

VÝZKUMNÝ ÚSTAV SILVA TAROUČY PRO KRAJINU A OKRASNÉ  
ZAHRADNICTVÍ, v.v.i.  
252 43 Průhonice  
Česká republika

Certifikovaná metodika č. 1/2014-053

Výtisk číslo:

**Hodnocení střešních substrátů a jejich zařazení do systému  
typových substrátů definovaných ve Vyhlášce 131/2014 Sb.**

Zpracovaná v rámci řešení projektu TAČR TA01020252 Nové komponenty pro  
střešní substráty

**Vypracoval:**

RNDr. František ŠRÁMEK, CSc.  
Ing. Martin DUBSKÝ, Ph.D.

**Ředitel:**

Doc. RNDr. Ivan Suchara,  
CSc.

|                     |                              |           |
|---------------------|------------------------------|-----------|
| <b>Rozdělovník:</b> | <b>VÚKOZ</b>                 | <b>1x</b> |
|                     | <b>MZe ČR</b>                | <b>1x</b> |
|                     | <b>ACRE s.r.o.</b>           | <b>1x</b> |
|                     | <b>odborný oponent</b>       | <b>1x</b> |
|                     | <b>oponent státní správy</b> | <b>1x</b> |

# OBSAH

---

|       |                                                                                   |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Cíl metodiky                                                                      | 3  |
| 2     | Vlastní popis metodiky                                                            | 3  |
| 2.1   | Charakteristika typových substrátů pro ohlášení                                   | 3  |
| 2.1.1 | Úvod                                                                              | 3  |
| 2.1.2 | Hodnocení elektrické vodivosti (EC)                                               | 4  |
| 2.1.3 | Hodnocení reakce substrátu                                                        | 7  |
| 2.1.4 | Obsah spalitelných látek                                                          | 9  |
| 2.1.5 | Obsah přijatelných živin                                                          | 11 |
| 2.2.  | Rizika související se zařazením střešních substrátů do systému typových substrátů | 14 |
| 2.3   | Fyzikální a hydrofyzikální vlastností střešních substrátů                         | 14 |
| 2.4   | Zrnitostní složení                                                                | 19 |
| 2.5   | Podíl částic menších než 0,063 mm                                                 | 21 |
| 2.6   | Závěr                                                                             | 21 |
| 2.7   | Ekonomické vyhodnocení                                                            | 22 |
| 3     | Srovnání novosti postupů                                                          | 22 |
| 4     | Popis uplatnění metodiky                                                          | 22 |
| 5     | Seznam použité související literatury                                             | 23 |
| 6     | Seznam publikací, které předcházely metodice                                      | 23 |
| 7     | Dedikace                                                                          | 24 |
| 8     | Oponenti                                                                          | 24 |

# 1 Cíl metodiky

Upozornit na možnost uvádění střešních substrátů na trh formou ohlášení na základě jejich zařazení do systému typových substrátů definovaných vyhláškou 131/2014 Sb.

Popsat způsob měření parametrů střešních substrátů, které je nutné dodržet při jejich přiřazení k jednotlivým typům substrátů.

Popsat další parametry, které nejsou nutné pro ohlášení, ale které by měly kvalitní střešní substráty splňovat.

Souhrnně popsat metody hodnocení základních chemických a fyzikálních vlastností střešních substrátů.

## 2 Vlastní popis metodiky

### 2.1 Charakteristika typových substrátů pro ohlášení

#### 2.1.1 Úvod

Od července 2014 je v platnosti Vyhláška č. 131/2014 Sb., která definuje typové substráty a umožňuje tak jejich ohlášení bez přezkušování. Ohlášená hnojiva nebo pomocné látky, mezi které patří substráty, může ohlašovat uvést do oběhu na základě písemného souhlasu Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ). Pokud není ohlašovateli takový souhlas doručen do 30 dnů ode dne, kdy ohlášení došlo ústavu, ani mu v této lhůtě není doručen zákaz uvádění do oběhu, platí, že ústav souhlas udělil. Ohlášení hnojiv a pomocných látek je zdarma.

Pro charakteristiku typových substrátů (Tab. 1) byly vybrány tři základní vlastnosti, které dostatečně charakterizují daný typ - hodnota elektrické vodivosti (EC), hodnota pH (aktivní reakce,  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) vodného výluhu a obsah spalitelných látek. Hodnota EC charakterizuje obsah rozpustných solí, hodnota pH reakci substrátu a obsah spalitelných látek podíl organických komponentů v substrátové směsi. Všechny tři vlastnosti se stanovují podle norem EN (Europäische Norm), které se používají pro registraci substrátů v EU (Dubský, 2006) a v roce 2012 byly začleněny mezi normy národní. Obsah spalitelných látek (ČSN EN 13039) se zjišťuje z hmotnostního úbytku vysušeného vzorku po spálení při teplotě 450 °C. Hodnoty pH (ČSN EN 13037) a EC (ČSN EN 13038) se stanovují ve vodném výluhu 1v:5v (navážka odpovídající 60 ml vzorku + 300 ml vyluhovacího činidla). Hodnota pH se měří v suspenzi, hodnota EC ve filtrátu. Pro výpočet navážky se stanovuje objemová hmotnost vlhkého substrátu v litrovém válci (ČSN EN 13040). U Zemin a substrátů na bázi minerálních komponentů je možné v rámci tohoto typu při ohlášení deklarovat výměnnou hodnotu pH ( $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  podle ČSN ISO 10390), která se používá při hodnocení zemědělských půd.

Výše uvedené vlastnosti se hodnotí i při registraci substrátů. Pro stanovení hodnot pH a EC se ale dosud používal převážně vodní výluh 1w/25v, u kterého především hodnoty EC nejsou porovnatelné s normou ČSN EN 13038. Požadované hodnoty pro jednotlivé typové substráty uvedené v tabulce 1 vycházejí z dlouhodobého hodnocení substrátů podle norem EN ve VÚKOZ Průhonice i z modelových laboratorních pokusů a ÚKZÚZ je při přípravě vyhlášky 131/2014 Sb. konzultoval s výrobcí substrátů.

Tab. 1 Charakteristika typů substrátů a zemin podle hodnoty elektrické vodivosti (EC), hodnoty pH a obsahu spalitelných látek (Vyhláška č. 131/2014 Sb)

| typ  | označení typu                                                            | požadované hodnoty |                       |                          |
|------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|
|      |                                                                          | EC<br>mS/cm        | pH                    | spalitelné<br>látky<br>% |
| 19.1 | Substráty množárenské, výsevní a pro rostliny s nízkými nároky na živiny | max. 0,35          | 5,0–7,5*              | min. 45,0                |
| 19.2 | Substráty pro rostliny se středními nebo vyššími nároky na živiny        | 0,2–0,65           | 5,0–7,5*              | min. 45,0                |
| 19.3 | Substráty pro kyselomilné rostliny                                       | max. 0,5           | 3,0–5,5*              | min. 45,0                |
| 19.4 | Speciální substráty a zeminy                                             |                    |                       |                          |
| a    | Substráty pro orchideje                                                  | max. 0,4           | 5,0–7,5*              | min. 50,0                |
| b    | Substráty pro kaktusy, sukulenty a suchomilné rostliny                   | max. 0,5           | 5,0–8,5*              | max. 30,0                |
| c    | Substráty s vyšším podílem minerálních komponentů                        | max. 0,6           | 5,0–7,5*              | 10,0–50,0                |
| d    | Zeminy a substráty na bázi minerálních komponentů                        | max. 0,5           | 5,5–9,0*<br>5,0–8,5** | max. 13,0                |
| e    | Substráty s přidavkem hnojiv s dlouhodobým účinkem                       | neuvádí se         | dle typu              | dle typu                 |

