho spojích.

5 V minulosti se používaly na vytvoření vodotěsné izolace zelených střech i speciální asfaltové pásy se zabudovanou měděnou fólií, u kterých však byl z hlediska prorůstání kořenů rostlin problematický spoj navazujících asfaltových pásů v místě jejich podélného a příčného přesahu.

6 S ohledem na dlouhodobou spolehlivost hydroizolace vystavené účinkům kořenů rostlin je proto nutné použití konkrétních výrobků výhradně podle pokynů výrobce, zejména v případě zelených střech s intenzivní zelení (některé hydroizolační výrobky mohou být určené jen na vytvoření hydroizolace střech s extenzivní zelení).

7 Impedanční defektoskopie patří v současné době k nejpoužívanějším defektoskopickým metodám a je výrazně spolehlivější než ostatní zkoušky, tj. zejména jiskrová nebo tlakové.

potvrdit únosnost podkladních vrstev a nosné konstrukce střešního pláště na tíhu napuštěné vody.
Do skladby střešního pláště je možné zabudovat kontrolní (např. elektronický) systém, který umožňuje kontrolovat stav střešního pláště průběžně – tj. v době jeho životnosti.

7.4.2.3 SEPARAČNÍ VRSTVA

Úkolem separační vrstvy je vzájemné oddělení dvou vrstev střešního pláště z výrobních, mechanických, chemických či jiných důvodů. Separační vrstva se používá zpravidla u jednoplášťových plochých střech s hydroizolací z hydroizolační fólie (obvykle z měkčeného PVC-P), u střech s opačným pořadím vrstev nebo DUO střech. Při přímém kontaktu tepelné izolace z pěnového polystyrenu EPS nebo z extrudovaného polystyrenu XPS s hydroizolační fólií z PVC-P dochází totiž k výraznému migrování změkčovadel z PVC do pěnového či extrudovaného polystyrenu – a tím jak k rychlému stárnutí hydroizolační fólie, tak k poškození struktury EPS nebo XPS. Separační vrstva proto navzájem odděluje chemicky nekompatibilní materiály. Zpravidla se používá separační geotextilie o hmotnosti 300 $g \cdot m^{-2}$ nebo skelná rohož o hmotnosti minimálně 120 $g \cdot m^{-2}$.
U střech s opačným pořadím vrstev se v případě realizace vegetačního souvrství na povrchu tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu XPS (s ohledem na jeho nižší tepelnou odolnost) doporučuje vytvořit separační vrstvu z nenasákavé geotextilie světlé barvy s plošnou hmotností optimálně 140 $g \cdot m^{-2}$, výjimečně až 200 $g \cdot m^{-2}$ (podle doporučení výrobce XPS).

7.4.2.4 TEPELNĚ IZOLAČNÍ VRSTVA (TEPELNÁ IZOLACE)

Tepelnou izolaci souvrství střešního pláště zelených střech mohou tvořit jen takové tepelně izolační materiály, které mají potřebné technické parametry – zejména pevnost v tlaku a malou stlačitelnost. Z hlediska tepelně technických požadavků má však významnou roli i faktor difúzního odporu μ a součinitel tepelné vodivosti λ tepelně izolačního materiálu. V zásadě je možné použít tyto základní druhy tepelných izolací:

- pěnový polystyren EPS – v několika typech podle pevnosti v tlaku v kPa při 10% stlačení (EPS 100, EPS 150 či nejpevnější EPS 200),
- pěnový polyuretan PUR nebo PIR[8] – má vynikající hodnoty součinitele tepelné vodivosti, umožňuje tedy významně snížit stavební výšku souvrství střešního pláště pod vegetačním souvrstvím. Pevnost v tlaku pěnového polyuretanu PIR se u některých výrobků blíží hodnotám pěnového polystyrenu EPS 150.
- extrudovaný polystyren XPS (u střech s opačným pořadím vrstev a DUO střech lze použít jen tento materiál). Jeho trvalá tepelná odolnost bývá však jen +70 °C (při vyšší teplotě může docházet k nevratné deformaci desek XPS). Při použití nevhodné separační geotextilie tmavé barvy položené na této tepelné izolaci hrozí v létě na rozpracované střeše riziko přehřátí desek z XPS a jejich následné tvarové deformace (zkroucení). Proto se zpravidla doporučuje použití separační geotextilie světlé barvy (viz 7.4.2.3). Vhodnost a způsob zabudování extrudovaného polystyrenu XPS do souvrství střešního pláště zelené střechy by měl zejména s ohledem na jeho dlouhodobou trvanlivost a potřebnou odolnost proti prorůstání kořenů rostlin prokazatelně potvrdit jeho výrobce. Pro obrácené střechy a DUO střechy je nutné neprodlené přitížení vegetačním souvrstvím, zajišťujícím stabilitu celého střešního pláště proti sání větru a proti rozplavání volně položené tepelné izolace při přívalovém dešti.
- pěnové sklo – používá se jen v tzv. kompaktní skladbě ploché střechy. Při pokládce do horkého asfaltu nebo speciálních asfaltových lepidel za studena včetně celoplošně slepených spár vytvoří zároveň i skutečně parotěsnou vrstvu. Kompaktní skladby s tepelnou izolací z pěnového skla vynikají vyšší hydroizolační bezpečností (v závislosti na použitých asfaltových pásech) a trvanlivostí, zároveň mají vysokou pevnost v tlaku.
- tuhé desky z minerální vlny – lze použít v mimořádných případech u střech s vhodnou skladbou celoplošně působícího vegetačního souvrství zelené střechy s extenzivní zelení.

UPOZORNĚNÍ: Ve vegetačním souvrství plochých střech se dnes běžně používají tzv. nopové (profilované) fólie (obvykle vyráběné z vysokohustotního polyetylenu HDPE nebo HIPS), které zpravidla tvoří hydroakumulační a drenážní vrstvu, v případě produktů s nakašírovanou textilií tvoří současně také filtrační nebo i separační vrstvu. Dosedací plocha nopů těchto tuzemských i zahraničních nopových fólií však někdy nepřesahuje 10 % jejich celkové plochy. Ve svých důsledcích to však znamená poměrně velké bodové zatížení hydroizolace a zejména tepelné izolace střešního pláště. Při překročení přípustných hodnot možného trvalého zatížení tepelné izolace proto může dojít k zatlačování nopů přes hydroizolační vrstvu do tepelné izolace a k následnému poškození hydroizolace. Zároveň se tím výrazně sníží drenážní schopnost zatlačené nopové fólie.[9] Z tohoto důvodu je nutné zvolit vhodnou nopovou fólii s maximální dosedací plochou nopů a navrhnout odpovídající druh tepelné izolace střechy (např. pevnější typ pěnového polystyrenu EPS 150 nebo EPS 200) či zajistit roznesení zatížení od nopů nopové fólie vhodným způsobem.
Navazuje-li zelená střecha na terasy, chodníky nebo parkoviště, má na výběr vhodné tepelné izolace (někdy i vodotěsné izolace) výrazný vliv nejen zatížení předepsané pro tyto pochozí nebo pojížděné plochy, ale i vlastní provedení těchto ploch.[10]

---

8 Výrobky z tvrdé polyuretanové pěny PUR se vyrábí průmyslovým způsobem vysokotlakým směšováním izokyanátu a polyolu s různými přísadami. Tepelná izolace PIR, je pěnový polyizokyanurát s vyšším podílem izokyanátu ve směsi izokyanát a polyol. Tento výrobek má oproti klasickému pěnovému polyuretanu PUR lepší vlastnosti, lepší tepelně izolační vlastnosti, vyšší rozměrovou stabilitu a vyšší napětí v tlaku.

9 Například při běžně používané mocnosti vegetačního substrátu 100 mm u střech s extenzivní zelení je plošná hmotnost celého vodou nasyceného vegetačního souvrství cca 150 $kg \cdot m^{-2}$ a s připočtením hmotnosti sněhu v zimě např. 70 $kg \cdot m^{-2}$ dosahuje celková hmotnost souvrství ležícího na nopové fólii hodnoty 220 $kg \cdot m^{-2}$. V úrovni nopů je však jejich malou kontaktní dosedací plochou přenášen na hydroizolaci tlak odpovídající hodnotě až 2 200 $kg \cdot m^{-2}$.

10 Například v případě teras působí dlažba na podložkách (terčích) vůči hydroizolaci a tepelné izolaci velkým zatížením v soustředěném tlaku a zároveň umožňuje přístup UV záření mezerami mezi dlaždicemi k někdy nechráněné hydroizolaci klasické jednoplášťové střechy. Musí proto být použita jak

7.4.2.5 PAROTĚSNICÍ VRSTVA (PAROZÁBRANA)

Je definována jako hydroizolační vrstva podstatně omezující či téměř zamezující pronikání vodní páry z vnitřního prostředí do stavební konstrukce nebo do vnitřního či vnějšího prostředí. Provedením vegetačního souvrství, které bývá kvůli hydroakumulační vrstvě a někdy i vzhledem k pravidelnému zavlažování zelené střechy po většinu roku vlhké, se významně sníží prostup vodní páry střešním pláštěm. Vegetační souvrství totiž významně omezuje pozitivní vliv slunečního záření na vypařování vodní páry ze střešního pláště do exteriéru. Mohlo by proto docházet k trvalému nárůstu zkondenzované vodní páry ve střešním plášti. Kvalitní parozábrana (parotěsnicí vrstva) je tak vždy nutnou součástí střechy s vegetačním souvrstvím. Z hlediska vzduchotěsnosti i parotěsnosti střešního pláště má mimořádný význam zejména u střech s nosnou konstrukcí z trapézového plechu nebo z dřevěného bednění.

V souvrství střešního pláště střech s vegetačním souvrstvím by proto měly být používány kvalitní parozábrany, které mají výrobcem garantovanou hodnotu tzv. ekvivalentní difuzní tloušťky $s_d \geq 1500$ m (podrobněji viz literatura). Parotěsnící vrstva z asfaltových pásů musí splňovat požadavky ČSN 73 0605-1:2014 [3]. Výběr vhodné parozábrany se musí prověřit tepelně technickým výpočtem – detailněji viz kapitola 7.19 Tepelně technické posouzení zelených střech.

7.4.2.6 SPÁDOVÁ VRSTVA

Spádová vrstva zajišťuje sklon střešního pláště k odvodňovacím prvkům. Sklon může být vytvořen:

- nosnou konstrukcí střechy (lehké střechy z trapézového plechu nebo z dřevěného bednění),
- spádovou vrstvou z lehčených nebo prostých betonů (u nosné železobetonové konstrukce),
- spádovou vrstvou z tepelně izolačních materiálů pomocí spádových desek neboli klínů (z pěnového polystyrenu EPS, pěnového polyuretanu PUR, PIR, pěnového skla, výjimečně z tuhých desek z minerální vlny).

7.5 OBSYP Z PRANÉHO KAMENIVA

Obsyp se provádí kolem:

- obvodu střechy,
- atik,
- napojení na okraje střechy a nadstřešní zdivo,
- obrub světlíků a střešních oken,
- objektových dilatačních spár,
- odvodňovacích zařízení – střešních vtoků a žlabů,
- prostupů potrubí,
- technických a technologických zařízení na střeše.

Šířka obsypu z praného kameniva (oblázků) frakce 16/22 až 16/32 mm je minimálně 500 mm (u velmi malých střech samostatných přízemních objektů lze zvážit zúžení), výška obsypu většinou koresponduje s mocností souvrství, minimálně činí 50 mm.

Obsyp usnadňuje kontrolu a údržbu střechy a redukuje možnost pronikání kořenů rostlin do odvodňovacích prvků a pod oplechování.

Obsyp je požadován především z požárních důvodů (někdy i ve větší šířce) a s ohledem na účinky sání větru (u vyšších objektů s ohledem na sání větru i ve větší šířce a tloušťce dle požadavků statika). Chrání fasádu nadstřešního zdiva proti znečistění odstřikující vodou při dešti a snižuje riziko vyplavení rostlin vodou stékající ze zasklených ploch světlíků, atik a fasád. Obsyp může být oddělený od vegetačního souvrství lemovacími prvky (např. perforovanými hliníkovými, nerezovými nebo plastovými profily) nebo filtrační vrstvou.

7.6 SKLON

Obecně je u nás doporučený minimální sklon ploché střechy 3 %. Norma ČSN 73 1901 [1] uvádí, že „kaluže se obvykle tvoří při sklonu povrchu střechy do 3 %“. Kaluže vody mají zejména v případě extenzivních zelených střech negativní vliv na vegetaci i na vlastnosti a životnost hydroizolace. U lehkých střech s nosnou konstrukcí z trapézového plechu nebo s dřevěnou nosnou konstrukcí se doporučuje ověřit výpočtem průhyb střešního pláště při jeho možném maximálním zatížení, aby se vyloučil možný dodatečný vznik kaluží na střeše. V zahraničí je doporučován minimální sklon ploché střechy 2 %, ale realizují se i ploché střechy bez sklonu, a to pro intenzivní vegetační souvrství s trvalou hladinou vody v hydroakumulační vrstvě.[11] V případě, že se kombinuje zelená střecha s terasou, doporučuje se, aby sklon povrchu pochozí plochy terasy byl 1,5 až 2 % k odvodňovacím prvkům.

7.7 ODVODNĚNÍ STŘECH

Gravitační odvodnění zelených střech se provádí zpravidla pomocí střešních vtoků (ploché střechy) nebo odvodňovacích žlabů (ploché i šikmé střechy).

Jedna střešní plocha má být odvodněna nejméně dvěma střešními vtoky. Střechy s vnitřním odvodněním musí mít bez ohledu na velikost střechy alespoň jeden bezpečnostní (nouzový) přepad viz ČSN 75 6760:2014 Vnitřní kanalizace [4]. Použije-li se u malých střech jeden vtok, měl by být vždy doplněn bezpečnostním (nouzovým) přepadem.

Odvodňovací prvky musí být trvale přístupné pro pravidelnou kontrolu a čistění. Doporučuje se vždy používat systémové střešní vtoky nebo přepady s napojovací manžetou, u klasických plochých střech s tepelnou izolací a parozábranou je třeba aplikovat vtoky dvoustupňové.

Okolí střešních vtoků i bezpečnostních přepadů musí být udržováno bez zeleně, musí umožnit volný odtok vody a vizuální kontrolu. Z tohoto důvodu se nad střešní vtoky zelených střech umisťují kontrolní šachty.

---

vhodná hydroizolace, tak tepelná izolace. Je třeba posoudit soustředěné zatížení přenášené z terasy přes terč na tepelnou izolaci, a podle tohoto volit velikost terče (roznášecí plochy), druh a pevnost tepelné izolace, či další úpravy.

11 Zelené střechy s trvalou vodní hladinou není ale možné realizovat u střech s opačným pořadím vrstev – došlo by k poškození tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu XPS.

Poznámka:

- *V místech odvodňovacích žlabů se doporučuje vždy provést pruh z praného říčního kameniva (např. z oblázků) frakce 16/22 až 16/32 mm v šířce 500 mm na obě strany od osy žlabu.*
- *Kolem kontrolních šachet nad vtoky se provádí obsyp v šířce min. 500 mm.*

Okapové žlaby nesmí zarůstat a nesmí být omezena jejich funkce. Je nutná pravidelná kontrola a čistění odvodňovacího systému zelených střech.

Součinitel odtoku C

(podrobněji viz kapitola 8.5.2 Dimenzování drenážní vrstvy vegetačního souvrství.)

Pro návrh odvodnění plochých i šikmých střech se stanovuje součinitel odtoku C. Součinitel odtoku C je bezrozměrné číslo, jehož maximální hodnota je rovna 1 a jehož použitelná hodnota vyjadřuje schopnost povrchu střechy odvádět srážkovou vodu. Hodnota součinitele odtoku C je ovlivněna mocností a složením vegetační vrstvy, vegetací, sklonem střechy, přítomností dodatečné hydroakumulační vrstvy a klimatickými podmínkami. Kapitola 8.5.2 Dimenzování drenážní vrstvy uvádí součinitele podrobněji pro jednotlivé mocnosti vegetačního souvrství a sklony. Např. při hodnotě součinitele odtoku C = 0,3 odteče 30 % srážkové vody a 70 % zůstane naakumulováno ve vegetačním souvrství.

Při dimenzování odvodňovacího systému budovy se doporučuje přihlédnout k případům, kdy vegetační souvrství není v průběhu stavby ještě realizováno (někdy může být uskutečněno až s větším časovým odstupem), nebo je z jakýchkoli důvodů v budoucnosti odstraněno. Dodatečné zvětšení profilu dešťových odpadních potrubí nebo zvýšení jejich počtu je však téměř vždy nemožné.

Množství srážkových vod odváděných ze střechy a způsob jejich odvedení musí odpovídat podmínkám a požadavkům platným pro dané území a danou stavbu. Vegetační souvrství musí být realizováno vždy, je-li v projektu navrženo za účelem významného snížení odtoku srážkových vod ze střechy (např. do kanalizace). V opačném případě musí být vyšší odtok srážkových vod předem projednán a schválen příslušnými úřady.

7.8 ZŘÍZENÍ VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ NA STÁVAJÍCÍCH PLOCHÝCH STŘECHÁCH

Vegetační souvrství je možné realizovat na stávajících plochých střechách jen při dodržení níže uvedených podmínek a požadavků:

- dostatečná únosnost stávající nosné konstrukce střešního pláště,
- dostatečný sklon střechy k odvodňovacím prvkům – **nikde na střeše by se neměly tvořit kaluže vody.**[12] Norma ČSN 73 1901:2011 [1] uvádí, že u rekonstrukcí střech se sklonem vnějšího povrchu do 3 %, kdy jsou přidány další vrstvy střechy, lze považovat za přijatelné kaluže na povrchu povlakové hydroizolace střechy o hloubce do 10 mm. Na taková místa je nutné upozornit a pomocí vhodné technologie zabránit přemokření vegetačního souvrství.
- významným kritériem pro rozhodování o zřízení zelené střechy je i skutečné využití místností pod střechou (které může být odlišné od původního využití objektu),
- je nutné sondami ověřit skutečné materiálové provedení a stav celého souvrství stávajícího střešního pláště,
- je nutné prověřit existenci, provedení a stav parozábrany ve stávajícím střešním plášti. V případě její absence nebo poškození je kvůli riziku špatných difúzních vlastností střešního pláště instalace zelené střechy nevhodná a může být příčinou závažných technických i hygienických poruch střešního pláště,
- stávající ploché střechy obvykle nevyhoví požadavkům platné tepelně technické normy ČSN 73 0540-2:2011 [5] jak z hlediska požadované hodnoty součinitele prostupu tepla, tak (zejména po započtení uvažovaného vegetačního souvrství zelené střechy) z hlediska difuze vodní páry. Téměř vždy je nutné dodatečně zvýšit tloušťku tepelné izolace střechy a použít hydroizolaci odolnou proti prorůstání kořenů,
- je nutné prověřit, zda je možné zatížit stávající tepelnou izolaci střechy vegetačním souvrstvím (aby nedošlo k její deformaci),
- hydroizolace musí být vyvedena do výšky nejméně 150 mm nad úroveň uvažovaného povrchu vegetační vrstvy nebo obsypu z kameniva. V oblastech s častějším a vydatnějším sněžením může být požadována i vyšší výška. V návaznosti na dodatečnou tepelnou izolaci střechy to může vyvolat nutnost navýšení atik,
- je nutné prověřit a případně doplnit tepelnou izolaci svislých navazujících konstrukčních prvků nad úrovní střechy – např. atik a nadstřešního zdiva;
- na stávající vodotěsnou izolaci je nutné buď provést novou hydroizolaci odolnou proti prorůstání kořenů rostlin, nebo – v případě, že je spolehlivě vodotěsná a bez závad – ji ochránit proti prorůstání kořenů rostlin celoplošnou pokládkou speciální fólie s atestem odolnosti proti prorůstání kořenů (viz ČSN 13 948:2011, FLL) oddělenou od původní hydroizolace vhodnou separační vrstvou. Tato speciální fólie však nenahrazuje hydroizolaci střechy a lze ji použít jen na ploché střechy podle pokynů výrobce.
- je nutné prověřit stav a kapacitu stávajících odvodňovacích prvků (střešních vtoků nebo žlabů) a jejich provedení. Často bývá nezbytná jejich úprava nebo výměna. U střech s obvodovou atikou se doporučuje zvážit osazení bezpečnostních přepadů, u střech s jedním vnitřním vtokem musí být vždy proveden bezpečnostní přepad.
- je-li vstup na střechu zajištěn dveřmi, pak stávající výška dveřního prahu obvykle nevyhoví požadavkům na větší výšku vyvedení hydroizolace. Dveře včetně prahu je pak nutné stavebně upravit.