Elektrická vodivost (EC) podle ČSN EN 13038, hodnoty pH podle \*ČSN EN 13037 ve vodním výluhu nebo podle \*\* ČSN ISO 10390 v roztoku CaCl<sub>2</sub>, obsah spalitelných látek podle (ČSN EN 13039)

#### Seznam povolených surovin - komponentů:

Organické komponenty: rašelina, kompostovaná kůra, kůra, kokosové produkty (vlákna, chipsy), kompost (vzniklý výhradně z rostlinné hmoty a/nebo statkových hnojiv), guáno, upravená dřevní hmota, separovaný digestát (ze zemědělských BPS - odpovídající typu 18.1g), korek, suroviny rostlinného původu (len, juta, bavlna, rostlinná vlákna), rýžové slupky, kakaové slupky, sláma.

Minerální komponenty: vápenec (především jemně mletý na úpravu reakce substrátů), perlit, jíly a jílové minerály, zeminy, písek, expandované jíly, pemza, láva, minerální plsti, kamenné drtě a moučky, vermikulit.

Pro obohacení substrátů a dodání živin je přípustné použít všechna hnojiva a pomocné látky, které je možno uvádět do oběhu v ČR podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech.

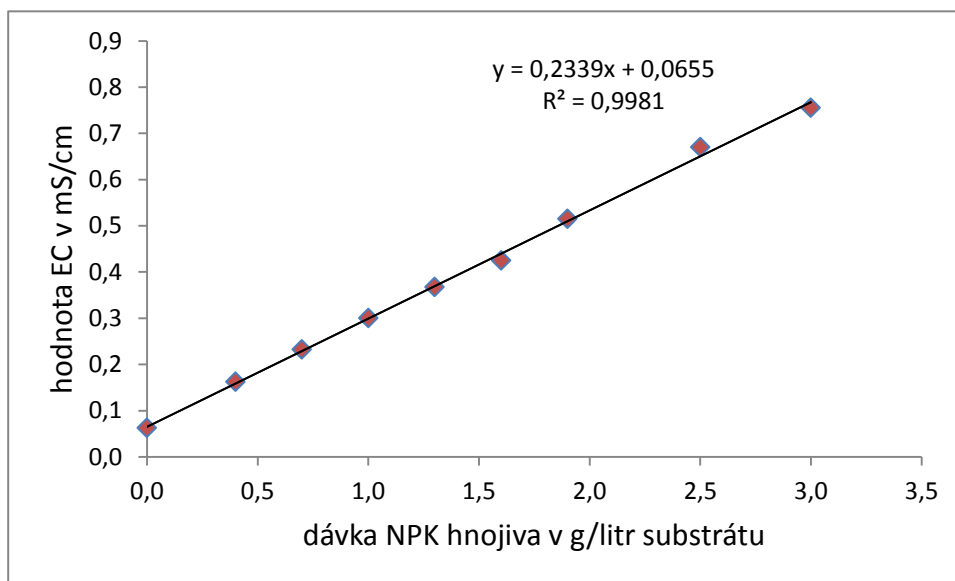
#### 2.1.2. Hodnocení elektrické vodivosti (EC)

Hodnoty EC (ČSN EN 13038) se stanovují ve vodném 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.

Navážka vzorku odpovídající objemu 60 ml se používá u substrátů, které při homogenizaci projdou sítím 20 mm. U organických substrátů i u zemin je tato homogenizace dostatečná. U střešních substrátů, které obsahují různé velké částice minerálních komponentů zpravidla pod 16 mm, se pro homogenizaci průměrného vzorku (cca. 0,5 l) osvědčilo prosátí přes síto 5 mm a následné krátké pomletí (2–3 s) nadsítné frakce. Při vyšším podílu hrubších částic bylo nutné tento krok opakovat. Obdobně se homogenizovaly vzorky pro stanovení hodnoty pH a obsahu přijatelných živin.

Vyluhovací poměr 1v/5v používaný v této normě umožňuje u rašelinových substrátů a u směsí komponentů s nízkým obsahem živin (např. i u střešních substrátů bez přídavku kompostu) určit podle hodnoty EC dávku rozpustného minerálního hnojiva použitou při přípravě. Z Grafu 1 je patrná výrazná závislost hodnoty EC rašelinového substrátu na dávce práškového NPK hnojiva PG MIX (14 % N, 16 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18 % K<sub>2</sub>O, 0,7 % MgO) v g/l (kg/m<sup>3</sup>) substrátu.

Graf 1 Závislost hodnoty elektrické vodivosti (EC) rašelinového substrátu podle ČSN EN 13038 na dávce NPK hnojiva PG MIX (14 % N, 16 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18 % K<sub>2</sub>O, 0,7 % MgO), regresní rovnice a koeficient spolehlivosti R<sup>2</sup>



*Substráty množárenské, výsevní a pro rostliny s nízkými nároky na živiny (19.1)* by měly mít max. hodnotu EC 0,35 mS/cm. Ta odpovídá poměrně vysoké dávce práškového rozpustného NPK hnojiva kolem 1,3 g/l substrátu (Graf 1), která se spíše používá u pěstebních substrátů. Výrobci by neměli standardně deklarovat maximální přípustné vodivosti pro daný typ substrátu. Pro lepší orientaci pěstitele by měli uvádět hodnoty EC pro konkrétní substrát, např. max. 0,15 mS/cm pro výsevní substrát bez přídavku hnojiva, nebo max. 0,25 mS/cm pro rašelinový výsevní substrát s optimální dávkou NPK hnojiva 0,4–0,6 g/l substrátu.

U typu 19.2 *Substráty pro rostliny se středními nebo vyššími nároky na živiny* je uvedena i minimální hodnota EC 0,2 mS/cm, která odpovídá dávce NPK hnojiva kolem 0,6 g/l rašelinového substrátu. Maximální hodnota EC 0,65 mS/cm odpovídá dávkám práškového rozpustného NPK hnojiva přes 2 g/l substrátu. To jsou dávky hnojiv použitelné pro rostliny s velmi vysokými nároky na živiny (např. chryzantémy).

Při nižším dávkování hnojiv by měl výrobce odpovídajícím způsobem snížit deklarovanou maximální hodnotu EC. Např. při dávce NPK hnojiva do 1,3 g/l by měl deklarovat max. 0,45 mS/cm. Tyto snížené hodnoty EC jsou požadované u dalších typových substrátů (19.3, 19.4a).