Přeměna stávající ploché střechy nad mokrými nebo vlhkými provozy na zelenou střechu může být zejména s ohledem na difúzi vodní páry střešním pláštěm problematická, a může být zdrojem závažných poruch střešního pláště a z toho vyplývajících následných hygienických závad v interiéru (plísně).

S ohledem na uvedené významné podmínky pro realizaci vegetačního souvrství zelené střechy na stávajících plochých střechách – zejména statické posouzení únosnosti nosné konstrukce střechy,

12 V místech, kde se tvoří na střeše kaluže vody, může postupně docházet k úhynu vegetace.

stav a provedení stávajícího střešního pláště, jeho tepelně technické posouzení včetně případného posouzení z hlediska požární bezpečnosti je nutné, aby návrh na instalaci zelené střechy zpracoval zkušený autorizovaný stavební projektant.

7.9 POŽADAVKY NA SOUVRSTVÍ STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ ŠIKMÝCH, STRMÝCH NEBO GEOMETRICKY ZAKŘIVENÝCH STŘECH S VEGETAČNÍM SOUVRSTVÍM

V zásadě lze použít všechny předchozí požadavky platné pro ploché střechy s klasickým pořadím vrstev, ale souvrství střešního pláště střech se sklonem nad 3° (tedy nad 5,2 %) již musí být vhodným způsobem zabezpečeno proti sjíždění. Je proto nutné zajistit polohu povlakové hydroizolace a tepelné izolace pomocí vhodných kvalitních kotevních prvků nebo pomocí samostatné doplňkové konstrukce upevněné k podkladu. Nosná konstrukce střechy tak musí umožnit spolehlivé mechanické upevnění (ověřuje se provedením tzv. výtažných zkoušek). V této souvislosti je nutné upozornit na to, že klasické kotevní prvky spolehlivě přenášejí jen osovou tahovou sílu vyvolanou sáním větru, ale nejsou schopné odolávat smykovým silám, které na ně u šikmých nebo strmých střech působí jak hmotností tepelné a vodotěsné izolace, tak od sněhu či od hmotnosti vegetačního souvrství. Z tohoto pohledu jsou nejvíce ohroženy teleskopické kotevní prvky v místě hlavy šroubu v plastovém teleskopu. Teleskopické kotevní prvky jsou tedy vhodné jen pro ploché střechy. U šikmých nebo strmých střech se proto doporučuje zajistit přenášení uvedených smykových sil samostatnou konstrukční úpravou provedenou zpravidla v tepelné izolaci. V případě použití jen mechanického kotvení je na místě využít kovové kotevní prvky s kovovou přítlačnou talířovou podložkou – a kotevní systém přiměřeně předimenzovat (výběr vhodných kotevních prvků je třeba předem konzultovat s jejich výrobcem). Použití vhodných kotevních prvků může limitovat i tloušťka tepelné izolace. V zásadě se tedy používá buď systém kotvené hydroizolace i tepelné izolace pomocí bodových kotevních prvků, nebo se do tepelné izolace osazují v pravidelné rozteči (po vrstevnicích) přikotvené „příčné prahy“ vytvořené z tvarovaných ocelových profilů nebo z dřevěných kotevních fošen. Tvarované ocelové profily (např. „C“ nebo „Z“ profily) se někdy používají u střech s hydroizolační fólií a tepelnou izolací z tuhých minerálních desek. Tvoří však ve střešním plášti nezanedbatelné tepelné mosty. Dosud nejpoužívatelnější jsou (zejména pro povlakové hydroizolace z asfaltových pásů) dřevěné impregnované kotevní fošny nebo hranoly z lepeného dřeva KVH velikosti např. 120 × 40 mm podložené pevnou tepelnou izolací z přířezů z extrudovaného polystyrenu XPS a ukotvené samostatně pomocí kotevních prvků k podkladu. Rozteč fošen nebo hranolů KVH je obvykle doporučována (pro vodotěsnou izolaci z modifikovaných asfaltových pásů) maximálně 5 m do sklonu střechy 20°, při větším sklonu (maximálně do 45°) potom 2,5 m. Takto uchycené kotevní fošny nebo hranoly stabilizují polohu tepelné izolace (která je přilepená, nebo mechanicky upevněná) a zároveň zajišťují polohu hydroizolace proti jejímu sjíždění. Asfaltové pásy nebo hydroizolační fólie se proto kladou „po vodě“ (tedy po sklonu střechy) a v čele pásu se ještě samostatně kotví pomocí kotevních prvků k uvedené kotevní fošně. Vhodnost použití konkrétní materiálové technologie na vytvoření příčných prahů takto zabudovaných do střešního pláště musí s ohledem na jejich dlouhodobou spolehlivost garantovat jejich výrobce. Výrobci asfaltových pásů a hydroizolačních fólií mají často i svá specifická řešení pro provedení střešních plášťů na šikmých a strmých střechách. O materiálovém provedení tepelné izolace šikmých a strmých střech rozhoduje nejen tvar podkladu, její pevnost v tlaku, ale někdy i další její mechanické vlastnosti – jako např. tvarová ohebnost. Převážně se s ohledem na zatížení vegetačním souvrstvím u těchto střech používá tepelná izolace z pěnového polystyrenu EPS nebo z pěnového polyuretanu PUR nebo PIR. Na vytvoření tepelné izolace střech s geometricky zakřivenými proměnlivými plochami je možné obvykle použít tuhé desky z minerální vlny, ale s přihlédnutím k jejich menší pevnosti v tlaku je možné na nich vytvořit jen vhodnou skladbu celoplošně působícího vegetačního souvrství s extenzivní zelení. Byly však realizovány i geometricky složité střechy s tepelnou izolací z pěnového skla, které má vynikající pevnost v tlaku.

Výběr vhodné hydroizolace pro šikmé nebo strmé zelené střechy je velmi důležitý. Hydroizolace těchto střech musí být samozřejmě odolná proti prorůstání kořenů rostlin, ale je rovněž nutné, aby obsahovala kvalitní pevné nosné vložky, které umožní její spolehlivé upevnění k podkladu, a zároveň musí disponovat velkou odolností vůči tepelnému namáhání a UV záření. Z tohoto pohledu obvykle spolehlivě vyhoví kotvená hydroizolační fólie tloušťky nejméně 1,8 mm (podle materiálového provedení fólie) nebo dvouvrstvá vodotěsná izolace z asfaltových pásů – na vytvoření vrchní vrstvy je třeba použít velmi kvalitní výrobky z modifikovaného asfaltu s aditivy proti prorůstání kořenů rostlin. Vhodnost použití konkrétních výrobků na provedení hydroizolace šikmých nebo strmých střech s vegetačním souvrstvím včetně návrhu na jejich pokládku a upevnění musí prokazatelně potvrdit jejich výrobce.

Střechy s větším sklonem vyžadují konstrukční zajištění vegetačního souvrství proti sesuvu (viz kapitola 9 Vegetační souvrství šikmých zelených střech). Protiskluzové zábrany a stabilizační prvky nesmí způsobovat napětí v hydroizolaci. Na spodním okraji šikmé nebo strmé střechy s vegetačním souvrstvím se zpravidla zřizuje staticky zajištěná atika, která zadržuje vegetační souvrství. V tomto případě může být odvodnění šikmých střech provedeno zaatikovým žlabem, prostřednictvím chrličů, nebo skrytou drenáží v kačírkovém pásu (např. drenážními trubkami).

Při realizaci i údržbě šikmých a strmých střech s vegetačním souvrstvím je nutné vhodnými opatřeními zajistit bezpečnost pracovníků proti pádu z výšky.

7.10 OCHRANA PROTI ÚČINKŮM VĚTRU

Významný vliv na rozhodnutí o zřízení zelené střechy má i výška budovy – nejen z hlediska její viditelnosti z okolí, ale především s ohledem na větrnou expozici – tedy namáhání jak sáním větru, tak prouděním větru.

Je-li u klasické jednoplášťové zelené střechy použita volně položená hydroizolace (zajištěná jen po obvodě střechy a kolem prostu-

pů liniovým kotvením), musí být neprodleně zajištěna její stabilita vůči sání větru předepsaným přitížením podle požadavků statika, tedy realizací navrženého vegetačního souvrství včetně obsypů z praného kameniva. Musí být dodržena minimální hmotnost vegetačního souvrství v suchém stavu požadovaná statikem (což může následně ovlivnit druh zeleně). Nedodržení tohoto požadavku může při náhlém poryvu větru způsobit destrukci hydroizolace a její posun s rizikem ohrožení bezpečnosti v okolí objektu. U střech vyšších budov nebo v případě delšího časového odstupu mezi realizací hydroizolace a realizací vegetačního souvrství je zpravidla vždy nutné použít hydroizolaci stabilizovanou např. kotvením nebo lepením. Asfaltové pásy bývají zpravidla nalepeny nebo nataveny na podklad.

Sáním větru jsou nejvíce ohroženy okraje a rohy střechy. V těchto místech se vegetační souvrství nahrazuje například praným říčním kamenivem nebo dlažbou. Standardně se tyto vrstvy provádí po obvodu střechy v šířce minimálně 500 mm. Při velmi exponovaných polohách nebo na vysokých budovách musí způsob stabilizace vegetačního souvrství posoudit statik. Je nutné zohlednit účinky sání větru na samotné vegetační vrstvy i účinky eroze. Odolnost vegetačního souvrství proti účinkům sání větru a erozi substrátu lze zvýšit použitím předpěstovaných vegetačních koberců, případně použitím geosyntetických mříží či rohoží, položených zpravidla mezi substrát a vegetaci (vegetační koberce) nebo zamulčováním povrchu praným kamenivem.

Pokud se uvažuje na zelené střeše s výsadbou vyšších keřů nebo stromů, doporučuje se situovat tyto rostliny do vnitřní části střechy, která je z hlediska sání větru nejméně ohrožena. Zajištění stability větších dřevin je samostatně popsáno v kapitole 10.6 tohoto dokumentu.

7.11 PŘÍSTUP NA STŘECHU

V souladu s Vyhláškou č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby musí být na pochozí zelené střechy a terasy zajištěn bezpečný přístup a musí na nich být provedena opatření zajišťující bezpečnost provozu. Vstup na střechu je třeba zajistit podle ČSN 73 1901:2011 [1] alespoň:

- pro střechy pochozí a pobytové průchozím otvorem o šířce větší než 600 mm a výšce nejméně 1970 mm,
- po žebříku, průlezným otvorem přes skladbu střechy s čistým rozměrem min. 600 × 600 mm nebo otvorem v přilehlé stěně velikosti minimálně 600 × 1 200 mm (pro střechy nepochozí, bez provozu).

Uvedené rozměry nesmí být zužovány žebříky, stupni schodišť nebo stupadly.

7.12 BEZPEČNOST

Střecha musí být navržena tak, aby se zabránilo pádu uvolněných částí konstrukcí nebo vrstev a složek materiálů do prostoru kolem objektu – viz čl. 5.6.14 normy ČSN 73 1901:2011 [1].

V průběhu stavby i při vlastní realizaci střechy nesmí docházet k nekontrolovanému hromadění stavebního materiálu včetně výrobků pro vegetační souvrství na střeše. Rovněž nesmí dojít ani k dočasnému krátkodobému přetížení střechy.

Pochozí zelené střechy a terasy, na které má přístup veřejnost nebo jejich uživatelé, musí být vybaveny souvislým zábradlím podél všech volných okrajů nebo mohou být ohraničené i jinými dostatečně vysokými stavebními konstrukcemi podle ČSN 74 3305: 2017 Ochranná zábradlí [6].

Na plochách, které budou přístupné jen za účelem údržby, je nutné zajistit ochranu pracovníků proti pádu z výšky. K tomu slouží systém ochrany proti pádu z výšky a do hloubky, navržený v souladu s legislativními a normovými požadavky (Zákon č. 309/2006 Sb. a Nařízení vlády č. 362/2005 Sb.). Záchytné a zádržné systémy jsou tvořeny soustavou kotvících bodů certifikovaných podle ČSN EN 795:2013 [7], upevněných nejčastěji přímo do nosné konstrukce střechy. Jednotlivé kotvicí body mohou být propojené permanentním nerezovým lanem umožňujícím plynulý pohyb podél okraje střechy.

Zejména u šikmých a strmých střech má kvalitní a spolehlivý zabezpečovací systém mimořádný význam. Proto musí být pro danou stavbu zajištěno odborné zpracování projektu zabezpečovacího systému včetně odborné realizace.

Musí být prováděna pravidelná předepsaná kontrola a údržba zabezpečovacího systému.

Pracovníci zajišťující údržbu střešních zahrad musí být prokazatelně seznámeni s bezpečnostními předpisy a musí být vybaveni nezbytnými osobními ochrannými pomůckami.

7.13 POŽÁRNÍ OCHRANA

Součástí projektové dokumentace musí být „Požárně bezpečnostní řešení stavby", ve kterém je daný objekt zatříděn z hlediska požární bezpečnosti, jsou stanoveny požární požadavky na jednotlivé konstrukce a je definováno povinné vybavení objektu.

V době zpracování tohoto dokumentu[13] nejsou u nás přímo definovány požadavky na požární parametry zelených střech – tedy na šíření požáru střešním pláštěm s vegetačním souvrstvím (požár shora).

Obecně jsou střechy v České republice z hlediska šíření požáru střešním pláštěm zařazeny do dvou základních tříd – a to do třídy $B_{ROOF}(t1)$[14], která je určena pro střešní pláště umístěné mimo požárně nebezpečný prostor, a do třídy $B_{ROOF}(t3)$ určené pro střešní pláště do požárně nebezpečného prostoru. Střešní pláště zařazené do třídy $B_{ROOF}(t3)$ nešíří požár a brání vznícení hořlavých částí konstrukce. Podmínkou pro zařazení střešního pláště do uvedených tříd je jeho zatřídění podle klasifikační normy ČSN EN 13501-5:2017 [8] na základě úspěšně provedené zkoušky konkrétní skladby střešního pláště (s konkrétní hydroizolací, tepelnou izolací a parozábranou) v požární zkušebně podle zkušební normy ČSN P CEN/TS 1187:2012 [9] nebo na základě rozšířené aplikace výsledků zkoušek podle normy ČSN P CEN/TS 16459:2014 [10] vycházející z úspěšných zkoušek

13 Prosinec 2019

14 Podle vyhlášky č. 268/2011 Sb. je pro každou střechu požadována klasifikace z hlediska chování při vnějším působení požáru $B_{ROOF}(t1)$. V praxi se ale obecně postupuje podle normy ČSN 73 0810 :2016 a tato klasifikace se nevyžaduje.

střech[15]. U zelených střech musí být v tom případě taková zkouška provedena pro celou sestavu konkrétního vegetačního souvrství umístěného na konkrétním souvrství střešního pláště. Jsou také předepsány požadavky na požární odolnost střešní konstrukce, kde se hodnotí působení požáru na střešní konstrukci při požáru zevnitř budovy (požár zdola).

Z požárního hlediska je v zahraničí obvykle na zelených střechách předepsán pruh praného říčního kameniva (z oblázků) frakce 16/22 až 16/32 mm tloušťky minimálně 50 mm, provedený v šířce nejméně 500 mm na vodotěsné izolaci střech s vegetačním souvrstvím (nebo na tepelné izolaci z extrudovaného polystyrenu u střech s opačným pořadím vrstev) po obvodě střechy, kolem prostupů potrubí, střešních oken a vtoků – jak již bylo uvedeno v předchozí části.

Ploché střechy o ploše větší než 1 500 m^2, které nejsou v požárně nebezpečném prostoru a u kterých není požadována jejich požární odolnost, mohou tvořit souvislý celek, pokud splňují klasifikaci B_{ROOF}(t1) nebo B_{ROOF}(t3). V opačném případě se musí střecha o ploše větší než 1 500 m^2 dělit v souladu s ČSN 73 0810 [12] požárními pásy splňujícími B_{ROOF}(t3) nebo nešířícími požár střešním pláštěm, širokými alespoň 2 m, které jsou druhu DP 1.[16] Podle normy ČSN 73 0810:2016 Požární bezpečnost staveb lze za takový pás považovat např. volně ložené kamenivo o tloušťce nejméně 50 mm nebo hmotnosti ≥ 80 $kg \cdot m^{-2}$ (minimální velikost zrn 4 mm, maximální 32 mm). Případně lze požárně dělící pás nahradit jinými materiály uvedenými v normě.

Pro konkrétní případy je proto nutné po prověření požárním specialistou splnit požadavky uvedené v „Požárně bezpečnostním řešení stavby".

Zelené střechy se sklonem větším než 70° k vodorovné rovině se ve smyslu požadavku normy ČSN 73 0810 [12] již posuzují z požárního hlediska jako obvodové stěny.

Problematika hodnocení vegetačního souvrství zelené střechy s vegetací jakéhokoli druhu z hlediska rizika šíření požáru v průběhu celého roku je složitá. Proto je nezbytné provádět předepsanou údržbu a péči o vegetaci na střechách, zejména odstraňování nežádoucí vegetace a odumřelých nadzemních částí rostlin (viz kapitola 11 Rozvojová péče a 12 Následná péče a údržba).

7.14 HYGIENICKÉ POŽADAVKY NA POCHOZÍ ZELENÉ STŘECHY A POBYTOVÉ ZELENÉ STŘECHY SPOJENÉ S TERASAMI

Je-li na zelenou střechu umožněn přístup veřejnosti, je nutné:

- zabránit pronikání zápachu z kanalizační sítě na střechu, např. střešními vtoky se zápachovou uzávěrkou nebo jiným vhodným řešením. Mechanická zápachová uzávěrka vložená do střešních vtoků však významně snižuje odtokovou kapacitu vtoků.
- situovat větrací potrubí kanalizace do míst, kde případný zápach nebude obtěžovat okolí. Nejmenší vodorovná vzdálenost vyústění větracího potrubí kanalizace od teras, oken nebo jiných otvorů, které jsou spojené s trvale používanými místnostmi je 3 m. Při menších vzdálenostech je třeba větrací potrubí vyústit nejméně 1 m nad úroveň nejvyšší části tohoto otvoru nebo 3 m nad úroveň terasy[17].
- pro vyústění vzduchotechnických potrubí na střeše platí uvedené požadavky přiměřeně.

7.15 PŘÍVOD VODY A ELEKTRICKÉ ENERGIE

S ohledem na realizaci, záruční a pozáruční údržbu zelených střech je třeba počítat s přívodem vody pro zavlažování rostlin. U střech s extenzivní zelení obvykle postačí alespoň suchovod s možností napojení na přívod vody (doporučuje se někdy i z požárního hlediska), u intenzivních zelených střech musí být vždy zajištěn jak přívod vody (chráněný před poškozením mrazem), tak přívod elektrické energie, aby mohl být realizován samostatný zavlažovací systém, zajištěna péče o vegetaci a případně i osvětlení. Koordinace a umístění rozvodů vody a elektrických kabelů včetně napojovacích míst musí být navržena a provedena podle platných technických norem a předpisů.