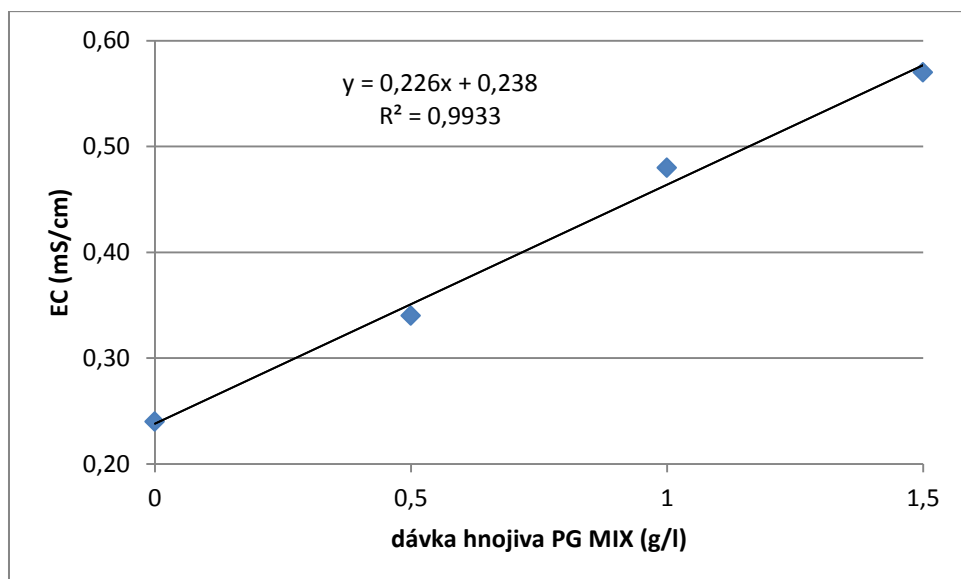
Výše uváděné dávky NPK hnojiv se používají při přípravě rašelinových substrátů. Při použití komponentů s přirozeným obsahem živin (komposty, kompostovaná kůra, separované digestáty) se dávky hnojiv snižují tak, aby substráty měly optimální obsah živin (Carlie, 2008; Dubský a Kaplan, 2012) a zároveň vhodnou hodnotu EC pro daný typ.

*Substráty s vyšším podílem minerálních komponentů (19.4.c)* by měly mít EC menší než 0,6 mS/cm, *Substráty pro kaktusy, sukulenty a suchomilné rostliny (19.4b)* a *Zeminy a substráty*

na bázi minerálních komponentů (19.4d) pak menší než 0,5 mS/cm.

Také v případě střešního substrátu byla zjištěna lineární závislost mezi dávkou hnojiva PG MIX (14 % N, 16 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18 % K<sub>2</sub>O, 0,7 % MgO) a elektrickou vodivostí (Graf. 2). Dávce hnojiva 1 g/l odpovídala hodnota EC těsně pod limitem typu 19.4d, do kterého střešní substráty primárně patří, při dávce 1,5 g/l byl tento limit překročen. Vzhledem k tomu, že obsah živin ve střešním substrátu by měl být nízký, maximální dávka hnojiva by neměla překročit 0,5 g/l (kg/m<sup>3</sup>).

Graf 2 Závislost EC na dávce rozpustného hnojiva PG MIX (14 % N, 16 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18 % K<sub>2</sub>O, 0,7 % MgO) ve střešním substrátu složeném ze spongilitu (55 % obj.), liadrainu (30 % obj.) a rašeliny (10 % obj.).



Porovnání hodnot EC v několika komerčně vyráběných substrátech je v tab. 2 Nejvyšší hodnoty byly zjištěny v substrátu S7, což bylo dáno vysokým obsahem přijatelného dusíku a draslíku (viz tab. 8) Tento substrát by nesplnil podmínky pro zařazení do typu 19.4d *Zeminy a substráty na bázi minerálních komponentů*. Při překročení požadovaných hodnot EC pro daný typ substrátu by výrobce měl upravit recepturu, snížit dávky hnojiv, případně kompostu nebo jiných komponentů s vyšším obsahem rozpustných solí. Pokud by recepturu substrátu s vyšší hodnotou EC výrobce nezměnil, může substrát zaregistrovat jako netypový.

Tab. 2: Příklad hodnot elektrické vodivosti (EC) a hodnot pH stanovených ve vodním výluhu a v roztoku CaCl<sub>2</sub> v několika komerčně vyráběných substrátech. Složení substrátů viz Tab. 3.

|                        | EC   | pH <sub>H2O</sub> | pH <sub>CaCl2</sub> |
|------------------------|------|-------------------|---------------------|
| S5                     | 0,32 | 7,2               | 6,94                |
| S6                     | 0,38 | 7,2               | 6,79                |
| S7                     | 0,56 | 5,5               | 5,21                |
| S8                     | 0,17 | 7                 | 6,49                |
| S10                    | 0,31 | 8,6               | 7,48                |
| Doporučení FLL* (2008) |      |                   | 6–8,5               |

\*německá společnost Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., která se dlouhodobě zabývá problematikou ozeleněných střech

Tab 3: Složení komerčně připravených testovaných substrátů a modelového substrátu se spongilitem.

|     |                                                                                                                     |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S5  | škvára 0–20 mm, kůrový humus 0–20 mm, zeolit 0–10 mm, rašelina bílá 0–20 mm, jíl 0–8 mm, základní hladina vyhnojení |
| S6  | drcený keramzit 2–6 mm, kompost 0–20 mm, rašelina 0–20 mm, základní hladina vyhnojení                               |
| S7  | drcený keramzit 0–20 mm, zeolit 2–5 mm, rašelina černá 0–5 mm, základní hladina vyhnojení                           |
| S8  | pemza 3–6 mm, kompost 0–20 mm, rašelina 0–20 mm, základní hladina vyhnojení                                         |
| S10 | spongilit, liadrain, škvára, rašelina                                                                               |
| B11 | spongilit (55 % obj.), liadrain (30 % obj.), rašelina (15 % obj.), připraven ve VÚKOZ                               |

U typu 19.4e *Substráty s přidavkem hnojiv s dlouhodobým účinkem* (tj. hnojiv pomalu rozpustných nebo obalovaných s řízeným uvolňováním živin) se hodnota EC nesleduje a je nutno deklarovat typ, dávku v  $\text{kg/m}^3$  a termín aplikace použitého hnojiva. Do tohoto typu budou nejčastěji zařazovány výsevní lesnické substráty s dávkou 2–3 kg hnojiv s řízeným uvolňováním na  $1 \text{ m}^3$  substrátu a pěstební školkařské substráty s dávkou 3–5 kg hnojiv s řízeným uvolňováním na  $1 \text{ m}^3$  substrátu. Hodnota EC je u těchto substrátů, kromě výše dávky hnojiva, ovlivněna především dobou skladování a podmínkami (teplotou) při skladování substrátu a její hodnocení by bylo při kontrolní analýze v rámci odborného dozoru problematické. Hnojiva s řízeným uvolňováním (CRF) jsou doporučována pro hnojení ozeleněných střech, zpravidla se však aplikují až po výsadbě rostlin na povrch substrátu. Po dohodě s realizátorem, by se mohla přidávat už při výrobě substrátu pro intenzivně udržované střechy.

### 2.1.3. Hodnocení reakce substrátu

Hodnoty pH (ČSN EN 13037) se stanovují 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.

U organických substrátů dochází k optimálnímu příjmu živin v rozmezí hodnot pH ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) 5,5–6,5. Nižší hodnoty v rámci tohoto rozpětí by měly mít čisté rašelinové substráty (Dubský a Šrámek, 2007), vyšší substráty s alternativními komponenty organickými (kompostovaná kůra, komposty) a minerálními (jíly).

U základních substrátů 19.1 a 19.2 i u speciálních substrátů 19.4a a 19.4c je poměrně široký rozsah hodnot pH 5,0–7,5 (tj. 2,5 stupně). Výrobce by měl na etiketě uvádět užší rozpětí hodnot pH (1,5–2 stupně), které odpovídají konkrétním vlastnostem a použití daného substrátu.