7.16 ZÁVLAHOVÉ SYSTÉMY

Pravidelné zavlažování automatickými závlahovými systémy vyžadují pouze intenzivní, případně polointenzivní střešní zahrady. Zelené střechy budované jako extenzivní pravidelnou závlahu nevyžadují. Závlaha extenzivní zelené střechy připadá v úvahu pouze bezprostředně po založení nebo v případě extrémních dlouhotrvajících přísušků. Automatický závlahový systém se proto na extenzivních střešních zahradách nebuduje, i zde je ale třeba počítat s přívodem vody pro závlahu při a po realizaci a pro mimořádné situace.

Projektování a realizace závlahového systému střešní zahrady vyžaduje s ohledem na specifické podmínky také specifický přístup. V úvahu je třeba brát hydroakumulační a drenážní vlastnosti souvrství a volit takový typ závlahy, který dodává vodu do nejsvrchnější části vegetačního souvrství. Při podpovrchové závlaze hrozí nebezpečí, že bude závlahová voda odvedena drenážním systémem dříve, než se dostane ke kořenům rostlin. Toto nebezpečí je výrazně větší u rostlin s mělkým kořenovým systémem (například trávník).

7.17 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY NA ZELENÝCH STŘECHÁCH

Fotovoltaické systémy pro výrobu elektrické energie lze zejména na plochých střechách výhodně kombinovat s vegetací. Při umístění fotovoltaických panelů na zelené střechy se uplatňují příznivé synergické efekty způsobené ochlazováním prostředí, a tím i fotovoltaických modulů, prostřednictvím transpirace rostlin. Nedochází k poklesu účinnosti fotovoltaických modulů, který bývá způsobený vysokými teplotami na střechách bez vegetace, a prodlužuje se rovněž jejich životnost. Naproti tomu umístění solárních systémů na ohřev vody na střešní zahrady žádné benefity nepřináší.

15 Zkouška střešních plášťů třídy B_{ROOF}(t1) se provádí v požární zkušebně s hořícími hraničkami, náročnější zkouška třídy B_{ROOF}(t3) se se provádí s hořícími hraničkami, větrem a přídavným sálavým teplem. Zkoušky se provádí a platí pro různé rozpětí sklonů střechy.

16 V zahraničí (FLL) je požadováno po každých 40 metrech zelené střechy provedení pásu z kameniva v šířce 1 m, nebo přepážky z nehořlavého materiálu vysoké min. 30 cm nad vegetační vrstvou.

17 Detailně viz ČSN 75 6760:2014 Vnitřní kanalizace

Volba typu vegetace a výška umístění panelů nad substrátem musí být navzájem v souladu tak, aby nemohlo docházet k zastínění panelů vysokými rostlinami. Spodní okraje panelů musí být v dostatečné výšce nad substrátem a nad vegetací. Minimální vzdálenost spodního okraje panelů od substrátu by měla být pro nízkou vegetaci alespoň 20 cm. V závislosti na plánované vegetaci může být ale i vyšší.
Při řešení kotvícího systému pro fotovoltaické panely je možné zvážit využití hmotnosti vegetační vrstvy pro zatížení stojanů. Konkrétní řešení s ohledem na statické požadavky týkající se zatížení větrem a konstrukce budovy musí být ověřeno statickým výpočtem.
Solární systémy i vegetace střešní zahrady vyžadují pravidelnou údržbu a péči, a proto musí být vyřešen přístup pro údržbu a systém ochrany proti pádu. Zejména je důležité zajistit dostatečný odstup od okraje střechy a vzdálenost mezi řadami panelů. Kabely a další součásti solárního systému musí být namontovány tak, aby nebránily údržbě a péči o vegetaci a nehrozilo jejich poškození.
Umístění solárních panelů na střešní zahradě mění stanovištní podmínky. Na střeše vznikají plochy přistíněné panely, sušší plochy ve srážkovém stínu panelů, a naopak vlhčí plochy před předním okrajem panelů, na které stéká z panelů srážková voda. Tento efekt je nižší na mírně šikmých střechách. Zmírnit velké lokální rozdíly ve vlhkosti lze směrováním vody stékající z panelů směrem do vegetace ve srážkovém stínu modulů.
Uvažuje-li se o kombinaci fotovoltaiky a vegetace, je třeba, aby bylo uspořádání fotovoltaických panelů v souladu s požadavky rostlin na světlo a vodu (vzdálenost, hloubka a výška modulů nebo jejich průhlednost).

7.18 OSTATNÍ POŽADAVKY

Místa pod prvky technického zařízení budov a objektové dilatační spáry na střeše je třeba zachovat trvale přístupné – bez ozelenění.
U střech s intenzivní zelení se doporučuje vytvořit vhodné technické zázemí (místnost pro nářadí a potřeby pro údržbu).
Tam, kde bude zajišťována údržba zeleně pomocí mechanizace (např. sekačky, vertikutátory aj.), je nutné ještě zajistit vhodnou ochranu svislé hydroizolace proti jejímu mechanickému poškození, např. oplechováním nebo vhodným obkladem.

7.19 TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ ZELENÝCH STŘECH

Tepelně technický výpočet střech se obvykle provádí pro skladbu bez vegetačního souvrství. Jen tak lze získat bezpečné hodnoty součinitele prostupu tepla, nejnižší povrchové teploty a nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu střechy. Bude-li na střeše realizováno vegetační souvrství s mohutnější vegetační vrstvou, lze jeho tepelně izolační efekt (po doložení tepelně technických parametrů jeho vrstev) následně dopočítat jen za účelem získání doplňujících informací, ale nikoli pro splnění požadavků normy ČSN 73 0540-2 [5]. Nezanedbatelné jsou i tepelné mosty, které ve vegetačním souvrství tvoří pruhy kameniva po obvodu střechy, kolem střešních vtoků, žlabů a kolem prostupů a nástaveb na střeše.
Požadavky ČSN 73 0540-2 [5] na šíření vodní páry se doporučuje splnit s výraznější rezervou – i proto, že vegetační souvrství obvykle omezuje pozitivní vliv slunečního záření na vypařování vodní páry ze střechy do exteriéru. Do hodnocení vlhkostního chování střechy by se měly zahrnout všechny vrstvy významně omezující transport vodní páry – tedy např. i málo perforované vícefunkční hydroakumulační a drenážní nopové fólie z materiálů o vysokém difúzním odporu nebo betonová mazanina u zelené střechy propojené s terasou. Pro bezpečné výsledky výpočtu šíření vodní páry je vhodné zadat navíc jako okrajovou podmínku na venkovní straně konstrukce relativní vlhkost vzduchu 100 % – tímto způsobem lze výpočtově modelovat trvalou vodní hladinu nad vodotěsnou izolací.
Při dodatečné instalaci vegetačního souvrství na stávající střechy je nezbytné provést tepelně technický výpočet střešního pláště včetně tepelně technického posouzení. Musí být splněny požadavky normy ČSN 73 0540-2 [5] jak z hlediska difuze vodní páry, tak z hlediska tepelně izolačních vlastností.

8 VEGETAČNÍ SOUVRSTVÍ PLOCHÝCH ZELENÝCH STŘECH

8.1 OBECNÉ ZÁSADY PROVEDENÍ VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ

Vegetační souvrství se skládá z jednotlivých funkčních vrstev (viz kapitola 2 Pojmy). Vrstvy vegetačního souvrství mohou plnit jednu i více funkcí zároveň, přičemž je zejména třeba, aby byly dodrženy následující předpoklady:

- použité materiály, jejich množství a technické parametry jsou voleny tak, aby poskytovaly co možná nejlepší podmínky pro cílovou vegetaci,
- jednotlivé vrstvy musí být voleny tak, aby byly navzájem kompatibilní. Funkce jedné vrstvy nesmí být negativně ovlivněna vlastnostmi jiné vrstvy,
- funkční kompatibilita je vyžadována i mezi vegetačním souvrstvím jako takovým a souvrstvím střešního pláště (viz kapitola 6),
- materiály, ze kterých je zhotoveno vegetační souvrství, musí dlouhodobě vykazovat vlastnosti klíčové pro správnou funkčnost vegetačního souvrství, nesmí se v čase výrazně zhoršovat,
- požadována je fyzikální i chemická stálost použitých materiálů. Použité vrstvy musí zachovávat strukturální stabilitu a nesmí do vegetačního souvrství, do okolí ani do odtékající vody uvolňovat chemické látky závadné pro rostliny, živočichy ani pro člověka.

Další parametry, které musí jednotlivé vrstvy vegetačního souvrství plnit, jsou uvedeny v následujících podkapitolách. Plní-li vrstva vegetačního souvrství více funkcí zároveň, je třeba, aby vyhovovala parametrům každé dílčí funkční vrstvy, jejíž funkci má plnit.

8.2 KOŘENOVZDORNÁ VRSTVA

Není-li hydroizolace střechy odolná vůči prorůstání kořenů, musí se použít speciální odolná fólie s příslušným atestem odolnosti proti prorůstání kořenů. Více viz kapitola 7.4.2.2 Požadavky na provedení hydroizolace střechy.

8.3 SEPARAČNÍ/DILATAČNÍ VRSTVA

Odděluje od sebe vrstvy, které by se mohly vzájemně negativně ovlivňovat. Používá se např. u hydroizolací, které by poškozoval EPS, nebo u vrstev s rozdílnou tepelnou roztažností. Tuto vrstvu je možné vytvořit např. z geotextilie odpovídající gramáže a vlastností nebo z PE fólie tloušťky 0,2 mm s plošnou hmotností 190 g·m^{-2}. Popis výrobků musí odpovídat harmonizované evropské normě ČSN EN 13252:2017 [13].

8.4 OCHRANNÁ VRSTVA

Chrání hydroizolaci, respektive kořenovzdornou vrstvu vůči mechanickému poškození před realizací zelené střechy, během ní a následně před poškozením vlivem zatížení, kterým realizované vegetační souvrství působí na tyto vrstvy. Ochranná vrstva je většinou tvořena geotextilií o plošné hmotnosti minimálně 300 g·m^{-2}. Vzhledem k tomu, že je tato vrstva dlouhodobě smáčena vodou, musí být vyrobena ze syntetických materiálů (PP, PE, PES, apod.), aby nepodléhala bakteriální nebo plísňové degradaci. U inverzních střech se používají speciální difúzně otevřené nenasákavé textilie o nižší gramáži. Popis výrobků musí odpovídat harmonizované evropské normě ČSN EN 13252 [13].

Základní popis výrobků a jejich vlastností určuje především ČSN EN 13252 a obsahuje zejména tyto parametry:

- druh materiálu,
- plošná hmotnost g·m^{-2},
- prohlášení o vlastnostech, týkajících se ochranné funkce,
- pevnost v tahu podle ČSN EN ISO 10319:2015 [14].

Tloušťka ochranné vrstvy musí reflektovat následující faktory, pro které se tato vrstva tvoří:

- provoz a podmínky na střeše po dokončení hydroizolace a před realizací vegetačního souvrství, zejména probíhají-li na střeše před realizací vegetačního souvrství práce, které by mohly poškodit hydroizolační vrstvu,
- práce související s realizací vegetačního souvrství,
- budoucí mocnost vegetačního souvrství,
- případné jiné konstrukce.

Čím vyšší je riziko namáhání nebo poškození hydroizolace výše uvedenými faktory, tím větší tloušťku, respektive gramáž musí ochranná vrstva mít. Pro lehčí souvrství extenzivních zelených střech se v ochranné vrstvě zpravidla používají syntetické textilie o gramáži 300 g·m^{-2}, pro polointenzivní a intenzivní zelené střechy zpravidla 500 g·m^{-2} a vyšší.

Ochranná vrstva musí na všech místech vegetačního souvrství zakrývat hydroizolaci. Pokládá se s dostatečnými přesahy a do výšky vegetačního souvrství kryje hydroizolaci i na svislých konstrukcích jako jsou atiky a prostupy.

U jednovrstvých skladeb vegetačního souvrství zelených střech může ochranná vrstva plnit také funkci drenážní nebo hydroakumulační.

8.5 DRENÁŽNÍ VRSTVA

Hlavní funkcí drenážní vrstvy je odvádění přebytečné dešťové vody do odvodňovacího zařízení. Chrání rostliny před přemokřením a zajišťuje bezpečný provoz celého střešního souvrství.

Drenážní vrstvu je možné vynechat u jednovrstvých skladeb vegetačního souvrství extenzivních střech s velmi propustnou vegetační vrstvou (viz definice v části vegetační vrstva).

Samostatná drenážní vrstva může být tvořena těmito materiály:

- nopová fólie (bez hydroakumulační funkce, s hydroakumulační funkcí),
- drenážní panely (např. EPS tvarovky, desky z recyklátů, hydrofilní minerální vlna),
- sypké hmoty (např. keramzit, láva, štěrk, pěnosklo),
- smyčkové rohože aj.

8.5.1 POŽADAVKY NA JEDNOTLIVÉ MATERIÁLY

8.5.1.1 NOPOVÁ FÓLIE

Nopová fólie může být tvořena pouze takovým materiálem, který je dostatečně tuhý, aby odolal zatížení všech vrstev nad sebou, včetně vegetace, sněhu, vody, užitného zatížení apod. Zároveň je nutné, aby při tomto zatížení zůstal plně funkční. Základní popis výrobků a jejich vlastností musí obsahovat zejména tyto parametry:

- druh materiálu drenážní části fólie,
- druh materiálu filtrační části fólie (pokud je součástí),
- konstrukční výška výrobku (tloušťka),
- pevnost v tlaku podle ČSN EN ISO 25619-2: 2016 [15],
- propustnost pro vodu kolmo k rovině podle ČSN EN ISO 11058:2010 [16], pokud obsahuje i filtrační část,
- schopnost pro proudění vody v podélném směru při daném zatížení a sklonu podle ČSN EN ISO 12958:2010 [17],
- hydroakumulační schopnost v l·m^{-2} (plní-li materiál i hydroakumulační funkci),
- hmotnost při maximálním nasycení vodou v g·m^{-2}.

Typ nopové fólie musí být vhodně zvolen vzhledem k ostatním vrstvám střešního pláště (viz Upozornění v kapitole 7.4.2.4).

8.5.1.2 DRENÁŽNÍ PANELY

Panely by měly být z takových materiálů, které jsou schopné odolávat dlouhodobému zatížení stejně jako nopové fólie a musí vykazovat stálost vlastností v čase, což platí zejména pro desky z recyklátů nebo minerální vlnu.

Popis vhodných výrobků by měl obsahovat zejména tyto parametry:

- druh materiálu,
- nominální tloušťka výrobku,
- pevnost v tlaku podle ČSN EN 826:2013 [18],
- propustnost pro vodu kolmo k rovině (ČSN EN ISO 11058 [16]), pokud výrobek obsahuje i filtrační část,
- schopnost pro proudění vody v podélném směru při daném zatížení a sklonu (ČSN EN ISO 12958 [17]),
- hydroakumulační schopnost v l·m^{-2} (plní-li materiál i hydroakumulační funkci),[18]
- objemová hmotnost v maximálně nasyceném stavu v kg·m^{-3},

18 Hydroakumulační schopnost se měří podle Přílohy č. 2: Metody měření

- u šikmých střech nad 5° (8,7 %) je vhodné použít zpomalovače odtoku v závislosti na sklonu střechy a vlastnostech materiálu.

8.5.1.3 SYPKÉ HMOTY

Pro použití ve vegetačních střechách jsou vhodné pouze dlouhodobě stabilní materiály, chemicky i fyzikálně. Jsou zpravidla tvořeny keramzitem, lávou, štěrkem, nebo pěnosklem (granulátem pěnoskla). Výrobek by měl mít deklarovány následující vlastnosti:

- druh materiálu,
- velikost zrna (rozpětí),
- vodopropustnost (viz Příloha č. 2: Metody měření),
- hmotnost za sucha i při maximálním nasycení vodou (viz Příloha č. 2: Metody měření).

Musí být dodrženy požadované minimální hodnoty, které uvádí Tab. 4.

Tab. 4: Požadované minimální vlastnosti drenážní vrstvy tvořené sypkými hmotami.

Parametr	Hodnota
Tloušťka sypané vrstvy [mm]	50
Vodopropustnost [mm·min^{-1}]	180

8.5.1.4 SMYČKOVÉ ROHOŽE A JINÉ TEXTILIE

Popis výrobku by měl obsahovat informace o těchto vlastnostech:

- druh materiálu drenážní části,
- druh materiálu filtrační části (pokud je součástí),
- propustnost pro vodu kolmo k rovině (ČSN EN ISO 11058 [16]), pokud obsahuje i filtrační část,
- schopnost pro proudění vody v podélném směru při daném zatížení a sklonu (ČSN EN ISO 12958 [17]),
- konstrukční výška výrobku (tloušťka).

8.5.2 DIMENZOVÁNÍ DRENÁŽNÍ VRSTVY VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ

Pro dimenzování drenážní vrstvy a výpočet odvodnění je klíčový odvod vody při přívalovém dešti. Není žádoucí, aby se dešťová voda hromadila na povrchu střechy, ani aby po jejím povrchu tekla. Je nutné, aby se voda rychle vsákla do vegetační a hydroakumulační vrstvy. Přebytek vody musí být bezpečně odveden do drenážní vrstvy a dále ke střešním vtokům nebo jinému odvodňovacímu zařízení.

Požadovaný výkon drenážní vrstvy se stanovuje podle rovnice (1). Příklad dimenzování drenážní vrstvy extenzivního vegetačního souvrství je uveden v Příloze č. 1.

$$q' = \frac{A \cdot C \cdot q}{b} \qquad (1)$$

kde je

q´ – celkový odtok dešťové vody ze střechy [l·s^{-1}·m^{-1}],

A – odvodňovaná plocha [m^2], podle rovnice (2),

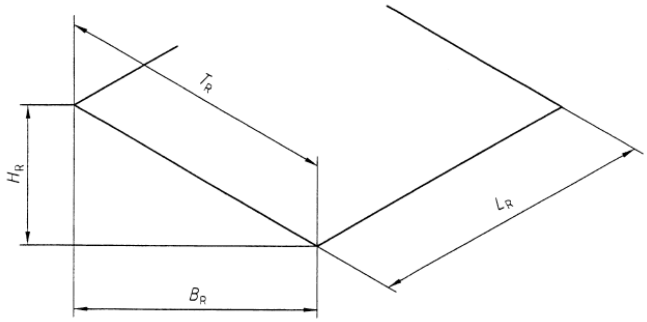
C – součinitel odtoku [–],

b – výpočtová odtoková šířka (volná šířka u vpusti nebo žlabu) [m],

q – návrhový 15minutový déšť [l·s^{-1}·m^{-2}]

V případě, že je odvodňovaná plocha, nebo její část ve sklonu větším než 5 %, uvažuje se odvodňovaná plocha podle rovnice (2) a Obrázku 3.

$$A = L_R \cdot \left(B_R + \frac{H_R}{2} \right) \qquad (2)$$



Obrázek 3: Popis odvodňované šikmé střechy

Přesné hodnoty návrhového 15minutového deště q jsou k dispozici v národní normě ČSN 75 9010:2012 [20]. Drenážní vrstva se dimenzuje na 15minutovou špičku extrémního desetiletého deště (p = 0,2·rok^{-1}). Pro potřeby zjednodušeného návrhu je možné použít i hodnoty z Tab. 5: Hodnoty návrhového deště.

Pro návrh odvodnění střechy jsou tabulkové hodnoty stanoveny v ČSN 75 6760 *Vnitřní kanalizace* [4].

Tab. 5: Hodnoty návrhového deště

Lokalita	Celkový srážkový úhrn po dobu 15 minut intenzivního deště [mm]	Přepočítané hodnoty intenzivního deště [l·s^{-1}·m^{-2}]
Praha	19,5	0,0217
Brno	16,5	0,0183
Ostrava	17,8	0,0198
Horské lokality (nad 650 m n.m.)	17,0	0,0189

Součinitelé odtoku (viz také kapitola 7.7 Odvodnění střech) jsou dvojího druhu:

- C – součinitel špičkového odtoku udává odtok během návrhového deště o dané intenzitě a trvání. Součinitel C je směrodatný pro návrh odvodnění střechy, dimenze svodů a kanalizačního potrubí.
- ψ [psí] – součinitel objemového (dlouhodobého) odtoku udává střední nebo průměrnou hodnotu odtoku v delším časovém horizontu, např. za rok. Součinitel ψ je určující pro výpočet množství srážkových vod odváděných do kanalizace.

Součinitelé odtoku závisí na mocnosti a složení vegetační vrstvy, na vegetaci, sklonu střechy, na přítomnosti speciální hydroakumulační vrstvy a na klimatických podmínkách. Pokud nejsou k dispozici sou-

činitele odtoku konkrétních skladeb vegetačního souvrství, použijí se pro výpočet hodnoty z Tab. 6: Součinitelé odtoku srážkové vody. Tabulka 6 srovnává hodnoty součinitelů odtoku srážkové vody ze zelené střechy podle mocnosti vegetačního souvrství a dle relevantní české [4], německé (DIN 1986-100) a rakouské (ÖNORM B 2501) normy a dle směrnice FLL. Pokud to jednotlivé normy uvádějí, rozlišuje tabulka hodnoty i v závislosti na sklonu. Přesnější odtokový součinitel může pro definované vegetační souvrství stanovit také přímo výrobce či dodavatel, a to na základě měření v akreditované zkušebně.

Tab. 6: Součinitelé odtoku srážkové vody C a ψ ze zelené střechy podle mocnosti vegetačního souvrství podle související německé, rakouské a české normy a podle směrnice pro zelené střechy FLL. Tabulka rozlišuje mezi špičkovými a průměrnými hodnotami a dále podle sklonu střechy.

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">DIN 1986-100</th><th>ÖNORM B 2501</th><th colspan="2">ČSN 75 6760</th><th colspan="3">FLL</th></tr>
<tr><td>Mocnost</td><td>C (≤ 5°)</td><td>Ψ (≤ 5°)</td><td>C</td><td>C (<5 %)</td><td>C (> 5 %)</td><td>C (<5°)*</td><td>C (> 5°)</td><td>ψ**</td></tr>
<tr><td>2–4 cm</td><td rowspan="4">0,5</td><td rowspan="4">0,3</td><td rowspan="3">0,8</td><td rowspan="4">0,7</td><td rowspan="4">0,8</td><td>0,7</td><td>0,8</td><td>0,6</td></tr>
<tr><td>4–6 cm</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,55</td></tr>
<tr><td>6–8 cm</td><td rowspan="2">0,5</td><td rowspan="2">0,6</td><td rowspan="2">0,5</td></tr>
<tr><td>8–10 cm</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>10–15 cm</td><td rowspan="3">0,4</td><td rowspan="3">0,2</td><td rowspan="2">0,3</td><td rowspan="2">0,4</td><td rowspan="2">0,5</td><td>0,4</td><td rowspan="5">-</td><td>0,45</td></tr>
<tr><td>15–25 cm</td><td>0,3</td><td>0,4</td></tr>
<tr><td>25–30 cm</td><td rowspan="3">0,1</td><td rowspan="3">0,3</td><td rowspan="3">0,3</td><td rowspan="2">0,2</td><td rowspan="2">0,3</td></tr>
<tr><td>30–50 cm</td><td rowspan="2">0,2</td><td rowspan="2">0,1</td></tr>
<tr><td>> 50 cm</td><td>0,1</td><td>0,1</td></tr>
</table>

** Součinitel špičkového odtoku je měřen pro návrhový déšť o intenzitě 0,03 $l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ po dobu 15 minut, celkový srážkový úhrn tedy činí 27 mm.*
*** Hodnoty se vztahují k místům s ročním srážkovým úhrnem 600-850 mm na základě několikaletého měření.*

Při sklonech střechy nad 5° (8,7 %) je doporučeno pracovat u skladeb s drenážními panely se zpomalovači odtoku vody ze skladby. Pokud nebudou použity, součinitel odtoku musí být navýšen.

Obrázek 4: Odtoková šířka v případě okapového žlabu (vlevo) a vtoku (vpravo).

Výpočtová odtoková šířka b udává rozměr v metrech, kterým dešťová voda volně vytéká z drenážní vrstvy k odvodňovacímu zařízení. V případě okapů je to délka spodního okraje střechy, v případě střešních vtoků je to obvod plochy u vtoku, kde už není odtok vody omezen žádnou překážkou (např. výřez v plošném drenážním prvku – například čtverec o straně 0,3 m, jak je naznačeno na obrázku 4.

Pro výsledné ověření drenážního výkonu drenážní vrstvy je nutné započíst i bezpečnostní přirážku, která udává míru spolehlivosti jednotlivých výrobků. Plošný odvodňovací prvek se porovná podle rovnice (3).

$$q' < 0{,}8 \cdot q_{VYR} \qquad (3)$$

kde

q' – je vypočítaný celkový odtok dešťové vody ze střechy,

q_{VYR} – tabulkový drenážní výkon výrobku, schopnost pro proudění vody v podélném směru při určeném zatížení a sklonu střechy podle ČSN EN ISO 12958 [17].

8.6 HYDROAKUMULAČNÍ VRSTVA

Funkcí této vrstvy je zadržovat vodu pro lepší růst rostlin a zpomalovat odtok dešťové vody do městské kanalizace. Používá se tam, kde vegetační vrstva nemá dostatečnou kapacitu pojmout

a udržet vodu pro rostliny nebo by spolu s drenážní vrstvou odváděla vodu příliš rychle (jako např. v případě šikmých vegetačních střech).
Do této zásobárny vody by měly mít rostliny možnost prokořenit, neměla by tedy být od vegetační vrstvy oddělena vrstvou, která neumožňuje prokořenění. Samostatná hydroakumulační vrstva může být tvořena těmito materiály a jejich kombinacemi:

- hydroakumulační desky (z minerálních vláken, z recyklátů aj.),
- hydroakumulační textilie (PP, PES aj.),
- kombinované drenážní/hydroakumulační nopové fólie,
- hydroakumulační substráty.

8.6.1 POŽADAVKY NA JEDNOTLIVÉ MATERIÁLY

8.6.1.1 HYDROAKUMULAČNÍ DESKY

Tyto desky by měly umožňovat vodě rovnoměrné nasáknutí do celého (nebo většiny) svého objemu a rostlinám volné prokořenění. Tloušťku desek je potom možné započítat do mocnosti vegetačního souvrství (viz Tab. 2: Mocnost souvrství využitelná pro kořenění rostlin u různých způsobů ozelenění a forem vegetace).
Popis vhodných výrobků by měl obsahovat zejména tyto parametry:

- druh materiálu,
- nominální tloušťka výrobku,
- pevnost v tlaku (ČSN EN 826 [18]),
- objemová hmotnost v maximálně nasyceném stavu v $kg \cdot m^{-3}$,
- hydroakumulační schopnost v $l \cdot m^{-2}$,
- maximální vodní kapacita v % obj. (viz Příloha č. 2: Metody měření).

Jejich doporučené parametry jsou znázorněny v Tab. 7: Doporučené minimální parametry hydroakumulačních desek.

Tab. 7: Doporučené minimální parametry hydroakumulačních desek

Parametr	Hodnota
Tloušťka výrobku [mm]	50 mm (25 mm)
Pevnost v tlaku [kPa]	15
Maximální vodní kapacita [% obj.]	80

Plní-li hydroakumulační desky zároveň funkci vrstvy vegetační (např. u desek z minerálních vláken a recyklátů), musí být překryty vrstvou substrátu.

8.6.1.2 HYDROAKUMULAČNÍ TEXTILIE

Používají se u šikmých i plochých střech a mohou zároveň plnit více funkcí. Popis vhodných výrobků by měl obsahovat zejména tyto parametry:

- druh materiálu,
- nominální tloušťka,
- plošná hmotnost $g \cdot m^{-2}$,
- maximální vodní kapacita v $l \cdot m^{-2}$.

8.6.1.3 KOMBINOVANÉ DRENÁŽNÍ/AKUMULAČNÍ NOPOVÉ FÓLIE

Viz kapitola 8.5 Drenážní vrstva.

8.6.1.4 HYDROAKUMULAČNÍ SUBSTRÁTY

Viz kapitola 8.8. Vegetační vrstva.

8.7 FILTRAČNÍ VRSTVA

Tato vrstva tvoří předěl mezi vegetační vrstvou tvořenou substrátem a vrstvou drenážní. Zabraňuje vyplavování jemných částic a tím chrání drenážní vrstvu před ucpáním. Může být tvořena netkanou či tkanou geotextilií s charakteristickou velikostí otvorů $0{,}06\ mm \leq O_{90} < 0{,}2\ mm$, tj. zachytí 90 % všech částic o velikosti 0,06–0,2 mm. Filtrační vrstva může být součástí např. drenážní nopové fólie a filtrační funkci může plnit také hydroakumulační deska.
Základní popis výrobků a jejich vlastností určuje ČSN EN 13252 [13] a obsahuje zejména tyto parametry:

- druh materiálu,
- plošná hmotnost $g \cdot m^{-2}$,
- charakteristická velikost otvorů – viz ČSN EN ISO 12956:2010 [21],
- pevnost v tahu – ČSN EN ISO 10319:2015 [14],
- propustnost vody kolmo k rovině – ČSN EN ISO 11058:2010 [16].

U vegetačních vrstev o mocnosti do 250 mm se plošná hmotnost materiálu zpravidla pohybuje mezi 100-200 $g \cdot m^{-2}$. Při větší mocnosti vegetační vrstvy nebo větším sklonu střechy může být v souvislosti s nároky na odolnost proti protržení, respektive na pevnost v tahu a průtažnost a v závislosti na materiálu a struktuře požadována vyšší plošná hmotnost.

8.8 VEGETAČNÍ VRSTVA

Vegetační vrstva je prostor, ve kterém rostliny koření a který je zásobuje vodou, vzduchem a živinami. Tomu odpovídají jeho fyzikální a chemické vlastnosti. Zároveň se vegetační vrstva podílí na zajištění dalších funkcí zelené střechy, zejména na zadržování a zpomalování odtoku dešťových srážek.
V zásadě rozlišujeme dva typy vegetační vrstvy:

- sypané substrátové směsi,
- kombinace substrátových směsí a substrátových panelů – hydroakumulačních desek (viz kapitola 8.6 Hydroakumulační vrstva).

8.8.1 POŽADOVANÉ VLASTNOSTI SYPANÝCH SUBSTRÁTOVÝCH SMĚSÍ

- optimální objemová hmotnost,
- dlouhodobá stabilita, odolnost k větrné a vodní erozi, zachování objemu,
- dostatečná hydroakumulační schopnost,
- dostatečné provzdušnění i při plném nasycení vodou,
- dostatečná propustnost pro vodu,
- nízký podíl jílovitých částic, které by mohly ucpávat drenážní vrstvy,
- nízký podíl organických složek, především ve vegetační vrstvě extenzivně udržovaných střech,
- schopnost poutat a následně uvolňovat živiny, přiměřený obsah přijatelných živin,
- nesmí obsahovat nadměrné množství semen plevelů,
- nesmí obsahovat další látky, které by zatěžovaly životní prostředí, musí splňovat limity obsahu rizikových prvků (viz vyhláška 131/2014 Sb).

Požadavky na vlastnosti střešního substrátu se liší podle typu vegetačního souvrství zelené střechy. Podrobné požadavky jsou uvedeny v Tab. 8: Parametry sypané substrátové směsi. Metody měření jednotlivých veličin jsou uvedeny v příloze č. 2 Metody měření vlastností sypaných substrátových směsí.

Na polointenzivních a intenzivních zelených střechách, kde se pěstují náročnější rostliny, se požaduje substrát s větší hydroakumulační schopností a vyšším obsahem živin než na střechách extenzivních. Pro vegetační souvrství polointenzivních a intenzivních zelených střech se používají substráty s vyšší objemovou hmotností a vyšší vodní kapacitou. U intenzivních střech s vyšší vegetační vrstvou pak vrchní třetinu vrstvy může tvořit substrát s vyšší objemovou hmotností a spodní dvě třetiny vrstvy může tvořit propustnější lehčí substrát. Všechny tyto typy substrátů jsou zahrnuty v kategorii intenzivní univerzální substrát pro vícevrstvou skladbu s rozsahem objemové hmotnosti v suchém stavu 400–1500 g·l^{-1}.

Tab. 8: Parametry sypané substrátové směsi pro extenzivní a intenzivní střechy

Parametr	**Jednotka**	**Střešní substrát – typ/skladba zelené střechy**			
		extenzivní		**intenzivní – vícevrstvá**	
		jednovrstvý	**vícevrstvý**	**univerzální**	**speciální**
objemová hmotnost v suchém stavu	g·l^{-1}	400–800	400–1 250	400–1 050	1 050–1 450
objemová hmotnost v nasyceném stavu	g·l^{-1}	600–1 300	750–1 650	850–1 550	1 200–1 900
maximální vodní kapacita	% obj.	20–40	30–55	45–65	35–50
obsah vzduchu při MVK	% obj.	> 15	> 8	> 8	> 3
propustnost	mm·min^{-1}	50–120	6–70	5–30	2–20
podíl částic d < 0,063 mm	% hm.	<6	<15	<20	<30
spalitelné (organické) látky*	% hm.	<6	<8	<13	
hodnota pH_{H2O} (pH_{CaCl2})*		6,5–9,0 (6,0–8,5)		6,5–9,0 (6,0–8,5)	
elektrická vodivost (EC)*	mS·cm^{-1}	≤ 0,65		≤ 0,65	≤ 0,5
obsah N	mg·l^{-1}	≤ 100	≤ 150	≤ 150	
obsah P	mg·l^{-1}	≤ 30	≤ 35	≤ 50	
obsah K	mg·l^{-1}	≤ 300	≤ 450	≤ 450	
obsah Mg	mg·l^{-1}	≤ 200	≤ 200	≤ 200	
obsah semen plevelů	počet·l^{-1}	≤ 1		≤ 1	

** parametry, které je nutné deklarovat při uvádění substrátů na trh formou ohlášení na základě jejich zařazení do systému typových substrátů definovaných vyhláškou 131/2014 Sb.*

Na jednovrstvých extenzivních zelených střechách je velmi důležitá vysoká propustnost pro vodu, neboť na nich střešní substrát plní i funkci drenážní vrstvy a musí být schopen odvést veškerou přebytečnou vodu až k odvodňovacímu zařízení (na vícevrstvých skladbách vegetačního souvrství substrát odvádí přebytečnou vodu do drenážní vrstvy). Substráty pro extenzivní vícevrstvou skladbu mají vyšší vodní kapacitu a nižší obsah vzduchu než substráty pro jednovrstvou skladbu. Pro extenzivní vícevrstvou skladbu je možné použít i substráty s vyšší objemovou hmotností v suchém stavu (≤ 1250 g·l^{-1}) na bázi drceného kameniva.

Při použití trav, bylin a dalších rostlin, které vyžadují substráty s vyšší vodní kapacitou, je možné pro založení vegetační vrstvy použít speciální vegetační substráty s vyšším podílem jemnějších komponentů (písek, zeminy). Tyto substráty mají vyšší objemovou hmotnost (v suchém stavu 1 050–1 450 g·l^{-1}) a nižší pórovitost, tím

mají i nižší propustnost a obsah vzduchu než univerzální intenzivní substráty. Střešní substráty obecně by měly mít nízký podíl jemných vyplavitelných částic, které tvoří prachové a jílovité částice s průměrem menším než 0,063 mm, a neměly by obsahovat klíčící semena plevelů nebo jejich oddenky.

8.8.2 MATERIÁLY POUŽITELNÉ PRO VÝROBU SYPANÝCH SUBSTRÁTOVÝCH SMĚSÍ

Substrátové směsi se vyrábějí především z minerálních komponentů, které se vyznačují dobrou hydroakumulační a drenážní schopností a jsou proto vhodnější než zeminy. Stabilní struktury a prostorové stability se dosahuje především vhodným zrnitostním složením a tvarem zrna, pro vytvoření nosné struktury je třeba používat drcené materiály. Částice by neměly být větší než 12 mm při mocnosti vegetační vrstvy do 100 mm a než 16 mm při mocnosti nad 100 mm.

Na zrnitostním složení substrátu závisí vhodný poměr pórů různé velikosti, který ovlivňuje vodní kapacitu a obsah vzduchu. Nicméně zrnitostní složení se považuje za pomocné kritérium a pro posouzení kvality střešního substrátu jsou rozhodující hydrofyzikální vlastnosti uvedené v Tab. 8: Parametry sypané substrátové směsi pro extenzivní a intenzivní střechy. Vedle zrnitostního složení jsou u jednotlivých komponentů důležité: objemová hmotnost, hodnota pH, kationtová výměnná kapacita (CEC, podle ISO 13536), která charakterizuje sorpční vlastnosti, a nasákavost zrna podle ČSN EN 1097-6:2014 [21], která charakterizuje mikropórovitost daného materiálu.

8.8.2.1 DRCENÉ EXPANDOVANÉ JÍLY A EXPANDOVANÉ BŘIDLICE

Jedná se o vysoce porézní, lehké a dlouhodobě stabilní materiály. Dobře absorbují vodu, částečně jsou schopny poutat živiny. Objemová hmotnost (suchého materiálu) samotných expandovaných jílů je 400–450 $g \cdot l^{-1}$, kationová výměnná kapacita pod 5 $mmol^{+} \cdot 100^{-1} \cdot g^{-1}$ a nasákavost zrna drcených expandovaných jílů se pohybuje v rozmezí 20–25 % obj. Pokud nejsou expandované jíly nadrceny, mají nasákavost zrna pouze 12–14 % obj. Jsou nejčastějším základem kvalitních střešních substrátů, které mají dobrou hydroakumulační schopnost a současně si zachovávají dostatečný objem pórů zaplněných vzduchem i při plném nasycení vodou.

8.8.2.2 PORÉZNÍ HORNINY

Tyto materiály mají zpravidla vyšší objemovou hmotnost, kationtovou výměnou kapacitu a nasákavost zrna než drcené expandované jíly a břidlice, které mohou v substrátových směsích nahradit. Patří sem např. láva, pemza, zeolit, spongilit. Pemza má objemovou hmotnost (suchého materiálu) 400–460 $g \cdot l^{-1}$, zeolit 800–850 $g \cdot l^{-1}$a spongilit 850–1100 $g \cdot l^{-1}$. Zeolity mají nejlepší sorpční vlastnosti ze všech používaných materiálů, jejich kationová výměnná kapacita (CEC) dosahuje až 95 $mmol^{+} \cdot 100^{-1} \cdot g^{-1}$, mnohem menší ale stále ještě významnou CEC má spongilit (kolem 15 $mmol^{+} \cdot 100^{-1} \cdot g^{-1}$), pemza má CEC pod 10 $mmol^{+} \cdot 100^{-1} \cdot g^{-1}$. Relativně nízkou nasákavost zrna má pemza, 9–20 % obj., vyšší nasákavost zrna mají tufy 27–32 % obj., spongilit 36–43 % obj. a zeolity 38–42 % obj.

8.8.2.3 DRCENÉ CIHLY A STŘEŠNÍ TAŠKY (DRCENÉ NESTANDARDNÍ VÝROBKY, NIKOLI RECYKLÁTY)

Jsou stabilní a uniformní a mají určitou schopnost zadržovat vodu a živiny. Mají vyšší objemovou hmotnost (objemová hmotnost suchého materiálu 900–1 000 $g \cdot l^{-1}$) a nasákavost zrna (27–39 % obj.) než drcené expandované jíly.