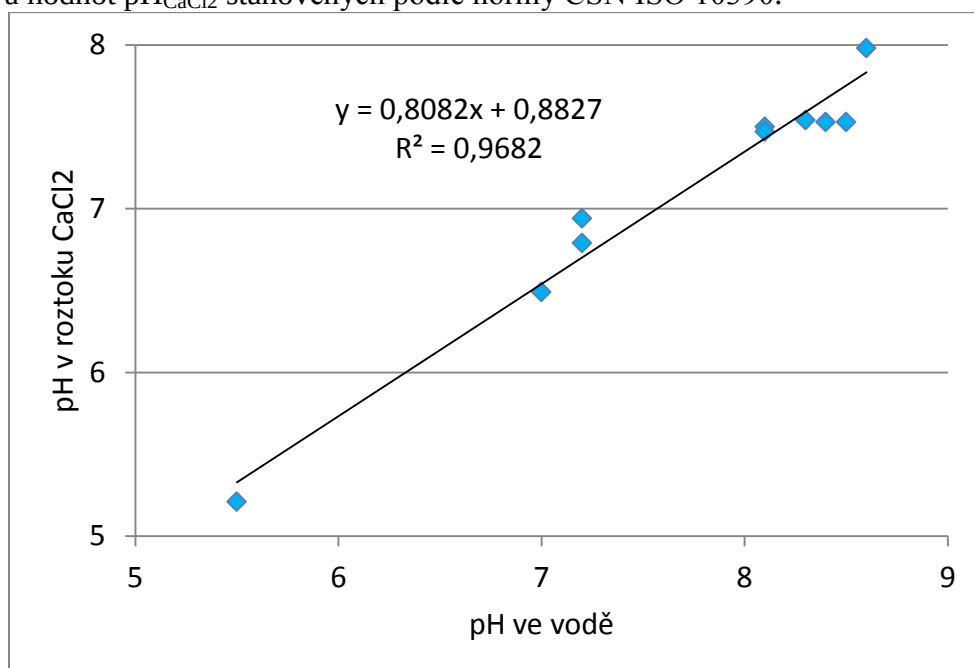
Obdobně by se mělo postupovat u *Substrátů pro kyselomilné rostliny* (19.3) s rozsahem hodnoty pH 3,0–5,5, ke kterým patří substráty pro vřesovištní rostliny s optimální hodnotou pH 4,0–5,0 (Dubský a Severa, 2011) i substráty pro petúnie s optimální hodnotou pH 5,0–5,5 (Dubský a Šrámek, 2008).

Užší rozpětí by se mělo uvádět i u speciálních substrátů v rámci typu 19.4b *Substráty pro kaktusy, sukulenty a suchomilné rostliny* s rozsahem hodnoty pH 5,0–8,5. Optimální hodnota

pH pro většinu kaktusů je kolem 6,5, naopak některým sukulentům (rozchodníky) vyhovuje mírně zásaditá reakce.

U *Zemin a substrátů na bázi minerálních komponentů (19.4d)*, ke kterým vedle zahradních a rekultivačních zemin patří i střešní substráty, substráty pro hydroponické pěstování a substráty pro sportovní trávníky, je možné na etiketě uvádět místo aktivní i výměnnou reakci ( $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ ). Výměnná reakce se používá pro hodnocení zemědělských půd a stanovuje se podle ČSN ISO 10390 ve výluhu 0,01 M roztoku  $\text{CaCl}_2$ . K 10 g na vzduchu vysušeného vzorku se dává 50 ml činidla (výluh 1w:5v). Hodnota  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  vychází podle typu substrátu o 0,5–1 stupně nižší než  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  (viz Graf 3). Rozsah hodnot pH pro tyto zeminy a substráty je 5,0–8,5  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ , případně 5,5–9,0  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ . Nejvyšší hodnoty pH je možné deklarovat u střešních substrátů pro extenzivní výsadby sukulentů.

Graf 3: Porovnání hodnot  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  stanovených ve vodním výluhu podle normy ČSN EN 13037 a hodnot  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  stanovených podle normy ČSN ISO 10390.



Podle doporučení německé společnosti Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) by se hodnoty  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  střešních substrátů měly pohybovat v rozsahu 6–8,5 (FLL, 2008), což přibližně odpovídá hodnotám  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  6,5–9. Výjimku představují pouze intenzivní substráty určené pro pěstování acidofilních rostlin, kde by hodnoty pH měly být nižší. Příklady hodnot pH několika komerčně vyráběných substrátů jsou v Tab. 2. Všechny byly v rozsahu doporučeném FLL a tedy i v rozsahu požadovaném pro zařazení do typu 19.4.c *Substráty s vyšším podílem minerálních komponentů*. Nejvyšší hodnota byla stanovena v substrátu se spongilitem S10. Obdobné hodnoty pH byly naměřeny i v substrátech se spongilitem, které se ve VÚKOZ testovaly v pokusech s rozchodníky, a ty se udržovaly i v následujících vegetačních sezónách, což je z hlediska růstu rozchodníků žádoucí. Fischer, Jauch (2003b) v průběhu devíti let sledovali rozvoj vegetace na 23 střešních substrátech osázených rozchodníky a současně měřili některé fyzikální a chemické vlastnosti testovaných substrátů. Ukázalo se, že hodnoty pH jsou jedním z hlavních faktorů ovlivňujících kvalitu vegetačního krytu. Na střešních substrátech, ve kterých v průběhu



desetiletého sledování hodnoty  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  silně poklesly (v některých případech z původních 8–9,5 až na 4,5) se zmenšila pokryvnost a kvalita porostu.

#### 2.1.4. Obsah spalitelných látek

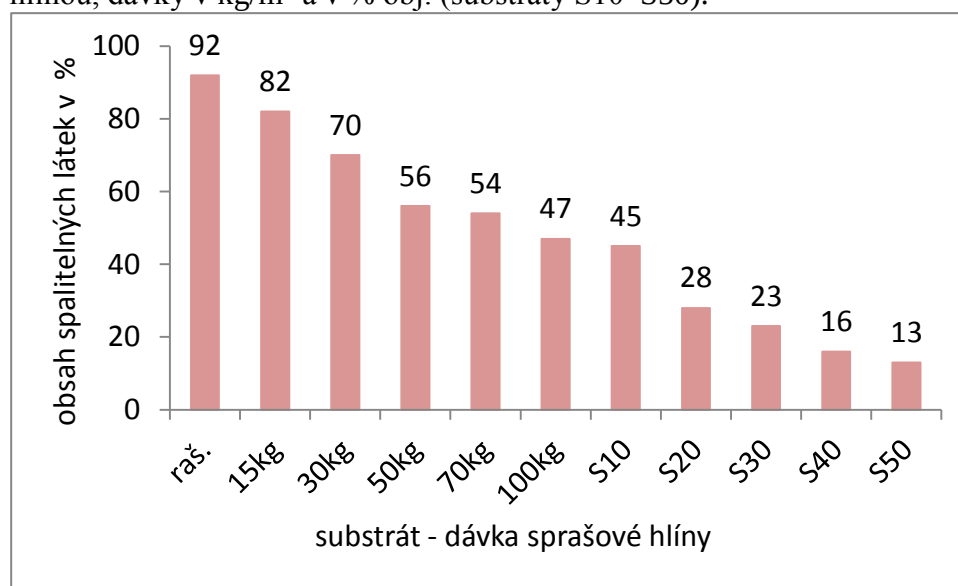
Obsah spalitelných (organických) látek se stanoví podle ČSN EN 13039 spalováním v muflové peci při teplotě 450 °C do konstantní hmotnosti. Primárně se stanoví v % hmot.