8.8.2.4 PÍSEK

Je použitelný v kombinaci s dalšími materiály, např. s expandovanými jíly, kde může doplňovat chybějící zrnitostní frakce. Používá se především u intenzivních substrátů pro založení vegetační vrstvy pro travní nebo trávobylinné porosty. Vzhledem k vysoké objemové hmotnosti (objemová hmotnost suchého materiálu 1 450–1 600 $g \cdot l^{-1}$) výrazně zvyšují objemovou hmotnost substrátu.

8.8.2.5 DRCENÉ KAMENIVO

Drcené, případně zvětralé horniny (např. granodiorit, čedič) mají vyšší objemovou hmotnost (objemová hmotnost suchého materiálu 1 300–1 450 $g \cdot l^{-1}$) a nižší nasákavost zrna (10–15 % obj.) než porézní horniny nebo expandované jíly. Jsou použitelné v kombinaci s výše uvedenými komponenty především pro přípravu těžších extenzivních substrátů, ve kterých mohou doplňovat chybějící zrnitostní frakce. Těžší substráty s podílem drceného kameniva jsou použitelné např. pro překrytí hydroakumulačních panelů, kdy je doporučována alespoň 30mm vrstva sypaného substrátu.

8.8.2.6 JÍL

Vyznačuje se dobrou hydroakumulační schopností a sorpcí živin (kationová výměnná kapacita jílů se pohybuje v rozmezí 40–70 $mmol^{+} \cdot 100^{-1} \cdot g^{-1}$), může však zanášet drenážní vrstvy. Jeho podíl by měl být malý, aby nebyl překročen maximální obsah jílovitých částic s průměrem menším než 0,063 mm (viz Tab. 8: Parametry sypané substrátové směsi). V substrátech pro intenzivní zelené střechy by tedy neměl překročit 15 % objemu, v substrátech pro extenzivní zelené střechy by se měl používat zcela výjimečně.

8.8.2.7 ZEMINY

Zeminy, skrývky ornice a podorničních vrstev samotné nejsou vhodné, jejich podíl by měl být malý (především na extenzivních zelených střechách). Používají se především u intenzivních substrátů pro založení vegetační vrstvy pro travní nebo trávobylinné porosty. Jsou příliš těžké (objemová hmotnost suchého materiálu 900–1 500 $g \cdot l^{-1}$), mají špatné drenážní vlastnosti a při plném nasycení vodou mají nedostatek vzduchu. CEC zemin (sprašových hlín) je 10–25 $mmol^{+} \cdot 100^{-1} \cdot g^{-1}$. Zejména skrývky ornice mohou obsahovat nežádoucí semena plevelů.

8.8.2.8 ORGANICKÉ KOMPONENTY (RAŠELINA, KOMPOST)

Mají dobrou vododržnost a částečnou schopnost zadržovat živiny. Časem se ale rozkládají a smršťují. Celkový podíl organických komponentů by proto měl být nízký, na extenzivně ozeleněných střechách do 15 % objemu, na intenzivně ozeleněných střechách do 20 % objemu tak, aby obsah spalitelných látek odpovídal požadovaným hodnotám 8 %, resp. 13 %.

Rašeliny mají vyšší vododržnost než komposty. Mají kyselou reakci – jsou vhodné pro snížení hodnot pH substrátové směsi. Neobsa-

hují významný podíl přijatelných živin. Pro přípravu střešních substrátů jsou vhodnější více rozložené rašeliny s jemnou strukturou, které se lépe zapravují do substrátových směsí než rašeliny vláknité.

Komposty mají nižší vododržnost a vyšší objemovou hmotnost než rašeliny. Mají zpravidla neutrální nebo slabě zásaditou reakci. Obsahují vysoký podíl přijatelných živin, především draslíku a dusíku. Jejich dávkování musí vycházet z výše uvedených vlastností. Podíl kompostů by měl být do 10 % obj. tak, aby obsahy přijatelných živin, především draslíku, odpovídaly požadovaným hodnotám.

Mezi nevhodné materiály patří např. drcený beton, který má horší vododržnost, a stavební recyklát, který má nestandardní vlastnosti. Oba jsou také nevhodné kvůli vyplavování vápenatých složek a možnému usazování krust.

8.8.3 MOCNOST VEGETAČNÍ VRSTVY

Mocnost vegetační vrstvy se volí podle typu vegetace a podle toho, zda se jedná o extenzivně nebo intenzivně udržovanou střechu (viz Tab. 2: Mocnost souvrství využitelná pro kořenění rostlin u různých způsobů ozelenění a forem vegetace). Uvedené údaje je však nutné upravit podle toho, v jaké klimatické oblasti se zelená střecha nachází. V oblastech s delším obdobím beze srážek je potřeba mocnost vegetační vrstvy zvýšit.

Pokud je součástí vegetačního souvrství i hydroakumulační vrstva (desky, panely), je možné mocnost vegetační vrstvy snížit. Každopádně je třeba panely překrýt vrstvou substrátové směsi odpovídající požadavkům rostlin na hydrofyzikální vlastnosti vegetačního souvrství, a také požadavkům na zatížení hydroizolace podle projektu (viz. kapitola 7.10 Ochrana proti účinkům větru) a požadavkům požárních norem a předpisů.

9 VEGETAČNÍ SOUVRSTVÍ ŠIKMÝCH ZELENÝCH STŘECH

9.1 OBECNĚ

Rozlišujeme šikmé zelené střechy s mírným sklonem (5°–20°) a s velkým sklonem (20°–45°).

Pro souvrství střešního pláště šikmých, strmých nebo geometricky zakřivených střech s vegetačním souvrstvím platí požadavky uvedené v kapitole 7.9 Požadavky na souvrství střešního pláště šikmých, strmých nebo geometricky zakřivených střech s vegetačním souvrstvím.

Také vegetační souvrství těchto střech vyžaduje zvláštní pozornost jak při návrhu, tak při realizaci. Stejně jako u plochých zelených střech musí být splněny požadavky na odolnost proti prorůstání kořenů a ochranu hydroizolace střechy.

Některé materiály a produkty, běžně používané pro ploché střechy, jsou pro použití ve sklonu nefunkční nebo zcela nevhodné. Vegetační souvrství šikmých zelených střech nesmí obsahovat vrstvy nebo materiály, které by se mohly shrnovat (např. měkká nopová fólie) nebo po sobě klouzat (např. volně položená filtrační textilie na nopové fólii).

Hydroizolace s vyšším třením jsou naopak výhodou (např. hydroizolace z asfaltových pásů s břidličným posypem).

9.2 STABILIZACE VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ PROTI SESUVU

U šikmých zelených střech je od určitého sklonu (zpravidla od 15°–20°) nutná stabilizace vegetačního souvrství proti sesuvu. K tomu slouží různé zádržné a stabilizační systémy nebo prvky, které se ve většině případů pokládají volně, bez kotvení do nosné konstrukce střechy. Je-li ve výjimečném případě kotvení nutné, musí způsob kotvení, počet a rozmístění kotev navrhnout a schválit odpovědný projektant, respektive statik, a to jak z hlediska zatížení, tak i z hlediska celistvosti hydroizolace a dalších vrstev střešního pláště, případného vzniku tepelných mostů apod.

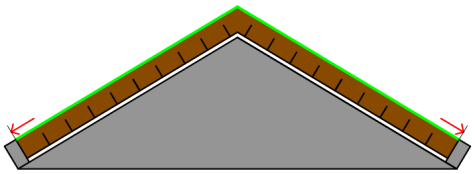
Stabilizační systém musí být z materiálu, který je trvale odolný proti vlhkosti, půdním mikroorganizmům a kořenům rostlin a nepodléhá degradaci. Slouží k zadržení vegetační vrstvy tvořené střešním substrátem proti sesuvu. Rozteče jednotlivých prvků se řídí podle pokynů výrobce, sklonu střechy a sypného úhlu substrátu.

Pro šikmé zelené střechy jsou nevhodné substráty s větším podílem oblých zrn (např. s obsahem nedrceného keramzitu). Ideální jsou substráty, jejichž zrnitostní struktura a tvar zrn redukuje riziko sesuvu na minimum.

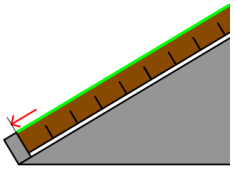
9.2.1 PŘÍKLADY ŘEŠENÍ A ZPŮSOB PŮSOBENÍ ZÁDRŽNÝCH SYSTÉMŮ

9.2.1.1 OPŘENÝ: ZATÍŽENÍ PŮSOBÍ DO OKAPNÍ HRANY

Zádržný systém je opřený o oporu dole. Tento způsob je vhodný jak pro sedlové (Obrázek 5 a), tak pultové střechy (Obrázek 5 b). Opora v okapní části musí být dimenzována na odpovídající zatížení.



Obrázek 5 a. Opřený zádržný systém – sedlová střecha.

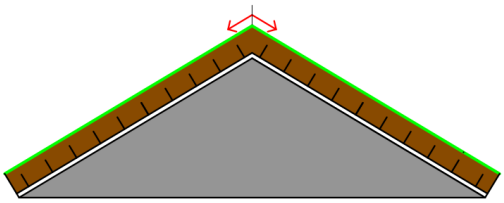


Obrázek 5 b. Opřený zádržný systém – pultová střecha.

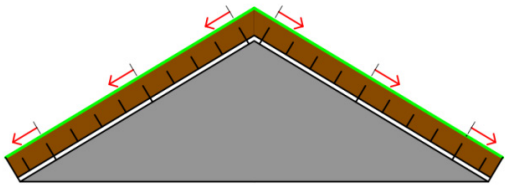
9.2.1.2 ZAVĚŠENÝ: ZATÍŽENÍ PŮSOBÍ V HŘEBENI

Zádržný systém rovnoměrně roznáší zatížení na obě strany. Tento způsob je vhodný pro sedlové a obloukové střechy (Obrázek 6 a). Při návrhu je nutné zohlednit délky protilehlých střešních rovin, případně nestejnoměrné zatížení, například táním sněhové pokrývky na jedné straně střechy. Je nutné zohlednit i tlak na vrstvy střechy (hydroizolaci a tepelné izolace) v místě hřebene.

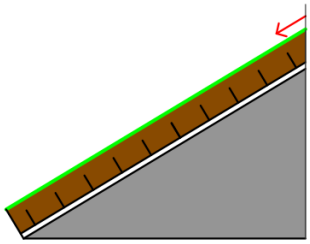
V případě pultových střech se zatížení přenáší do atiky nebo stěny v nejvyšším místě (nutné kotvení – Obrázek 6 b).



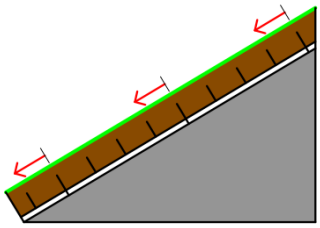
Obrázek 6 a. Zavěšený zádržný systém – sedlová střecha.



Obrázek 7 a. Plošný zádržný systém – sedlová střecha.



Obrázek 6 b. Zavěšený zádržný systém – pultová střecha.



Obrázek 7 b. Plošný zádržný systém – pultová střecha.

9.2.1.3 PLOŠNÝ: ZATÍŽENÍ SE PŘENÁŠÍ DO PLOCHY STŘECHY

Zatížení je přenášeno do plochy střechy kotvením do nosné konstrukce (Obrázek 7 a, 7 b).
Používá se výjimečně a uplatní se hlavně u tvarově složitých střech jako individuální a atypické řešení, vyžadující odborný návrh a posouzení.

Pro vegetační souvrství se sklonem nad 45° a šikmé střechy atypických tvarů většinou nelze využít standardní zavedená řešení.

9.3 OCHRANA PROTI EROZI POVRCHU

U šikmých střech je rovněž nutné zajištění proti erozi povrchu (zpravidla od 20°–25°). Toho lze dosáhnout pokládkou předpěstovaných vegetačních koberců s výztužnou vložkou nebo předpěstovaných kazet. Vegetační koberce je nutné provizorně stabilizovat proti sesuvu či účinkům sání větru, než dojde k prokořenění a zapojení rostlin.

9.4 BEZPEČNOSTNÍ OPATŘENÍ

Pro bezpečnou realizaci i následnou pravidelnou údržbu vegetačního souvrství šikmé střechy je nutná možnost zajištění pracovníků na střeše, tj. pevné kotevní body pro práci s použitím lana, na které je třeba pamatovat již v návrhu konstrukce.

10 VEGETACE

10.1 ÚČEL, POŽADAVKY NA FUNKCI, PARAMETRY

Vegetace střešní zahrady je biologicky aktivní vrstva se souborem rostlin, který je hlavním nositelem funkcí vegetační střechy. Vegetace je převážně uměle založená výsevem semen, aplikací vegetativních částí (např. řízků), pokládkou předpěstovaných rohoží a koberců nebo výsadbou. Vegetace plní funkci hygienickou (snižování prašnosti, zlepšování kvality ovzduší, snižování hluku), mikroklimatickou (zvyšování vlhkosti vzduchu, snižování teplotních výkyvů), estetickou a ekologickou (náhradní životní prostor za zastavěné pozemky zejména pro bezobratlé a ornitofaunu).

10. 2 PODMÍNKY STANOVIŠTĚ

Podmínky stanoviště tvoří klimatické a povětrnostní vlivy a faktory specifické pro budovu.

Klimatické a povětrnostní vlivy nelze změnit a je třeba jim podřídit výběr vegetace. Jsou to:

- množství a sezónní rozdělení srážek,
- výskyt suchých období,
- průměrné trvání slunečního svitu,
- výskyt období mrazu se sněhovou pokrývkou a bez ní,
- hlavní směr větru,
- místní mikroklima.

Faktory specifické pro budovu (objektově specifické faktory) lze zčásti měnit a přizpůsobit požadované vegetaci a zčásti je nelze měnit. V takovém případě je nutné přizpůsobit vegetaci těmto faktorům.
Faktory, které nelze měnit vyplývají z celkové koncepce stavby a jejího začlenění do okolí. Jsou to především:

- srážkový stín vlivem navazujících vyšších staveb,
- účinek emisí odpadního vzduchu (výduchy klimatizace či větrání),
- směr a proudění větru ovlivněné okolní zástavbou (turbulence, "tryskový" efekt),
- oslunění a využití srážek jako důsledek sklonu a expozice střechy,
- zastínění okolními vyššími objekty,
- odraz slunečního záření od velkých prosklených ploch a fasád převyšujících střešní zahradu,
- další technické struktury, např. solární systémy,
- únosnost střechy (při dodatečné realizaci střešní zahrady),
- vliv okolní vegetace (nálety, přirozená sukcese, zastínění).

Faktory, které měnit lze, vyplývají z konstrukčního řešení vegetačního souvrství (patří mezi ně zejména výška a typ substrátu a možnosti závlahy).

10.3 VÝBĚR DRUHŮ

Výběr druhů musí odpovídat stanovištním podmínkám a předpokládané intenzitě údržby (střechy intenzivní – extenzivní).
U intenzivních vegetačních střech lze za předpokladu odpovídajícího konstrukčního řešení (mocnost a kvalita substrátu) brát při výběru použitého rostlinného sortimentu ohled pouze na oslunění střechy a na klimatické podmínky lokality, a to především z hlediska vegetačního stupně (teploty). Nároky na živiny a vláhu lze řešit v rámci intenzivní údržby (zálivka, hnojení).
U extenzivních vegetačních střech je třeba vytvořit náhradní rostlinné společenstvo odpovídající zpravidla extrémním stanovištním podmínkám daným především dlouhotrvajícím nedostatkem vláhy. Podmínky extenzivních vegetačních střech nejčastěji odpovídají stanovištním okruhům SH1 (suchá step), FS1 (skalní step), M (kamenitá rohož, mělké půdy), SF (skalní štěrbiny), případně H (vřesoviště) pro kyselý substrát (stanovištní okruhy podle prof. Siebera[19]). Regionální klimatické podmínky a objektově specifické podmínky, které se v některých případech od sebe navzájem značně liší, vyžadují nižší nebo vyšší dimenzování tloušťky substrátu nebo použití hydroakumulační vrstvy.
Příklady vhodných druhů jsou uvedeny v Tab. 9: Doporučený sortiment rostlin.
V případě rozchodníků lze počítat s tím, že rozchodníky s plochými listy (např. *Sedum spurium, Sedum hybridum*) jsou náročnější na vláhu a lépe snášejí mírné přistínění (severní expozice šikmých střech, bloudivý stín). Naopak rozchodníky s velmi dužnatými až válcovitými listy (*Sedum acre, Sedum sexangulare, Sedum rupestre*) snáší nejsušší podmínky na slunečním úpalu a spokojí se s minimální vrstvou substrátu.
Výběr vhodné vegetace pro každou zelenou střechu je nutné pečlivě zvážit. Například pro biodiverzní zelenou střechu je třeba zvolit takovou vegetaci, která poskytuje dostatek pylu a nektaru a bude atraktivní pro všechny druhy hmyzu a bezobratlých. Například *Leucanthemum vulgare, Achillea millefolium* a další poskytují dobrý zdroj potravy pro všeobecné druhy hmyzu (mouchy, včely s krátkým jazykem, motýli, určití brouci, ...). Jiné druhy hmyzu, např. čmelák zahradní, vyžadují květy s delšími trubicemi (*Trifolium pratense, Lamium purpurea*, ...). Kombinací vhodných původních druhů trav a bylin můžeme docílit funkční základ pro biodiverzitu na střeše.