Obsah spalitelných látek závisí na podílu organických a minerálních komponentů. V samotné rašelině se obsah spalitelných látek pohybuje v rozmezí 72–97 %. Ve vrchovištních rašelinách dovážených z Pobaltí je to zpravidla nad 85 %, ve více rozložených rašelinách těžných v České republice nebo v Polsku je pod touto hodnotou. Kompost by měl mít minimálně 25 % spalitelných látek, kvalitní kompost potom více než 50 % (Dubský a Kaplan, 2012).

U pěstebních substrátů obsah spalitelných látek výrazně snižuje přidavek minerálních komponentů (jíly, zeminy, písek). Nižší podíl minerálních komponentů u organických substrátů se zpravidla uvádí v  $\text{kg/m}^3$  pěstební směsi (15–100  $\text{kg/m}^3$ ). Vyšší dávky nad 100  $\text{kg/m}^3$  se používají u speciálních substrátů a vyjadřují se v % obj. (10–50 % obj.). Vzhledem k objemové hmotnosti suchého minerálního komponentu kolem 1000 g/l dávka v  $\text{kg/m}^3$  přibližně odpovídá dávkování v % obj. (Dubský a Šrámek, 2010).

Vliv odstupňované dávky minerálního komponentu na obsah spalitelných látek je uveden u modelových směsí vrchovištní rašeliny (obsah spalitelných látek 92 %) a sprašové hlíny (Graf 4). Na litr rašeliny se přidalo 15, 30, 50, 70 a 100 g (odpovídá  $\text{kg/m}^3$ ) a dále se objemově smíchalo 10, 20, 30, 40 a 50 % obj. sprašové hlíny s odpovídajícím objemem rašeliny (substráty S10–S50). Se stoupající dávkou sprašové hlíny se výrazně snižoval obsah spalitelných látek. U dávkování 100  $\text{kg/m}^3$  a 10 % obj. (S10) je obsah spalitelných látek shodný.

Graf 4: Obsah spalitelných látek ve vrchovištní rašelině (raš.) a směsi rašeliny se sprašovou hlínou, dávky v  $\text{kg/m}^3$  a v % obj. (substráty S10–S50).



U výsevních a pěstebních substrátů (19.1, 19.2, 19.3) je nutné deklarovat obsah spalitelných látek min. 45 %. Tato hodnota odpovídá dávce minerálního komponentu 70–80 kg na m<sup>3</sup> vrchovištní rašeliny (7–8 % obj.). Obdobně jako u hodnot pH a EC by měl výrobce deklarovat obsah spalitelných látek, který odpovídá danému složení substrátu. U čistých rašelinových substrátů na bázi vrchovištních rašelin by měl deklarovat hodnotu min. 85 % a tuto hodnotu adekvátně snižovat podle použité dávky minerálního komponentu a laboratorně stanovené hodnoty spalitelných látek.

Při vyšších dávkách minerálních komponentů, 10–50 % obj., je nutné substrát zařadit do typu 19.4c *Substráty s vyšším podílem minerálních komponentů* (obsah spalitelných látek 10–50 %). Tento typ substrátu představuje přechod mezi substráty s dávkou jílů do 80 kg/m<sup>3</sup> (obsah spalitelných látek min. 45 %) a typem 19.4d *Zeminy a substráty na bázi minerálních komponentů* (obsah spalitelných látek max. 13 %), do kterého např. patří střešní substráty pro extenzivní střechy nebo rekultivační zeminy. Mezi typy substrátů 19.2 a 19.4c, resp. 19.4c a 19.4d je překryv obsahu spalitelných látek 5 %, resp. 3 %. Tento překryv umožní jednoznačné zařazení substrátů, u nichž se obsah spalitelných látek pohybuje kolem hraničních hodnot mezi skupinami.

Střešní substráty se primárně řadí do typu 19.4d *Zeminy a substráty na bázi minerálních komponentů* (max. obsah spalitelných látek do 13 %), při vyšším obsahu spalitelných látek se ještě mohou zařadit do typu 19.4b *Substráty pro kaktusy sukulenty a suchomilné rostliny* (max. obsah spalitelných látek 30 %) nebo 19.4c *Substráty s vyšším podílem minerálních komponentů* (obsah spalitelných látek 10–50 %), pokud mají odpovídající hodnoty EC a pH.

Maximální obsah spalitelných (organických) látek ve střešních substrátech podle doporučení FLL (2008) je uveden v Tab. 4. Vzhledem k tomu, že se spalitelné látky primárně stanoví v % hmot. a FLL je uvádí v g/l, je nutné hodnoty přepočítat:

$$\text{spal}_{\text{g/l}} = \text{spal}_{\% \text{ hmot}} \times \text{OHS} / 100,$$

kde OHS je objemová hmotnost suchého vzorku stanovená podle FLL (2008) – viz kapitola 2.3 Fyzikální a hydrofyzikální vlastnosti střešních substrátů.

Podíl organických komponentů by měl být ve střešních substrátech malý, v extenzivních střešních substrátech do 15 % obj. (Dunnett, Kingsbury . 2005). Organické komponenty se obecně vyznačují dobrou vododržností (především rašelina), kompost navíc může být významným zdrojem živin, hlavně draslíku, ale také fosforu a dusíku. Nejsou však stabilní, časem se rozkládají a smršťují.

Tab 4: Maximální obsah spalitelných látek v jednotlivých typech střešních substrátů podle doporučení FLL (2008). Přepočet z % hmot. na g/l se provádí podle vzorce:  $\text{spal}_{\text{g/l}} = \text{spal}_{\% \text{ hmot}} \times \text{OHS} / 100$ .

| střešní substrát                    | spalitelné látky (g/l) |
|-------------------------------------|------------------------|
| extenzivní                          | <65                    |
| intenzivní                          | <90                    |
| jednovrstvý extenzivní i intenzivní | <40                    |

V tab. 5 jsou příklady obsahu spalitelných látek v několika substrátech. Substrát B11 obsahující 15 % obj. rašeliny měl 55 g/l spalitelných látek, podle toho je požadavek maximálně 15 % (obj.) organických komponentů v extenzivních střešních substrátech přibližně v souladu s doporučeným maximem spalitelných látek 65 g/l. Substrát S8

překračoval limit pro extenzivní střešní substráty a substrát S5 i vyšší limit pro intenzivní střešní substráty, přesto je možné oba zařadit do systému typových substrátů, kde by splnily požadavky typů 19.4.c a 19.4b. Výrobci by však měly dodržovat obsahy spalitelných látek doporučené FLL pro jednotlivé typy střešních substrátů (Tab. 4).

Tab. 5: Příklad obsahu spalitelných látek v komerčně vyráběných substrátech (S5–S8) a v modelovém substrátu B11. Složení substrátů viz Tab. 3. Pro různé vyjádření obsahu spalitelných látek platí následující přepočet:  $\text{spal}_{\text{g/l}} = \text{spal}_{\% \text{ hmot}} \times \text{OH} / 100$ .

| substrát | spalitelné látky<br>(% hm.) | OHS*<br>(g/l) | spalitelné látky<br>(g/l) |
|----------|-----------------------------|---------------|---------------------------|
| S5       | 14,2                        | 853           | 121,1                     |
| S6       | 9,6                         | 482           | 46,2                      |
| S7       | 6,4                         | 445           | 28,4                      |
| S8       | 14,9                        | 528           | 78,7                      |
| B11      | 6,2                         | 883           | 55,0                      |

\*objemová hmotnost suchého vzorku stanovená podle FLL (2008), viz kapitola 2.3 Fyzikální a hydrofyzikální vlastnosti střešních substrátů

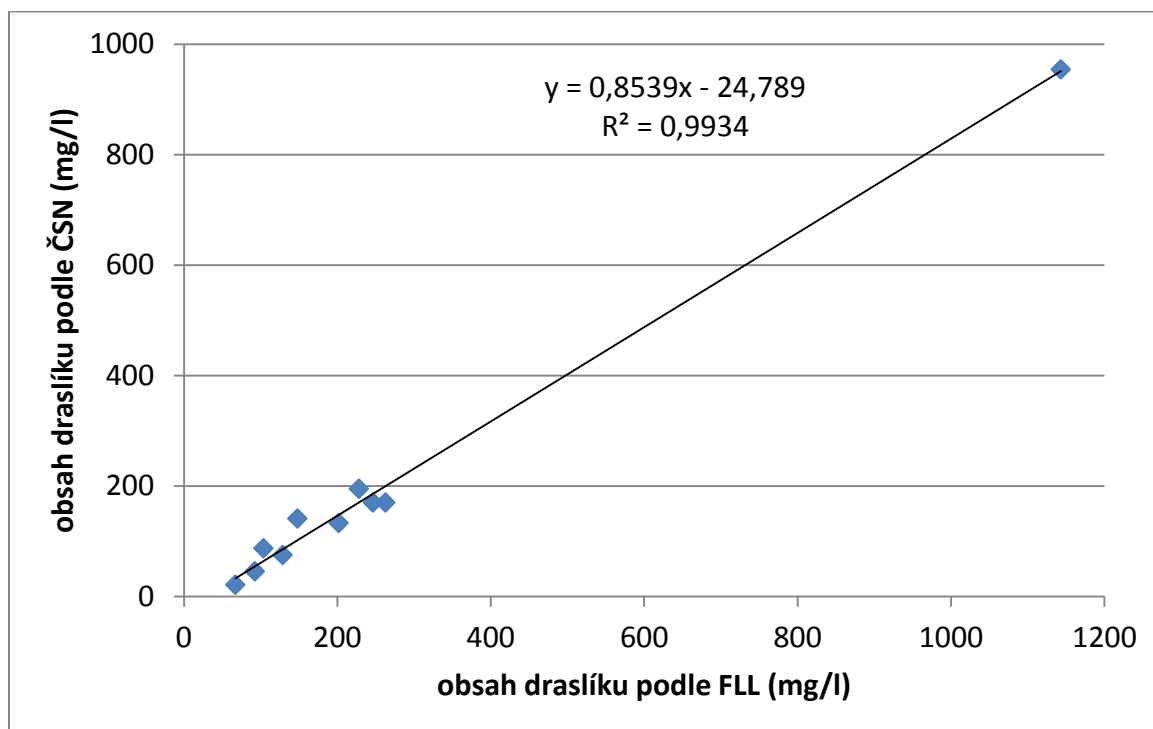
### 2.1.5 Obsah přijatelných živin

Obsah živin nepatří mezi povinné charakteristiky typových substrátů, z hlediska potřeby uživatele je však žádoucí, aby se uváděl. Buď jako obsah přijatelných živin, nebo jako množství živin dodané hnojivy. V substrátech, do kterých byla přidána hnojiva s řízeným uvolňováním (CRF), není možné obsah přijatelných živin spolehlivě stanovit, podobně jako se nedá měřit EC, v tomto případě však přímo Vyhláška 131/2014 Sb vyžaduje uvedení typu, dávky a termínu aplikace hnojiva. Při pěstování rostlin na zelených střeších se přednostně používají hnojiva s řízeným uvolňováním, ta by se však měla aplikovat až po výsadbě rostlin, mimo jiné také kvůli riziku rozdrčení granulí při transportu a manipulaci s hrubým minerálním substrátem.

Obsah přijatelných živin se podle normy ČSN EN 13651 stanovuje 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. Je důležité, aby se při hodnocení jednotlivých chemických vlastností postupovalo jednotně.

Podle FLL se pro stanovení obsahu živin používá vyluhovací poměr 1w:8v a na objem se přepočte na základě objemové hmotnosti suchého vzorku stanovené podle metodik FLL (viz. Kapitola 2.3 Fyzikální a hydrofyzikální vlastnosti střešních substrátů), která je vyšší než objemová hmotnost podle ČSN EN 13040 a díky tomu pak vycházejí vyšší hodnoty obsahu živin. (příklad viz Graf 5).

Graf 5: Porovnání obsahu draslíku stanoveného podle FLL a podle ČSN EN 13651, kdy navážka byla vypočtena na základě objemové hmotnosti stanovené podle ČSN EN 13040.



U střešních substrátů se obecně doporučuje nižší obsah živin (Dunnett a Kingsbury, 2005; Fischer a Jauch, 2003a). Při nadbytku se nadměrně znečišťují odtokové vody, rostliny rostou příliš bujně a jsou citlivější na stres (sucho, chlad). Na živiny chudý substrát podporuje rozmanitější vegetaci a předchází dominanci bujně rostoucích druhů. Doporučené hodnoty maximálního obsahu dusíku, fosforu, draslíku a hořčíku podle FLL (2008) jsou uvedeny v Tab. 6, platí pro stanovení ve vyluhovacím činidle CAT.

Tab 6: Maximální obsah přijatelných živin (mg/l) při stanovení ve vyluhovacím činidle CAT podle FLL (2008). V horním řádku jsou uvedeny limity pro vyjádření v prvcích, podle Vaňka (2001) by se tak měl obsah živin uvádět, v dolním řádku jsou pak pro úplnost limity pro vyjádření v oxidech.

| N    | P                             | K                | Mg    |
|------|-------------------------------|------------------|-------|
| ≤ 80 | ≤ 22                          | ≤ 415            | ≤ 200 |
| N    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO   |
| ≤ 80 | ≤ 50                          | ≤ 500            | ≤ 330 |

Závislost obsahu přijatelných živin na dávce hnojiva PG MIX (14 % N, 16 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18 % K<sub>2</sub>O, 0,7 % MgO) v substrátu složeném ze spongilitu (55 % obj.), liadrainu (30 % obj.) a rašeliny (15 % obj.) je uvedena v Tab 7. Pokud bylo dodáno 0,5 g/l hnojiva, obsah N, P, K a v přijatelné formě splňoval doporučení FLL. Obsah Mg byl také v rámci limitu, závisel však především na jeho obsahu v použitých komponentech. Při dávce 1 g/l a 1,5 g/l byly stanoveny příliš vysoké obsahy přijatelného N. Pro extenzivní výsadby se doporučuje roční dávka hnojiva odpovídající dávce dusíku 5 g/m<sup>2</sup> (Fischer a Jauch, 2003a, FLL, 2008). Pokud použijeme substrát s 0,5 g/l PG MIX, pak při mocnosti substrátu 8 cm dodáme na 1 m<sup>2</sup> 5,6 g

dusíku, tedy přibližně množství doporučené jako roční dávka. Vzhledem k tomu, že se kvůli snížení vyplavování živin ze substrátu na ozeleněných střechách upřednostňuje používání hnojiv s řízeným uvolňováním (Fischer a Jauch, 2003a, FLL 2008), není důvod, aby výrobce do střešního substrátu přidával větší množství rozpustných hnojiv než by odpovídalo doporučenému limitu pro N.