Tabulka 9: Doporučený sortiment rostlin – v prvním sloupci je název taxonu vžitý v zahradnické praxi, v druhém sloupci je platný vědecký název, ve třetím sloupci je české označení.

méně než 80 mm substrátu				
Sukulenty:			**Barva květu**	**Výška [cm]**
Sedum acre	*Sedum acre* L.	rozchodník ostrý	žlutá	5–12
Sedum album	*Sedum album* L.	rozchodník bílý	bílá	10
Sedum floriferum	*Phedimus floriferus* (Praeger) 't Hart	rozchodník květonosný	žlutá	15
Sedum hispanicum	*Sedum hispanicum* L.	rozchodník španělský	bílá	8
Sedum hybridum	*Phedimus hybridus* (L.) 't Hart	rozchodník	žlutá	10
Sedum reflexum	*Sedum reflexum* L.	rozchodník skalní	žlutá	15
Sedum rupestre	*Sedum rupestre* L.	rozchodník suchomilný	žlutá	15
Sedum sexangulare	*Sedum sexangulare* L.	rozchodník šestiřadý	žlutá	10
Sedum spurium	*Sedum spurium* M. Bieb.	rozchodník pochybný	růžová	15
Sempervivum arachnoideum	*Sempervivum arachnoideum* L.	netřesk pavučinatý	bílá	8
Sempervivum montanum	*Sempervivum montanum* L.	netřesk horský	růžová	10
Jovibarba spec.	*Jovibarba globifera* (L.) J. Parn.	netřesk výběžkatý	bělavá	5

19 HANSEN, Richard a STAHL, Friedrich. *Die Stauden und ihre Lebensbereiche in Gärten und Grünanlagen.* Ulmer Verlag, 1997. ISBN: 978-3-8001-6630-5. *Stanovištní okruhy trvalek a stručný popis stanovištních okruhů obsahuje také většina katalogů perenářských školek.*

minimálně 80 mm substrátu				
Byliny:			**Barva květu**	**Výška [cm]**
Achillea millefolium	*Achillea millefolium* agg.	řebříček	bílá	15–50
Allium schoenoprasum	*Allium schoenoprasum* L.	pažitka	růžová	9–40
Campanula rotundifolia	*Campanula rotundifolia* L.	zvonek okrouhlolistý	světle modrá	9–40
Dianthus carthusianorum	*Dianthus carthusianorum* L.	hvozdík kartouzek	tm. purpurová	15–40
Dianthus deltoides	*Dianthus deltoides* L.	hvozdík kropenatý	červená	9–30
Euphorbia myrsinites	*Euphorbia myrsinites* L.	pryšec chvojka	žlutá	25
Hieracium pilosella	*Pilosella officinarum* Vaill.	jestřábník chlupáček	žlutá	5–25
Hypericum perforatum	*Hypericum perforatum* L.	třezalka tečkovaná	žlutá	30–60
Linaria cymbalaria	*Cymbalaria muralis* P. Gaertn., B. Mey. & Scherb.	lnice zední	světle fialová	30–60
Linum perenne	*Linum perenne* L.	len vytrvalý	modrá	20–80
Origanum vulgare	*Origanum vulgare* L.	dobromysl obecná	sv. purpurová	20–60
Petrorhagia saxifraga	*Petrorhagia saxifraga* (L.) Link	hvozdíček lomikamenovitý	bílo-růžová	9–25
Prunella grandiflora	*Prunella grandiflora (L.)* Scholler	černohlávek velkokvětý	modrofialová	9–30
Saponaria officinalis	*Saponaria officinalis L.*	mydlice lékařská	bílo-růžová	30–80
Sedum reflexum	*Sedum reflexum L.*	rozchodník skalní	žlutá	15–35
Teucrium chamaedrys	*Teucrium chamaedrys L.*	ožanka kalamandra	růžová	15–30
Thymus pulegioides	*Thymus pulegioides L.*	mateřídouška vejčitá	sv. purpurová	5–30
Thymus serpyllum	*Thymus serpyllum L.*	mateřídouška úzkolistá	sv. purpurová	5–15
Viola arvensis	*Viola arvensis* Murray	violka rolní	bělavá	5–20
Trávy:				
Festuca ovina	*Festuca ovina L.*	kostřava ovčí	-	do 60
nad 100 mm substrátu				
Byliny:			**Barva květu**	**Výška [cm]**
Achillea millefolium	*Achillea millefolium agg.*	řebříček obecný	bílá	60
Achillea tomentosa	*Achillea tomentosa L.*	řebříček	žlutá	20
Allium roseum	*Allium roseum L.*	česnek růžový	růžová	15
Allium schoenoprasum	*Allium schoenoprasum L.*	pažitka	fialová	25
Antennaria dioica	*Antennaria dioica (L.)* Gaertn.	kociánek dvoudomý	bílá	15
Anthemis tinctoria	*Cota tinctoria (L.)* J. Gay	rmen barvířský	žlutá	40–60
Aster linosyris	*Galatella linosyris (L.)* Rchb. f.	hvězdnice zlatovlásek	žlutá	25
Campanula rotundifolia	*Campanula rotundifolia L.*	zvonek okrouhlolistý	modrá	30
Centaurea scabiosa	*Centaurea scabiosa L.*	chrpa čekánek	bílá	40
Dianthus carthusianorum	*Dianthus carthusianorum L.*	hvozdík kartouzek	červená	60
Hieracium pilosella	*Pilosella officinarum* Vaill.	jestřábník chlupáček	žlutá	20
Hieracium x rubrum	*Pilosella rubra (Peter)* Soják	jestřábník oranžový	červená	25
Chrysanthemum leucanthemum	*Leucanthemum vulgare Lam.*	kopretina bílá	bílá	40
Iris pumila	*Iris pumila L.*	kosatec nízký	směs	25
Iris tectorum	*Iris tectorum Maxim.*	kosatec střešní	směs	35
Origanum vulgare	*Origanum vulgare L.*	dobromysl – oregáno	růžová	15
Petrorhagia saxifraga	*Petrorhagia saxifraga (L.)* Link	hvozdíček lomikamenovitý	bílá	12

Potentilla verna	*Potentilla verna L.*	mochna jarní	žlutá	10
Prunella grandiflora	*Prunella grandiflora (L.)* Scholler	černohlávek velkokvětý	modrá	12
Pulsatilla vulgaris	*Pulsatilla vulgaris Mill.*	koniklec německý	modrá	20
Ranunculus bulbosus	*Ranunculus bulbosus L.*	pryskyřník hlíznatý	žlutá	30
Sanguisorba minor	*Sanguisorba minor Scop.*	krvavec menší	bílá	15
Saponaria ocymoides	*Saponaria ocymoides L.*	mydlice bazalkovitá	růžová	15
Scabiosa canescens	*Scabiosa canescens* Waldst. & Kit.	hlaváč šedavý	modrá	25
Sedum album	*Sedum album L.*	rozchodník	bílá	12
Sedum floriferum	*Phedimus floriferus (Praeger)* 't Hart	rozchodník květonosný	žlutá	15
Sedum reflexum	*Sedum reflexum L.*	rozchodník skalní	žlutá	15
Sedum sexangulare	*Sedum sexangulare L.*	rozchodník šestiřadý	žlutá	12
Sedum spurium	*Sedum spurium M. Bieb.*	rozchodník	červenavá	15
Sedum telephium	*Hylotelephium telephium (L.)* H. Ohba	rozchodník	červenavá	50
Teucrium chamaedrys	*Teucrium chamaedrys L.*	ožanka kalamandra	růžovofialová	25
Thymus montanus	*Thymus pulegioides subsp. montanus (Benth.)* Ronniger	mateřídouška horská	růžovofialová	10
Thymus serpyllum	*Thymus serpyllum L.*	mateřídouška úzkolistá	růžovofialová	12
Verbascum nigrum	*Verbascum nigrum L.*	divizna černá	žlutá	60
Verbascum phoeniceum	*Verbascum phoeniceum L.*	divizna brunátná	modrá	60
Veronica teucrium	*Veronica teucrium L.*	rozrazil ožankovitý	modrá	40
Trávy:				
Bromus tectorum	*Bromus tectorum L.*	sveřep střešní		40
Carex flacca	*Carex flacca* Schreber	ostřece chabá		20
Carex humilis	*Carex humilis* Leyss.	ostřice nízká		15
Festuca amethystina	*Festuca amethystina L.*	ostřice ametystová		20
Festuca ovina	*Festuca ovina L.*	kostřava ovčí		20
Festuca rupicaprina	*Festuca rupicaprina (Hack.)* A. Kern.	kostřava kamzičí		20
Festuca valesiaca	*Festuca valesiaca* Gaudin	kostřava valiská		20
Melica ciliata	*Melica ciliata L.*	strdivka brvitá		40
Poa compressa	*Poa compressa L.*	lipnice smáčknutá		20
Listnaté dřeviny:				
Amelanchier ovalis	*Amelanchier ovalis* Medik.	muchovník oválný	bílá	180
Salix lanata	*Salix lanata L.*	vrba bobkolistá	žlutá	150
Genista lydia	*Genista lydia Boiss.*	kručinka	žlutá	40
Cytisus purpureus	*Chamaecytisus purpureus (Scop.)* Link	čilimník purpurový	purpurová	50
Rosa pimpinellifolia	*Rosa spinosissima L.*	růže bedrníkolistá	růžová	60
Jehličnaté dřeviny:				
Juniperus communis	*Juniperus communis L.*	jalovec plazivý		40–60
Pinus mugo mughus	*Pinus mugo subsp. mugo* Turra	borovice kleč		20–40

10.4 POŽADAVKY NA OSIVO A SADBU

Při požadavcích na osivo, rostliny a vegetaci se rozlišují následující skupiny podle způsobu množení a dodávky:

- osivo,
- rostlinné řízky,
- cibule, hlízy a oddenky,
- sadba trvalek a dřevin,
- předpěstované travní koberce,
- předpěstované vegetační rohože a panely.

Veškeré osivo a sadba musí odpovídat příslušným zákonným a podzákonným normám, pokud pro daný typ rostlinného materiálu existují. Základní všeobecné právní normy pro nakládání s osivem a sadbou jsou: zákon 219/2003 Sb. o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby) v platném znění a vyhláška 129/2012 Sb. o podrobnostech uvádění osiva a sadby pěstovaných rostlin do oběhu v platném znění. Další související právní předpisy jsou uvedeny v poznámce pod čarou.[20]

Pro množitelský materiál nezahrnutý do předchozích právních norem platí obecné požadavky na kvalitu. Všechny rostliny (trvalky i dřeviny) musí být dobře vyvinuté, silné a dostatečně odolné, nepřehnojené dusíkem. Rostliny se nesmí expedovat přímo ze skleníku nebo fóliovníku a musí být otužilé. Pěstební substráty pro rostliny pěstované v kontejnerech a plochých balech by měly být převážně minerálního složení; výjimkou jsou substráty pro speciální rostliny do humózních půd. Rostliny s balem vypěstované v soudržné zemině jsou pro zelené střechy zpravidla nevhodné. Baly nesmí obsahovat cizorodou vegetaci, zejména druhy, které silně odnožují a tvoří oddenky.

Osivo musí odpovídat příslušným zákonným a podzákonným normám.

Řízky

Rozhoz řízků se uplatňuje především u rozchodníků. Rostlinné řízky musí být získány převážně ve vegetativních obdobích růstu. Nesmí obsahovat houbovité choroby a živočišné škůdce a jejich velikost musí umožňovat bezpečné ujmutí.

Cibule, hlízy a oddenky

Pro cibuloviny a hlízy rostlin platí požadavky normy ČSN 46 4751:2002 Cibule a hlízy květin [22]. U hlíz a oddenků, které jsou dodávány s kořenovým balem, platí požadavky uvedené dále pro sadbu trvalek.

Sadba trvalek musí odpovídat ČSN 46 4750:1984 Trvalky a skalničky [23]. Výška balu trvalek musí být vždy menší, než je mocnost vegetační vrstvy. Rostliny musí být předpěstovány v substrátech obsahujících převážně minerální složky. Trvalky pěstované v lepivých půdách jsou pro zelené střechy nevhodné. Pro extenzivní zelené střechy jsou zpravidla vhodné pouze trvalky v plochých nebo malých balech. Rostliny pro extenzivní zelené střechy musí být silně vyvinuté a dostatečně otužilé, nesmí být expedovány ze skleníku a smí být pouze omezeně hnojeny dusíkem.

Sazenice dřevin se používají zásadně kontejnerované. Prostokořenné sazenice jsou nevhodné stejně, jako výpěstky s balem dobývané z půdy. Výška balu sazenic musí být vždy menší, než je mocnost vegetační vrstvy. Sazenice musí odpovídat ČSN 46 4901:1990 Osivo a sadba [24]. Sadba okrasných dřevin ČSN 46 4902:1984 Výpěstky okrasných dřevin. Společná a základní ustanovení [25].

Travní koberce mohou být předpěstovány na nosné vložce i bez ní na slabě až středně humózní písčité půdě nebo musí být dodány bez půdy. Druhové složení travního koberce musí odpovídat stanovištním podmínkám, resp. typu vegetační střechy. Trávníky na extenzivních vegetačních střechách je vhodnější zakládat výsevem. Pokládané travní koberce mohou obsahovat barevné jeteloviny pouze v případě záměrné pokládky trávobylinných koberců.

Vegetační rohože jsou předpěstované rostlinné koberce. Obsahují-li nosnou vložku, musí být vhodná pro pěstování, přepravu, pokládku a účel použití. Nosná vložka může být vytlívající nebo trvalá.[21] V místech, kde dochází k namáhání vegetačních rohoží tahem (šikmé střechy), je třeba použít trvalou nosnou vložku k tomu uzpůsobenou (vložka se nesmí tahem deformovat). Nosná vložka musí plnit svoji funkci až do prokořenění vegetační vrstvy do té míry, že není možné oddělit rohož od podkladu. Je nutné, aby vegetační rohože měly rovnoměrnou tloušťku a umožňovaly pokládku bez mezer a prázdných míst. Vegetace musí být před pokládkou dostatečně prokořeněná a zapojená. Je třeba zajistit, aby vegetační rohože předpěstované pod krytem (skleník, fóliovník) byly dopěstovány bez krytu a byly dostatečně otužilé. Druhové složení vegetační rohože musí odpovídat stanovištním podmínkám, resp. typu vegetační střechy a musí být předem definované.

Celkové plošné pokrytí rohože vegetací musí před pokládkou činit nejméně 75 % plochy. Podíl cizorodé vegetace je přípustný maximálně do 2 % pokrytí. Ztráta výplňového substrátu v důsledku sklizně, přepravy a pokládky nesmí činit více než 3 % celkové plochy. Velikost dílčí plochy bez výplňového substrátu nesmí činit více než 3 cm^2. Na jednom metru čtverečním vegetační rohože nesmí být více než 10 dílčích ploch této velikosti. Větší podíl menších výpadků je přípustný, nesmí však v součtu činit více než 3 % z celkové plochy.

Vegetační panely jsou prefabrikované bloky celého vegetačního souvrství se zapěstovanou vegetací. V úvahu přicházejí zejména panely s vegetační vrstvou tvořenou minerální vatou. Na trhu nejsou dosud v běžné nabídce a s jejich použitím není dostatek zkušeností.

---

20 Přehled právních norem platných ke dni vydání standardů: zákony: 279/2013 Sb., 54/2012 Sb., 331/2010 Sb., 300/2009 Sb., 281/2009 Sb., 227/2009 Sb., 223/2009 Sb., 96/2009 Sb., 299/2007 Sb., 316/2006 Sb., 178/2006 Sb., 32/2006 Sb., 554/2005 Sb., 444/2005 Sb., 219/2003 Sb., vyhlášky: 91/2014 Sb., 42/2014 Sb., 430/2013 Sb., 410/2013 Sb., 409/2013 Sb., 290/2012 Sb., 129/2012 Sb., 404/2011 Sb., 168/2011 Sb., 61/2011 Sb., 389/2010 Sb., 378/2010 Sb., 298/2010 Sb., 446/2009 Sb., 369/2009 Sb., 11/2009 Sb., 320/2007 Sb., 231/2007 Sb., 125/2007 Sb., 581/2006 Sb., 449/2006 Sb., 384/2006 Sb., 332/2006 Sb., 40/2005 Sb., 206/2004 Sb., 175/2004 Sb., 147/2004 Sb., 8/2004 Sb. a nařízení vlády 246/2004 Sb.

21 Vytlívající vložky se zhotovují z přírodních materiálů (juta, kokos), trvalé vložky se vyrábí ze syntetických materiálů.

10.5 ZPŮSOBY ZALOŽENÍ VEGETACE

- výsevem (jen ploché střechy), *)
- řízky a vegetativními částmi (jen ploché střechy), *)
- výsadbou trvalek a dřevin (jen ploché střechy),
- hydroosevem,
- pokládkou předpěstovaných koberců a rohoží,
- kombinací způsobů.

**) Na šikmé střechy lze výsev a řízky aplikovat jen při fixaci semen či řízků speciální technologií (např. hydroosevem).*

Nejpoužívanějším způsobem zakládání zelených střech je výsev, výsadba a aplikace řízků rostlin. Kombinace výsevu a výsadby je nejlepší volbou s ohledem na biodiverzitu. Zatímco vyseté byliny se ještě vyvíjejí, vysazené rostliny rychleji zaplní plochu.
Při provedení je v závislosti na použitém postupu nutné dodržovat normy ČSN 83 9021:2006 [26], ČSN 83 9031:2006 [27] a ČSN 83 9041:2006 [28]. Při založení výsevem musí výsevní množství zajistit optimální pokryvnost při současném respektování sklonu, termínu výsevu apod.
Pro jednotlivé postupy založení vegetace jsou doporučena tato standardní množství osiva a sadby:

Tab. 10: Doporučené výsevní množství travních druhů vysévaných v extenzivní monokultuře

Travní druh	g·m^{-2}	HTS (g)	Počet semen·m^{-2}
Bojínek cibulkatý	1,0	0,25	4 000
Jílek vytrvalý 2n (diploidní)	2,5	2,00	1 250
Kostřava červená	1,8	0,90	2 000
Kostřava ovčí	1,4	0,90	1 556
Kostřava rákosovitá	2,3	2,10	1 095
Lipnice hajní	1,3	0,20	6 500
Lipnice luční	1,3	0,23	5 652
Lipnice smáčknutá	1,0	0,18	5 555
Metlice trsnatá	1,4	0,28	5 000
Poháňka hřebenitá	2,0	0,45	4 444
Psineček obecný	0,8	0,09	8 888
Psineček výběžkatý	1,0	0,12	8 333

Tab. 11: Doporučené výsevky výsevních směsí pro trávníky a trávobylinné porosty podle systému RSM

Typ trávníku	Výsevek v g·m^{-2}
Intenzivní travnatý	25–30
Intenzivní psinečkový (golfový green na střeše)	5
Extenzivní travnatý	15–20
Extenzivní travobylinný	5–10

Při založení vegetace rozhozem řízků: na 1 m^2 se doporučuje použít 150 g řízků, minimálně však 350 ks, vhodná je směs nejméně čtyř druhů.

Při kombinovaném postupu (výsev s řízky): poloviční výsevní množství oproti samostatnému výsevu plus 75 g řízků, minimálně však 175 ks řízků na 1 m^2, nejméně čtyř druhů.
Při výsadbě trvalek: minimálně 16 ks·m^{-2} při velikosti kontejneru 50 cm^3, při menších velikostech balu je třeba počet poměrně zvýšit. Spon výsadby dřevin se řídí vzrůstností a dalšími vlastnostmi použitých druhů a kompozičním záměrem.
Předpěstované travní koberce: pokládka se řídí ČSN 83 9031 [27]. Předpěstované rohože je možné pokládat obdobně jako travní koberce souvisle na sraz nebo je lze kombinovat s jinou technologií (výsev, řízky, výsadba), a potom se pokládají šachovnicovým způsobem či v oddělených pásech. Položené rohože se stejnoměrně přitlačí a okamžitě po položení zavlaží dávkou 15–20 l·m^{-2}. Zálivku je třeba opakovat v závislosti na průběhu počasí, obvykle v menších dávkách 1–3krát denně po dobu dvou týdnů.
Hydroosev je speciální způsob osévání ploch, při kterém se nástřikem nanáší směs osiva, mulčovacího materiálu, fixátoru a dalších přísad s vodou. Po promíchání všech komponent v nádrži probíhá nástřik homogenní suspenzí na určené plochy. Vlastní nástřik se provádí vysokým tlakem různými typy rozprašovacích trysek. Mulčovací materiál a fixátor pomáhají držet půdu a osivo v požadovaném místě do doby, než tuto funkci převezme vlastní porost. Mulčovací materiál a fixátor stabilizují povrch, minimalizují spláchnutí osiva silnými dešti snižují výpar a vysychání půdy. Hydroosevní směs může obsahovat i přísady pro urychlení klíčení a doplnění živin potřebných pro růst rostlin. Mimo semen lze k hydroosevu použít i směs s řízky rozchodníků.

10.6 ZAJIŠTĚNÍ STABILITY VĚTŠÍCH DŘEVIN

Zajištění stability větších dřevin lze provést pomocí:

- vyvázání,
- kotvení,
- prokořenitelné textilie,
- prokořenitelné mříže,
- speciální konstrukce.

Vyvázání a ukotvení slouží k přechodnému zajištění stability dřevin. Kovové součásti musí být odolné proti korozi. Během doby, kdy je vyvázání a kotvení dřeviny nutné, je potřeba pravidelně kontrolovat, zda nedochází k zaškrcení dřevin, nežádoucímu tlaku nebo střihu. Vyvázání a kotvení musí být řešeno jako demontovatelné.
Prokořenitelné textilie, mříže a speciální konstrukce sloužící k trvalému zajištění stability dřevin v mělkých vegetačních vrstvách musí být plně funkční po celou dobu životnosti vegetační střechy.