Stanovený obsah draslíku (Tab. 7) byl ve všech případech mnohem nižší než doporučené maximum, to však v žádném případě neznamená, že by se měl doplňovat. Limit byl nastaven s ohledem na použití kompostu, který má zpravidla nadbytek draslíku. Kompost může zajistit i nezbytné množství dalších živin, dusíku a především fosforu, pro počáteční fázi růstu, kdy ještě není uvolněn dostatek živin z hnojiv s řízeným uvolňováním (CRF), které se pro ozeleněné střechy doporučují. Jako příklad je v Tab. 7 uveden substrát BK, který oproti substrátům B1 až B4 obsahoval 10 % obj. kompostu (místo části rašeliny), obsah draslíku pak dvojnásobně převyšoval limit FLL. Právě vysoký obsah draslíku často použití kompostů omezuje, a to nejen ve střešních substrátech. Obecně však platí, že draslík přidaný do substrátu ve formě kompostu nezvýší EC tak, jako když se stejné množství aplikuje ve formě rozpustného hnojiva. To je vidět při porovnání EC a obsahu draslíku v substrátech B4 a BK (Tab. 7).

Tab. 7: Hodnoty pH a EC a obsah přijatelných živin stanovený metodou CAT (ČSN EN 13651) v substrátech s různou dávkou hnojiva (B1, B2, B3, B4) nebo s kompostem (BK) a v kompostu. Substráty B1–B4 byly složeny ze spongilitu (55 % obj.), liadrainu (30 % obj.) a rašeliny (15 % obj.), substrát BK ze spongilitu (55 % obj.), liadrainu (30 % obj.), kompostu (10 % obj.) a rašeliny (5 % obj.). Pro porovnání je též uvedeno, kolik živin bylo dodáno 0,5 g/l hnojiva PG MIX.

| substrát             | hnojivo    | pH <sub>H2O</sub> | pH <sub>CaCl2</sub> | EC    | N         | P         | K         | Mg       |
|----------------------|------------|-------------------|---------------------|-------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                      | g/l        |                   |                     | mS/cm | mg/l      | mg/l      | mg/l      | mg/l     |
| B1                   | 0          | 8,4               | 7,53                | 0,24  | 15,2      | 1,6       | 20,8      | 86,4     |
| B2                   | 0,5        | 8,3               | 7,54                | 0,34  | 71,3      | 5,3       | 74,7      | 96,9     |
| <i>Dodané živiny</i> | <i>0,5</i> | –                 | –                   | –     | <i>70</i> | <i>35</i> | <i>76</i> | <i>2</i> |
| B3                   | 1          | 8,1               | 7,50                | 0,48  | 156,5     | 12,6      | 132,8     | 98,7     |
| B4                   | 1,5        | 8,1               | 7,47                | 0,57  | 220,5     | 15,2      | 170,2     | 99,6     |
| BK                   | 0          | 8,5               | 7,53                | 0,62  | 116,9     | 43,3      | 954,5     | 173,7    |
| kompost              | 0          | 7,1               | –                   | 1,21  | 167       | 93        | 3996      | 303      |

Porovnání chemických vlastností několika komerčních substrátů je uvedeno v Tab. 8. V substrátech S5 a S7 obsah dusíku výrazně překračoval doporučený limit. Podle výrobce byly vyhnojeny na základní úroveň, každopádně obsah dusíku byl příliš vysoký. Substráty S5–S8 obsahovaly hodně draslíku, i když v rámci limitu, současný vysoký obsah dusíku a draslíku v substrátu S7 byl příčinou nadlimitní hodnoty EC (Tab. 1, typ 19.4d – viz též Hodnocení elektrické vodivosti). V substrátech S5 a S10 byl mírně překročen obsah hořčíku, pravděpodobně díky obsahu škváry.

Tab. 8: Příklad chemických vlastností (hodnoty pH ve vodním výluhu a v roztoku  $\text{CaCl}_2$ , elektrická vodivost a obsah přijatelných živin stanovených metodou CAT) několika komerčně vyráběných substrátů. Složení substrátů viz Tab. 3.

|                | pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub> | pH <sub>CaCl<sub>2</sub></sub> | EC   | N    | P    | K    | Mg    |
|----------------|------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------|
| S5             | 7,2                          | 6,94                           | 0,32 | 191  | 19,6 | 87   | 236   |
| S6             | 7,2                          | 6,79                           | 0,38 | 51   | 4,8  | 195  | 96    |
| S7             | 5,5                          | 5,21                           | 0,56 | 163  | 17,2 | 141  | 109   |
| S8             | 7                            | 6,49                           | 0,17 | 59   | 6,8  | 170  | 84    |
| S10            | 8,6                          | 7,48                           | 0,31 | 36,4 | 8,0  | 45,7 | 256,8 |
| Doporučení FLL |                              | 6–8,5                          |      | <80  | <22  | <415 | <200  |

Střešní substráty by se měly dodávat nevyhnojené nebo s malým obsahem hnojiv, max. do 0,5 kg NPK/m<sup>3</sup>. Na ozeleněných střeších se přednostně používají hnojiva s řízeným uvolňováním (CRF), která by se měla aplikovat až po výsadbě rostlin na povrch substrátu. Dávka hnojiva by měla odpovídat 5 g N/m<sup>2</sup> na extenzivních střeších a 8 g N/m<sup>2</sup> na intenzivních střeších (Fischer a Jauch, 2003a, FLL, 2008), dávky je možné rozdělit a část hnojiva aplikovat později v průběhu vegetační sezóny. Při výsadbě v jarních měsících (konec dubna, začátek května) jsou vhodná NPK hnojiva s řízeným uvolňováním s dobou účinnosti 5 až 6 měsíců, jako rozpustné hnojivo je možné použít některé NPK hnojivo. Při pozdější výsadbě (červen - červenec) jsou vhodnější NPK hnojiva s řízeným uvolňováním s kratší dobou účinnosti, 3–4 měsíce (dávka živin je stejná jako při použití hnojiv s dobou účinnosti 5–6 měsíců).

V každé další vegetační sezóně (zpravidla na začátku) se pak doporučuje aplikovat NPK hnojivo s řízeným uvolňováním ve stejném množství, jako v prvním roce po výsadbě (Fischer a Jauch, 2003a, FLL, 2008). Po zapojení porostu je možné dávky snížit o 20 až 30 %.

## 2.2 Rizika související se zařazením střešních substrátů do systému typových substrátů

Podle měření provedených ve VÚKOZ většina střešních substrátů splňuje limity (EC, pH, spalitelné látky) pro zařazení alespoň do jednoho ze tří typů *Speciálních substrátů a zemín (19.4.d Zeminy a substráty na bázi minerálních komponentů; 19.4.c Substráty s vyšším podílem minerálních komponentů; 19.4b Substráty pro kaktusy, sukulenty a suchomilné rostliny)* a jako takové je možné je ohlásit. Na druhou stranu výrobek splňující výše uvedené limity ještě nemusí být dobrým střešním substrátem. To by měli respektovat výrobci a také by si to měli uvědomit uživatelé (realizátoři, investoři) a od dodavatelů požadovat přesnější charakteristiky produktů dodávaných jako střešní substráty.