Vyvázání
Vyvazovací dráty a lana by měla být opatřena napínacím mechanizmem. Upevnění může být provedeno:

- přímo na budově nad úrovní hydroizolace pomocí závitových kotev. Prvky musí být demontovatelné.
- na konstrukcích jako jsou obrubníky, stěny, velkoformátové dlaždice, a to při splnění konstrukčních a statických předpokladů,
- na základových patkách, např. zapuštěných do vegetačního souvrství. Přitom nesmí být překročeno dovolené zatížení nos-

ných konstrukcí a/nebo tepelné izolace a hydroizolace. Vyvázání k základovým patkám by nemělo překročit úhel 60°.

Kotvení k podpůrným konstrukcím
Podpůrné konstrukce ve tvaru trojúhelníku nebo čtyřúhelníku jsou vhodné ke kotvení stromů. Zhotovují se z ocelových trubek s antikorozní ochranou povrchu. Jednotlivé opory musí být podloženy roznášecí deskou.
Prokořenitelná tkanina, mříž nebo speciální konstrukce – nesmí způsobovat nežádoucí škrcení kořenů. Mohou se používat při dostatečném zatížení vhodným substrátem.

11 ROZVOJOVÁ (DOKONČOVACÍ) PÉČE

Dokončovací péče je definována v normách ČSN 83 9021[26] a ČSN 83 9031 [27], přičemž požadavky a výkony lze odpovídajícím způsobem přenést i na intenzivní zelené střechy. U extenzivních a částečně u jednoduchých intenzivních zelených střech je nutné výkony a požadavky diferencovat. V závislosti na povětrnostních podmínkách a vývoji vegetace se opatření údržby stanovují a provádějí u konkrétních objektů individuálně. Vychází se při tom z požadovaného stavu a formy vegetace v okamžiku převzetí. Mohou sem patřit tyto úkony:

- zavlažování,
- startovací hnojení,
- následné přihnojení,
- odstraňování nežádoucí vegetace,
- plošný sestřih,
- zaválcování při nadzvednutí mrazem,
- zapravení spár vegetačních rohoží,
- tvarování dřevin,
- dosev či dosadba,
- likvidace škůdců,
- odstraňování listí a zarůstající vegetace z okolí technických zařízení, štěrkových pásů a dlažeb,
- odstraňování listí z ploch vegetace.

Hnojení a přihnojování
Doplňkové přihnojení je třeba provádět v závislosti na zásobě živin v substrátu a požadavcích pěstovaných rostlin, a proto následující doporučené dávky lze brát pouze jako orientační. Konkrétní dávky hnojiva, poměry živin a četnost aplikace musí vycházet z kvalifikovaného zhodnocení stavu vegetace nebo půdního rozboru.
Střešní substráty mají zpravidla nízký až střední obsah živin, při jarní výsadbě se doporučuje do vegetační vrstvy zapravit startovací dávku hnojiva s poměrem hlavních živin N: P: K = 1: 0,25–0,35: 0,8–1,2. V případě aplikace startovního hnojení je třeba preferovat hnojiva s řízeným uvolňováním živin, a to v dávce odpovídající 5 g·m^{-2} dusíku na extenzivní zelené střechy a v dávce odpovídající 8 g·m^{-2} dusíku na intenzivní zelené střechy, aby nedocházelo k vyplavování živin. Jedná se zejména o hnojiva s granulemi, která uvolňují živiny v závislosti na teplotě a vlhkosti, a která mají relativně přesně stanovenou časovou účinnost.
Vhodné je např. zásobní hnojivo se stopovými živinami s účinností 5–6 měsíců. Celkové doporučené dávce dusíku 5 g·m^{-2} během vegetačního období na extenzivních zelených střechách odpovídá kolem 35 g uvedeného hnojiva na metr čtvereční. Daným hnojivem se dodá i odpovídající množství fosforu a draslíku (1,4 g·m^{-2} P a 3,2 g·m^{-2} K). Na intenzivních, popř. polointenzivních zelených střechách je doporučená dávka dusíku 7–8 g·m^{-2}, tomu odpovídá 49–56 g·m^{-2} uvedeného hnojiva. Stejnou dávku hnojiva se doporučuje aplikovat i na začátku vegetačního obdobím (duben/květen) v následujících letech.
Na intenzivních zelených střechách se, vzhledem k širokému spektru pěstovaných rostlin, systémy hnojení, použitá hnojiva a dávky živin mohou více přizpůsobit dané kultuře.
U výsevů trávobylinných směsí se doplňkové hnojení neprovádí.

Odstraňování nežádoucí vegetace
Odstranění nežádoucí vegetace se provádí podle situace a potřeby. Vždy je nutné zvolit četnost prací v závislosti na celkových okolnostech a podmínkách. Důležité je vzít v potaz i okolní stromy, které produkují létavá semena, která v podmínkách zelených střech velmi dobře klíčí a mohou plochu velmi rychle zaplevelit semenáčky stromů. Platí zde stejná pravidla jako u běžného odplevelování, tzn. práce musí být prováděna včas, dokud se nežádoucí rostliny nevysemení anebo se nezačnou dál šířit svými vegetačními částmi. Toto platí zejména pro úporné plevele zelených střech, jako např.: *Cardamine hirsuta* (řeřišnice srstnatá), *Echinochloa crus-gali* (ježatka kuří noha) *Oxalis corniculata* (šťavel růžkatý).
Četnost a výška plošného sestřihu se volí dle typu vegetačního krytu. Zpravidla se jedná u extenzívních střech 1–2krát ročně, u intenzivních střech v závislosti na typu vegetace a vývoje porostu.
Listí je třeba odstraňovat i z vegetačních ploch, protože při jeho ponechání dochází k přirozenému rozkladu a kompostování, v důsledku čehož se mění vlastnosti substrátů.

12 PODMÍNKY PŘEVZETÍ VEGETACE

Kolaudace zelené střechy se provádí zpravidla v okamžiku dosažení vyhovujícího stavu pro přejímku. Jestliže se zadavatel zřekne dokončovací údržby prováděné dodavatelem, probíhá přejímka bezprostředně po výsadbě, resp. výsevu nebo rozhozu řízků.
Za samostatné části plnění, které jsou předmětem samostatné přejímky, se považují:

- dokončení hydroizolace, jestliže součástí dodávky je jak hydroizolace, tak i vegetační souvrství,
- dokončení skladby vegetačních ploch, nelze-li návazně provést výsadbu nebo výsev.

Pro zelené střechy je vyhovující stav k předání, kromě platných norem ČSN 83 9021 Technologie vegetačních úprav v krajině – Rostli-

ny a jejich výsadby a ČSN 83 9031 Technologie vegetačních úprav v krajině – Trávníky a jejich zakládání, definován také následujícími kritérii:

- Použité materiály pro skladbu vegetačního souvrství musí být v souladu se schválenými parametry, normami a technologickými postupy uvedenými v těchto standardech a charakterizujícími použité materiály zelených střech. Splnění těchto ukazatelů zhotovitel doloží certifikáty nebo jinými závaznými dokumenty, které prokazují splnění deklarovaných vlastností materiálů.
- Vysetá anebo vysazená vegetace musí vytvářet rovnoměrný vegetační pokryv odpovídající architektonickému záměru. Vegetační pokryv založený výsevem nebo z řízků musí vykazovat minimálně 60 % pokrytí povrchu substrátu. Podíl vysazených a vysetých druhů rostlin musí tvořit minimálně 75 % z celkového zastoupení vegetace a tyto rostliny musí vykazovat dobrý zdravotní stav a vitalitu. U výsevů musí vegetace obsahovat minimálně 60 % druhů obsažených ve vyseté směsi osiva. Při zjišťování stupně pokrytí je třeba brát v úvahu běžný stav rostlin příslušného druhu v příslušné roční době. Nevyvinutá a cizorodá vegetace se do požadovaného stupně překrytí nepočítá, a pokud její podíl přesahuje 20 %, nelze dílo považovat za schopné převzetí.
- Vegetační rohože musí být pevně zakořeněné do podloží tak, aby je nebylo možné nadzvednout. Podíl požadovaných druhů rostlin musí být větší než 80 %. Spáry mezi rostlinami nesmí zabírat více než 10 % z celkové plochy. Při zjišťování stupně pokrytí je třeba brát v úvahu běžný stav rostlin příslušného druhu v příslušné roční době.
- Zeleň založená z rostlin v kontejnerech musí vytvářet ucelený porost. Toleruje se výpadek do 5 %, pokud tím není narušen celkový vzhled a dojem. Vzrůst rostlin musí odpovídat příslušnému druhu a rostliny musí kořenit v substrátu vegetační vrstvy.
- Zeleň založená výsadbou z multiplat musí vykazovat rovnoměrné pokrytí osázeného povrchu. Toto je třeba stanovit individuálně s přihlédnutím ke konkrétnímu druhu použitého rostlinného materiálu, přičemž by pokrytí mělo činit minimálně 60 % povrchu.
- Vegetace, která je přebujelá nadměrným hnojením, je považována za nevhodnou k převzetí. V takovém případě je žádoucí předávací řízení odložit minimálně o jeden rok, aby se prověřil stav a kvalita odolnosti vegetace během tohoto období.

13 NÁSLEDNÁ PÉČE A ÚDRŽBA

Pro zeleň na rostlém terénu je péče ve fázi vývoje a průběžná péče definována v ČSN 83 9051:2006 Technologie vegetačních úprav v krajině – Rozvojová a udržovací péče o vegetační plochy [29], ustanovení této normy lze odpovídajícím způsobem přenést i na intenzivní zelené střechy.

Pro extenzivní a částečně i pro jednoduché intenzivní zelené střechy je třeba opatření péče a údržby stanovit individuálně pro konkrétní objekt podle způsobu ozelenění, formy vegetace, stavu a tendence vývoje vegetace. Potřebná technická kontrola hydroizolace zůstává tímto nedotčena.

Rozpětí forem cílové vegetace se pohybuje od esteticko-ornamentální na straně jedné po ekologicko-účelovou vegetaci na straně druhé. Jednoznačně vymezené formy mohou postupem času splynout v důsledku samovolného vývoje, což může být záměrem. V opačném případě je nutné zajistit odpovídající údržbu. V následujícím textu jsou uvedeny výkony, které přicházejí v úvahu. Je třeba, aby výběr, způsob a rozsah těchto úkonů pro konkrétní objekt stanovil odborník.

Důrazně se doporučuje, aby byly uzavírány smlouvy o údržbě a odborném dohledu včetně stanovení dlouhodobé koncepce ze strany projektanta odpovídajícího za projekt a prováděcí firmy, a to jak pro intenzivní, tak i pro extenzivní zelené střechy a minimálně na dobu platnosti záruky.

Ve smluvních podmínkách je třeba stanovit a popsat jednotlivé placené úkony co do druhu, rozsahu, období a doby trvání podle velikosti ploch (např. 1 m^2 vegetační plochy, štěrkových pásů, dlažby), počtu kusů nebo délky (např. zavlažovacích nebo odvodňovacích prvků), případně následně dohodnout další úkony podle potřeby.

Při pracích na střechách vysokých více než 3 m je nutné použít zařízení k zajištění osob proti pádu z výšky a je nezbytné dodržovat příslušné předpisy o bezpečnosti práce (viz kapitola 7.12 Bezpečnost).

Při čistění fasád je nutné chránit vegetaci a vegetační souvrství před zanesením škodlivých látek.

13.1 EXTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY

Po dokončovací údržbě a převzetí nastává u vegetace na extenzivních zelených střechách přirozený dynamický vývoj a utváření vegetace. Ten lze omezeně ovlivnit cílenými zásahy, např. sestřihem nebo odstraňováním jednotlivých rostlin. Náletový plevel, rostlinné druhy vyššího vzrůstu s tendencí vytlačovat jiné druhy, např. některé luskoviny, je nutné odstranit v raném stadiu.

Ošetřování extenzivních zelených střech ve fázi vývoje trvá po omezenou dobu po převzetí, do dosažení 90% pokrytí plochy vegetací. Může trvat v závislosti na způsobu ozelenění a stavu vývoje vegetace i déle než dva roky. Především u vegetačních substrátů pro jednovrstvé skladby a u střech s větším sklonem je třeba po tuto dobu zajistit dostatečný přísun živin.

Pro zjištění potřebného rozsahu údržby stačí zpravidla jedna až dvě inspekce za rok. Obvykle jsou potřeba 2–3 zásahy údržby za rok. U extenzivních zelených střech bývají zapotřebí zejména tyto úkony:

- zásobování živinami, doplňkové přihnojení je třeba provádět přiměřeně v závislosti na zásobě živin v substrátu a požadavcích pěstovaných rostlin,
- zavlažování ploch při dlouhotrvajícím suchu, zejména na šikmých střechách silně vystavených slunečnímu svitu,
- odstraňování náletových dřevin a jiné nežádoucí vegetace,
- sestřih za účelem prosvětlení,
- dosetí osivem, resp. doplnění řízků rozchodníků v místech větších výpadků,
- dosadba v místech větších výpadků,
- doplňování substrátu v případě eroze,
- ochrana rostlin,
- odstraňování listí a zarůstající vegetace z okolí technických zařízení, ze štěrkových pásů a dlažeb,
- odstraňování listí z vegetačních ploch, pokud hrozí, že by v nadměrném množství dusilo vegetaci (např. ořechové apod.).

Okrajový štěrkový pás a spáry dlažby mohou zarůstat samovolně. Rostliny menšího vzrůstu, např. mechy, rozchodníky a byliny nebo trvalky tvořící nízké polštáře lze tolerovat (pokud nehrozí např. zarůstání pod oplechováním a lemy např. nízkých atik, střešních oken, světlíků apod.). Nežádoucí vegetaci, především v protipožárních pásech, je nutné odstraňovat při pravidelné údržbě, jejíž způsob, rozsah a četnost je třeba dohodnout.

13.2 INTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY

Na plochách intenzivní a jednoduché intenzivní zeleně mohou být podle použité vegetace prováděny tyto úkony:

- nakypření a vyčistění vegetačních ploch,
- odstranění nežádoucí vegetace, především náletových dřevin,
- odstranění plevele,
- hnojení,
- zavlažování,
- ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům,
- sestřih,
- mulčování,
- odstranění listí,
- zabezpečení na zimní období,
- seřízení kotevních prvků,
- odstranění již nepotřebných kotevních prvků,
- kontrola a přezkoušení zavlažovacích automatů, zazimování závlahy,
- kontrola odvodňovacích zařízení,
- odstraňování nežádoucí vegetace z okrajových a bezpečnostních pásů, dlažeb a jiných zpevněných povrchů.

Ošetření je nutné zpravidla 4–8krát do roka.

U trávníků na intenzivních a jednoduchých intenzivních zelených střechách mohou být vyžadovány tyto úkony:

- sečení,
- odstranění posečené hmoty,
- odstranění plevele,
- hnojení,
- zavlažování,
- ochrana rostlin,
- odstranění listí,
- vertikutace,
- provzdušnění,
- pískování.
- dosev,
- kontrola a přezkoušení zavlažovacích automatů, zazimování závlahy,
- kontrola odvodňovacích zařízení,
- odstraňování nežádoucí vegetace z okrajových a bezpečnostních pásů, dlažeb a zpevněných povrchů.

Ošetření je nutné zpravidla 1–12krát do roka.

U lučních forem vegetace a letničkových luk na intenzivních a jednoduchých intenzivních zelených střechách mohou být vyžadovány tyto úkony:

- sečení,
- odstranění posečené hmoty,
- odstranění plevele,
- zavlažování,
- odstranění listí,
- dosadba,
- kontrola a přezkoušení zavlažovacích automatů, zazimování závlahy,
- kontrola odvodňovacích zařízení,
- odstraňování nežádoucí vegetace z okrajových a bezpečnostních pásů, dlažeb a zpevněných povrchů.

Ošetření je nutné zpravidla 1–3krát do roka.

13.3 KONTROLA SOUVISEJÍCÍCH TECHNICKÝCH PRVKŮ A ZAŘÍZENÍ

V rámci inspekcí a péče ve fázi vývoje a průběžné péče je třeba provádět údržbu technických zařízení. Přitom je nutné dbát na:

- funkčnost střešních vtoků a technických zařízení umístěných v kontrolních šachtách určených k odvodnění a zavlažování,
- odstraňování nečistot a usazenin v kontrolních šachtách, na výsuvných postřikovačích a u střešních vtoků a ve žlabech,
- stabilitu obrubníků a okrajových prvků, zpevněných povrchů jiných konstrukčních prvků,
- kontrolu protiskluzových zábran na střechách s větším sklonem,
- ve víceletých intervalech je třeba v okrajových a koncových štěrkových pásech a rovněž v obsypech střešních vtoků a technických zařízení odstraňovat usazeniny, které by mohly ohrozit funkci odvádění vody.

14 ZÁRUČNÍ PODMÍNKY

V souladu s příslušnou právní úpravou (především § 2586 a následující zák. č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, kde je upravena smlouva o dílo) je nutné zjevné vady díla uplatnit u zhotovitele při předání díla. Za tím účelem zhotovitel dílo spolu s objednatelem překontroluje a sepíše předávací protokol, aby do něj mohl objednatel uplatnit případné výhrady. V souvislosti s předáním zhotovitel objednatele také náležitě poučí o tom, jak je nutné o dílo pečovat. Případné skryté vady díla, tedy vady, které vznikly vadným plněním zhotovitele při realizaci zelené střechy, ale projevily se až později, lze u zhotovitele uplatnit do pěti let od předání díla. Nelze reklamovat nedostatky, které vznikly jednáním či nedostatečnou péčí ze strany objednatele. V otázkách neupravených ujednáním stran se postupuje dle relevantních právních předpisů, zejména dle zák. č. 89/2012 Sb., občanský zákoník.

15 POUŽITÁ LITERATURA

CHALOUPKA, K. a SVOBODA, Z. *Ploché střechy*. GRADA, 2009.

FLL. Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofs. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), 2018.

Vyhláška č. 131/2014 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv.

Vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva.

16 NORMY

[1] ČSN 73 1901 *Navrhování střech – Základní ustanovení.* Praha: ÚNMZ, 2011.

[2] ČSN EN 13948 *Hydroizolační pásy a fólie – Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech – Stanovení odolnosti proti prorůstání kořenů.* Praha: ÚNMZ, 2007.

[3] ČSN 73 0605-1 *Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Požadavky na použití asfaltových pásů.* Praha: ÚNMZ, 2014.

[4] ČSN 75 6760 *Vnitřní kanalizace.* Praha: ÚNMZ, 2014

[5] ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.* Praha: ÚNMZ, 2011.

[6] ČSN 74 3305 *Ochranná zábradlí.* Praha: ÚNMZ, 2017.

[7] ČSN EN 795 *Prostředky ochrany osob proti pádu – Kotvicí zařízení.* Praha: ÚNMZ, 2013.

[8] ČSN EN 13501-5 *Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 5: Klasifikace podle výsledků zkoušek střech vystavených vnějšímu požáru.* Praha: ÚNMZ, 2017.

[9] ČSN P CEN/TS 1187 *Zkušební metody pro střechy vystavené působení vnějšího požáru.* Praha: ÚNMZ, 2012.

[10] ČSN P CEN/TS 16459 *Střechy a střešní krytiny vystavené působení vnějšího požáru – Rozšířená aplikace výsledků zkoušek podle CEN/TS 1187.* Praha: ÚNMZ, 2014.

[12] ČSN 73 0810. *Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení.* Praha: ÚNMZ, 2016.

[13] ČSN EN 13252 *Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Vlastnosti požadované pro použití v odvodňovacích systémech.* Praha: ÚNMZ, 2017.

[14] ČSN EN ISO 10319 *Tahová zkouška na širokém proužku.* Praha: ÚNMZ, 2015.

[15] ČSN EN ISO 25619-2. *Geosyntetika – Zjišťování chování při stlačování – Část 2: Zjišťování chování při krátkodobém stlačování.* Praha: ÚNMZ, 2016.

[16] ČSN EN ISO 11058 *Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování charakteristik propustnosti pro vodu kolmo k rovině, bez zatížení.* Praha: ÚNMZ, 2010.

[17] ČSN EN ISO 12958. *Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování schopnosti pro proudění vody v jejich rovině.* Praha: ÚNMZ, 2010.

[18] ČSN EN 826. *Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Zkouška tlakem.* Praha: ÚNMZ, 2013.

[19] ČSN EN 12431. *Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Stanovení tloušťky izolačních výrobků pro plovoucí podlahy.* Praha: ÚNMZ, 2010.

[20] ČSN 75 9010. *Vsakovací zařízení srážkových vod.* Praha: ÚNMZ, 2012.

[21] ČSN EN ISO 12956. *Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování charakteristické velikosti otvorů.* Praha: ÚNMZ, 2010.

[21] ČSN EN 1097-6. *Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti.* Praha: ÚNMZ, 2014.

[22] ČSN 46 4751 *Cibule a hlízy květin.* Praha: ÚNMZ, 2002.

[23] ČSN 46 4750 *Trvalky a skalničky.* Praha: ÚNMZ, 1984.

[24] ČSN 46 4901 *Osivo a sadba.* Praha: ÚNMZ, 1990.

[25] ČSN 46 4902 *Výpěstky okrasných dřevin. Společná a základní ustanovení.* Praha: ÚNMZ, 1984.

[26] ČSN 83 9021. *Technologie vegetačních úprav v krajině – Rostliny a jejich výsadba.* Praha: ÚNMZ, 2006.

[27] ČSN 83 9031. *Technologie vegetačních úprav v krajině – Trávníky a jejich zakládání.* Praha: ÚNMZ, 2006.

[28] ČSN 83 9041. *Technologie vegetačních úprav v krajině – Technicko-biologické způsoby stabilizace terénu – Stabilizace výsevy, výsadbami, konstrukcemi ze živých a neživých materiálů a stavebních prvků, kombinované konstrukce.* Praha: ÚNMZ, 2006.

[29] ČSN 83 9051 *Technologie vegetačních úprav v krajině – Rozvojová a udržovací péče o vegetační plochy.* Praha: ÚNMZ, 2006.

[30] ČSN EN ISO 11508 *Kvalita půdy – Stanovení hustoty částic.* Praha: ÚNMZ, 2014.

[31] ČSN EN ISO 17892-4 *Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 4: Stanovení zrnitosti.* Praha: ÚNMZ, 2017.

[32] ČSN EN 13037 *Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení pH.* Praha: ÚNMZ, 2012.

[33] ČSN EN 13040 (2013). *Pomocné půdní látky a substráty – Příprava vzorků pro chemické a fyzikální zkoušky, stanovení obsahu sušiny, vlhkosti a objemové hmotnosti laboratorně zhutnělého vzorku.* Praha: ÚNMZ, 2013.

[34] ČSN EN 13039 *Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení organických látek a popela.* Praha: ÚNMZ, 2012.

[35] ČSN EN 13038 *Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení elektrické konduktivity.* Praha: ÚNMZ. Praha: ÚNMZ, 2012.

[36] ČSN EN 13651 *Půdní melioranty a stimulanty růstu – Extrakce živin rozpustných v chloridu vápenatém / DTPA (CAD).* Praha: ÚNMZ, 2002:

[37] DIN 1986-100:2016-12. Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke.

[38] ÖNORM B 2501 (2016) *Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Planung, Ausführung und Prüfung.* Vídeň: Austrian Standards International – Standardisierung und Innovation

PŘÍLOHA Č. 1: PŘÍKLAD DIMENZOVÁNÍ DRENÁŽNÍ VRSTVY EXTENZIVNÍHO VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ

V ukázkovém příkladu je proveden výpočet pro extenzivní plochou zelenou střechu se sklonem 2 %, vyspádovanou směrem ke střešnímu vtoku, jak je naznačeno na obrázku č. 3 na straně 22 vpravo. Objekt je umístěn v Brně. Skladba je pro ilustraci volena tak, jak uvádí systémový výrobce střešních materiálů zelených střech. V řešeném případě je tedy použito 10 cm extenzivního střešního substrátu na nopové fólii s integrovanou filtrační vrstvou. Hydroizolace je již od počátku volena s odolností proti prorůstání kořenů, přesto je ještě ve skladbě doporučena separační geotextilie, která brání protlačení nopů do hydroizolace.

Pro katalogovou skladbu je nutné ověřit, zda bude spolehlivě fungovat pro konkrétní velikost, sklon a umístění střechy. Nejprve se určí očekávané množství dešťové vody v určené skladbě a lokalitě (doplněno do rovnice (1):

$$q' = \frac{A \cdot C \cdot q}{b} = \frac{10 \cdot 6 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}0183}{1{,}2} = 0{,}641\ \mathrm{l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}}$$

Byly použity tyto hodnoty:

A – odvodňovaná plocha střechy, v uvažovaném případě 10×6 m, nebude se započítávat větrem hnaný déšť, protože střecha má malý sklon;

C – součinitel odtoku, převzato z Tab. 6: Součinitelé odtoku dešťové vody C. Jedná se o střechu s tloušťkou vegetačního souvrství 100 mm, takže C = 0,7;

q – návrhový déšť, v uvažovaném případě se použijí doporučené hodnoty pro Brno, uvedené v Tab. 5: Hodnoty návrhového deště;

b – výpočtová odtoková šířka, v uvažovaném případě 4×0,3 m (obvod čtvercového výřezu v plošném drenážním prvku má stranu a = 0,3 m).

Dimenzovaná střecha tedy bude potřebovat plošný odvodňovací prvek o drenážním výkonu $q' = 0{,}641\ \mathrm{l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}}$ nebo vyšším. Výrobce v technickém listu materiálu uvádí pro sklon 2 % a zatížení 20 kPa propustnost vody v rovině $1{,}41\ \mathrm{l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}}$.

Propustnost nopové fólie může být časem snížena prorostlými kořeny rostlin nebo jinými vlivy, takže deklarovanou hodnotu od výrobce je potřeba snížit o 20 % (podle rovnice (3)) a pro výpočet tak započítat hodnotu $1{,}128\ \mathrm{l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}}$.

$$q'_{\text{požadovaná}}\ (0{,}641) < q'_{\text{od výrobce, vč. bezp. přirážky}}\ (1{,}128)$$

Střecha je tedy z hlediska odvodnění v pořádku, dokonce s velkou bezpečnostní rezervou.

PŘÍLOHA Č. 2: METODY MĚŘENÍ

METODY MĚŘENÍ VLASTNOSTÍ SYPANÝCH SUBSTRÁTOVÝCH SMĚSÍ

Objemová hmotnost [g·l^{-1}], maximální vodní kapacita [% obj.], obsah vzduchu při nasycení na maximální vodní kapacitu [% obj.] a propustnost pro vodu [mm·min^{-1}]

Tyto fyzikální vlastnosti se stanoví postupem, který vychází z doporučení FLL (2018).

Fyzikální vlastnosti střešních substrátů se stanovují ve válcových plastových kontejnerech o průměru 15 cm a výšce 16,5 cm s děrovaným dnem, kde je celkem 125 otvorů o průměru 5 mm (obr. 8).

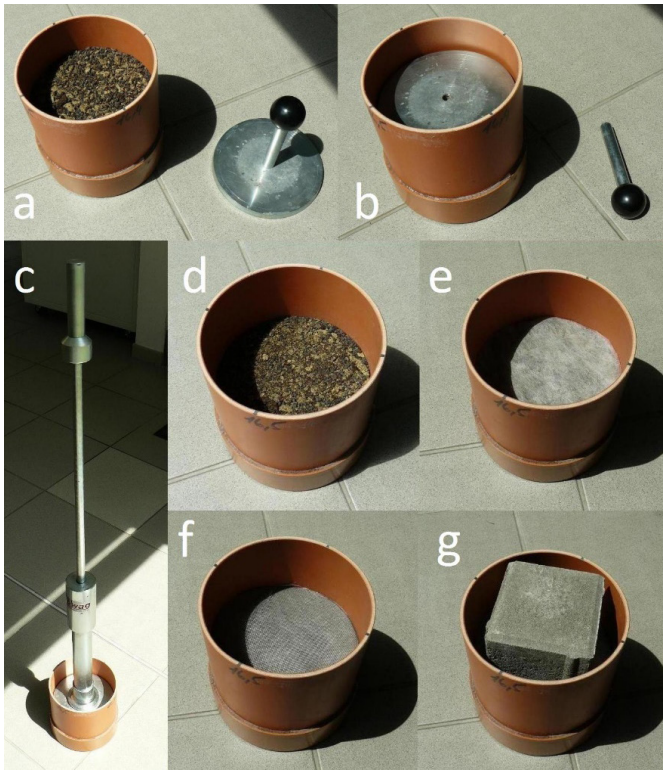
Přiměřeně vlhký vzorek substrátu o objemu 2 100–2 500 ml se vpraví do válcového plastového kontejneru, do něhož bylo předtím vloženo drátěné síto (obr. 8). Na povrch vzorku se umístí ocelová destička (obr. 9a, 9b) a vzorek se zhutní šesti údery Proctorova kladiva (hmotnost závaží 4,5 kg a výška úderu 45 cm, obr. 9c), výška vzorku před stlačením by měla být 120–140 mm tak, aby po stlačení dosahovala alespoň 100 mm (obr. 9d). Na čtyřech místech se změří rozdíl mezi výškou vzorku a výškou kontejneru a ze známých rozměrů kontejneru se potom vypočte průměrná výška vzorku a následně objem vzorku. Kontejner se vzorkem se zváží (kontejner, síto a vzorek). Na vzorek se položí netkaná textilie a drátěné síto (obr. 9e, 9f), vše se pak zatíží závažím (např. betonovou dlaždicí 10 × 10 × 10 cm, obr. 9g). Kontejnery se vzorky se umístí do vodotěsné nádoby, kde se pomalu zvyšuje hladina vody, dokud nedosáhne 10 mm nad horní okraj vzorku. Vzorky zůstanou ponořeny pod vodou 24 h, potom se umístí na děrovanou přepravku a nechá se odtéct gravitační voda. Po dvou hodinách se odstraní horní kryt (textilie, síto, dlaždice) a kontejner se vzorkem se zváží.

Obrázek 8: Kontejnery používané pro stanovení fyzikálních vlastností

Stejné vzorky se potom použijí ke stanovení **vodopropustnosti**, které se provádí tak, že se měří rychlost infiltrace vody za podmínek, kdy je celý vzorek nasycený vodou. Na vzorek se umístí drátěné síto a měrka se dvěma hroty (obr. 10) vymezující výšku

35 mm a 45 mm. Do kontejneru se napouští voda, když stoupne 10–20 mm nad vzorek, udržuje se hladina, dokud voda nezačne pravidelně vytékat zespodu kontejneru. Potom se zvýší nad vyšší hrot měrky, nechá se klesat a měří se čas poklesu mezi vyšším a nižším hrotem měrky. U každého vzorku se tento postup opakuje třikrát. Z naměřeného času se vypočítá **propustnost pro vodu**.
Teprve po stanovení vodopropustnosti se vzorek vysuší při 105 °C do konstantní hmotnosti a zváží se. Z naměřených hodnot se vypočítá **objemová hmotnost suchého vzorku, objemová hmotnost nasyceného vzorku** (při nasycení na maximální vodní kapacitu) a **maximální vodní kapacita**. Současně se stanoví hustota pevných částic pomocí pyknometru (podle normy ČSN EN ISO 11508[22] – není součástí metodiky FLL), která se použije k výpočtu objemu pevné fáze, **pórovitosti** (= objem vzorku – objem pevné fáze) a **obsahu vzduchu při nasycení na maximální vodní kapacitu** (= pórovitost – maximální vodní kapacita).

Obrázek 9: Hutnění vzorků a stanovení maximální vodní kapacity.



VÝPOČTY

Objem vzorku
$V = \pi \times r^2 \times h : 1000$ [l],
kde r je poloměr kontejneru [cm] a h je výška vzorku [cm].

Objemová hmotnost suchého vzorku
$OH_S = m_S : V$ [g·l^{-1}],
kde m_S je hmotnost suchého vzorku [g] a V [l] je objem vzorku.

Obrázek 10: Stanovení rychlosti infiltrace vody

Objemová hmotnost při nasycení vzorku na maximální vodní kapacitu
$OH_{MVK} = m_{MVK} : V$ [g·l^{-1}],
kde m_{MVK} je hmotnost vzorku nasyceného na MVK [g] a V je objem vzorku [l].

Maximální vodní kapacita
$MVK = (m_{MVK} - m_S) \times 100 : V$ [% obj.],
kde m_{MVK} je hmotnost vzorku nasyceného na MVK [g], m_S je hmotnost suchého vzorku [g] a V je objem vzorku [l].

Pórovitost
$P = [(V - m_S) : \rho] \times 100 : V$ [% obj.],
kde V je objem vzorku [l], m_S je hmotnost suchého vzorku [g] a ρ je hustota pevných částic [g·cm^3].

Obsah vzduchu při nasycení vzorku na maximální vodní kapacitu
$A = P - MVK$ [% obj.],
kde P je pórovitost [% obj.] a MVK je maximální vodní kapacita [% obj.].

Propustnost pro vodu
$K = h : [t \times (h + 4)]$ [cm·s^{-1}],
kde h je výška vzorku [cm] a t je čas [s].
Při hodnocení substrátů se propustnost uvádí v mm·min^{-1}.
[cm·s^{-1} × 600 = mm·min^{-1}]

Podíl částic menších než 0,063 mm [% hmot]
Podíl částic menších než 0,063 mm se stanovuje sedimentační metodou podle normy ISO 11277[23].
Alternativou je sítová mokrou cestou analýza podle ČSN EN ISO 17892-4:2017 [31].

22 ČSN EN ISO 11508. *Kvalita půdy – Stanovení hustoty částic.*
23 ISO 11277:1998. *Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation.*

Obsah spalitelných (organických) látek [% hmot]
Stanoví se podle ČSN EN 13039 spalováním v muflové peci při teplotě 450 °C do konstantní hmotnosti.

Reakce
Hodnota pH_{H2O} (aktivní reakce) se stanovuje podle ČSN EN 13037:2012 [31] ve vodním výluhu 1v : 5v, a to tak, že k navážce odpovídající 60 ml vzorku se přidá 300 ml vyluhovacího činidla. Hodnota pH se měří v suspenzi. Pro výpočet navážky se stanovuje objemová hmotnost vlhkého substrátu v litrovém válci podle ČSN EN 13040.
Také je možné stanovit hodnotu pH_{CaCl2} (výměnná reakce) podle ČSN ISO 10390 ve výluhu 0,01 M roztoku $CaCl_2$. K 10 g na vzduchu vysušeného vzorku se dávkuje 50 ml činidla (výluh 1w : 5v). Hodnota pH_{CaCl2} vychází podle typu substrátu o 0,5–1 stupně nižší než pH_{H2O}.
Při přípravě střešních (extenzivních) substrátů se používá vzorek vysušený na vzduchu a drcený tak, aby velikost částic byla menší než 5 mm.

Elektrická vodivost (elektrická konduktivita, EC) [$m_S \cdot cm^{-1}$]
Stanovuje se podle ČSN EN 13038 ve vodním výluhu 1v : 5v, a to tak, že se k navážce odpovídající 60 ml vzorku přidá 300 ml vyluhovacího činidla. Hodnota EC se měří ve filtrátu. Pro výpočet navážky se stanovuje objemová hmotnost vlhkého substrátu v litrovém válci podle ČSN EN 13040.

Obsah přijatelných živin [$mg \cdot l^{-1}$]
Stanovuje se podle normy ČSN EN 13651 ve vyluhovacím činidle CAT (0,01 mol/l chlorid vápenatý, 0,002 mol/l DTPA) s vyluhovacím poměrem 1v : 5v. Při výpočtu navážky se vychází z objemové hmotnosti stanovené podle ČSN EN 13040, stejně jako při měření EC a hodnoty pH.

Stanovení obsahu semen plevelů [počet·l^{-1}]
Provádí se jako stanovení počtu klíčivých semen (momentní klíčivost). Používají se klíčidla o průměru 25–30 cm, ve kterých je vrstva křemičitého pístu (1,5–2 cm) plně nasyceného vodou zakrytá filtračním papírem. Na filtrační papír se rozprostře jeden litr substrátu (vlhkost 25–30 % obj.), podle velikosti misky je pak vrstva substrátu 1,4–2 cm vysoká. Miska se zakryje skleněným víkem, aby nedocházelo k odpařování vody, a ponechá se po tři týdny při 18–20 °C. Po této době se spočítají vyklíčené rostliny.

HODNOCENÍ HYDROAKUMULAČNÍCH DESEK

U hydroakumulační a drenážních desek (plní-li materiál i hydroakumulační funkci) se stanovuje maximální vodní kapacita v % obj. a hydroakumulační schopnost v $l \cdot m^{-2}$. Tyto hydrofyzikální vlastnosti se stanovují u desek s definovanou výškou o rozměru 200 × 200 mm, výšku desky je vždy nutné uvést u dané veličiny. Sycení vzorku se provádí obdobně jako u sypaných směsí. Vzorky se umístí do vodotěsné nádoby, zatíží závažím (např. betonovou dlaždicí 10 × 10 × 10 cm) a následně se pomalu zvyšuje hladina vody, dokud nedosáhne 10 mm nad horní okraj vzorku. Vzorky zůstanou ponořeny pod vodou 24 h, potom se umístí na děrovanou přepravku a nechá se odtéct gravitační voda. Po dvou hodinách se vzorek zváží. Podle stanovené maximální vodní kapacity desky o ploše 0,04 m^2 lze vypočítat hydroakumulační schopnost v $l \cdot m^{-2}$.
V případě, kdy lze z hydroakumulačních desek vyříznou kruhový vzorek o průměru 15 cm je možné vzorek o celkové výšce 100 mm umístit do válcového plastového kontejneru pro hodnocení sypkých směsí a bez utužení Proctorovým kladivem provést stanovení maximální vodní kapacity [% obj.], obsahu vzduchu při nasycení na maximální vodní kapacitu [% obj.] a propustnosti pro vodu [$mm \cdot min^{-1}$]. Opět je nutné výšku vzorku (desky) uvést u dané veličiny.

POZNÁMKY:

POZNÁMKY:

PORADENSTVÍ
REALIZACE
PROJEKCE
SEMINÁŘE
EXKURZE
DÍLNY

ZELENÉ STŘECHY

Seznam kvalitních a zkušených firem z celé České republiky najdete na **www.zelenestrechy.info**

SEKCE ZELENÉ STŘECHY

sdružuje firmy, které podnikají v oblasti zahradní a krajinářské tvorby a profesně se zabývají problematikou zeleně na konstrukcích, zejména vegetačních střech. Odborná sekce Zelené střechy vznikla při profesním sdružení Svaz zakládání a údržby zeleně a je členem evropské asociace Europäische Föderation der Bauwerksbegrünungsverbände – EFB, která sdružuje národní profesní organizace. Pro své členy i pro odbornou veřejnost pořádá sekce Zelené střechy přednášky, semináře, dílny, odborné exkurze.

ZELENÉ STŘECHY

SVAZ ZAKLÁDÁNÍ A ÚDRŽBY ZELENĚ

Prosinec 2019

Odborná sekce Zelené střechy
při Svazu zakládání a údržby zeleně
Údolní 33, 602 00 Brno
tel: 777 581 544
zelenestrechy@szuz.cz

www.zelenestrechy.info