## 2.3 Fyzikální a hydrofyzikální vlastností střešních substrátů

Střešní substrát musí splňovat několik základní požadavků (viz např. Dunnett a Kingsbury, 2005) Má mít nízkou hmotnost, aby střechu příliš nezatěžoval (především v případě extenzivně ozeleněných střeších). Musí mít vhodný poměr pórů různé velikosti, aby zadržoval dostatek vody a současně při plném nasycení měl ještě dostatek vzduchu. Dostatečná vododržnost je důležitá nejen pro rostliny, ale také pro zachycování srážek a zpomalování odtoku v městském prostředí. Zároveň je důležitá i dobrá drenážní schopnost, vrstva substrátu musí dobře odvádět vodu i za intenzivních dešťů. Substrát musí být dlouhodobě stabilní (více roků), musí zachovávat objem a dlouhodobě odolávat nepřízní počasí (vítr, mráz, plná expozice na slunci).

Požadavky se liší podle toho, pro který typ vegetačního pokryvu a pro jaké konstrukční uspořádání jsou střešní substráty určeny. Je důležité, zda se jedná o substrát pro extenzivně nebo intenzivně udržovanou zelenou střechu a zda se předpokládá vícevrstvé nebo jednovrstvé uspořádání (při vícevrstvě uspořádání jsou tři samostatné vrstvy: vegetační, filtrační a drenážní, popř. mohou být pouze dvě: vegetační a drenážní, při jednovrstvě uspořádání vegetační vrstva plní všechny funkce, tedy i filtrační a drenážní).

Konkrétní požadavky na vlastnosti střešních substrátů jsou souhrnně zpracovány v publikacích německé společnosti Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL). Tyto požadavky byly formulovány a postupně zpřesňovány na základě výsledků laboratorních měření a dlouhodobých sledování pokusných ozeleněných střech v několika německých výzkumných organizacích. Součástí těchto publikací je popis měřících metod, popřípadě odkazy na další normy, převážně německé (viz např. FLL 2008).

Podle FLL se schopnost zadržovat vodu měří jako **maximální vodní kapacita (MVK)**, provzdušnění jako **obsah vzduchu při MVK** a drenážní schopnost jako **rychlost infiltrace vody** (FLL 2008). K měření se používají plastové kontejnery o průměru 15 cm a výšce 16,5 cm s děrovaným dnem, vzorek substrátu se v kontejneru hutní šesti úderem Proctorovým kladivem, změří se výška vzorku (pro výpočet objemu), sytí se vodou po dobu 24 h, gravitační voda se nechá odtékat 2 h, zváží se hmotnost vlhkého vzorku (spolu s kontejnerem o známé hmotnosti), na stejném vzorku se stanoví i rychlost infiltrace vody. Po vysušení se zváží hmotnost suchého vzorku. Na základě měření se pak vypočítá **objemová hmotnost suchého vzorku, objemová hmotnost vzorku nasyceného na maximální vodní kapacitu, maximální vodní kapacita a rychlost infiltrace vody**. Po stanovení hustoty pevných částic (pomocí pyknometru) se vypočítá **pórovitost a obsah vzduchu při nasycení na maximální vodní kapacitu** (podrobný postup viz FLL, 2008).

### **Objemová hmotnost**

Kromě toho, že by měla být co nejmenší, není konkrétní doporučení. Podle složení střešních substrátů se může značně lišit, což dokumentují měření objemové hmotnosti v suchém stavu a objemové hmotnosti při nasycení na maximální vodní kapacitu provedená v laboratoři VÚKOZ (Tab. 9). Objemová hmotnost suchých vzorků substrátu, ve kterých převažují anorganické porézní komponenty, se pohybovala od 450 do 850 g/l, u substrátů s větším podílem zeminy byla mnohem vyšší, až 1400 g/l. Podobné rozdíly byly zjištěny i pro objemovou hmotnost vzorku nasyceného na maximální vodní kapacitu, ta u substrátů se zeminou přesahovala 1850 g/l.

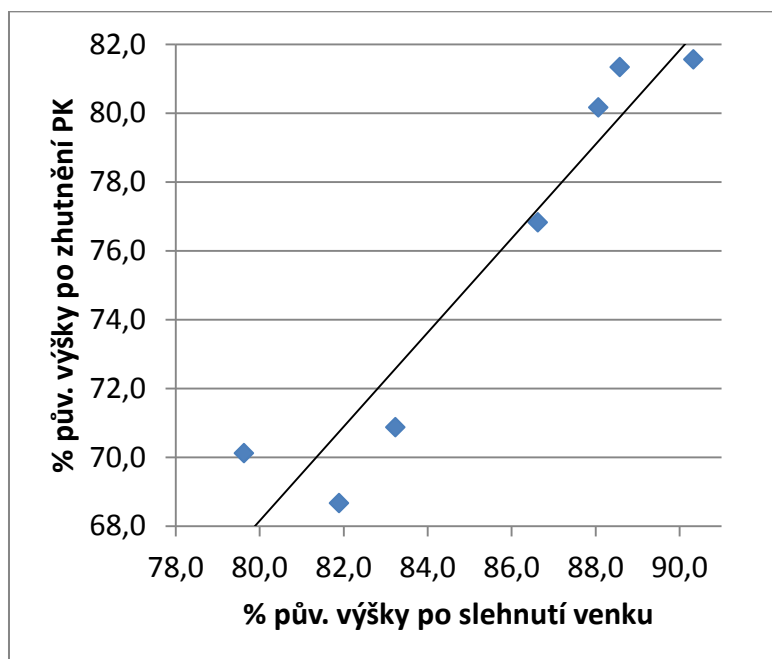
Při testování střešních substrátů bylo zjištěno, že vzorky připravované podle metodiky FLL zhutněním Proctorovým kladivem neodpovídají přesně stavu substrátů na stanovišti. Po zhutnění se vzorky v průměru slehly na 76 % původní výšky, volně sypané vzorky stejných substrátů se po roční expozici na venkovní ploše v průměru slehly na 86 % původní výšky (viz Graf 6). Z toho můžeme odvodit, že metodou doporučenou FLL se stanoví poněkud vyšší objemová hmotnost, současně nižší pórovitost a nižší rychlost infiltrace vody než by odpovídalo stavu daného substrátu na stanovišti. Podle metodiky FLL je stanovení objemové hmotnosti součástí komplexního postupu, při kterém se na stejném vzorku měří i další vlastnosti (maximální vodní kapacita, objemová hmotnost při nasycení vzorku na maximální vodní kapacitu, pórovitost, obsah vzduchu při nasycení na MVK a rychlost infiltrace vody), které s objemovou hmotností souvisejí. Pro porovnání fyzikálních a hydrofyzikálních vlastností různých substrátů by proto nebylo vhodné používat objemovou hmotnost stanovenou jinou metodou.

Tab.9: Objemová hmotnost suchého vzorku (OHS), objemová hmotnost vzorku nasyceného na maximální vodní kapacitu (OHN), maximální vodní kapacita (MVK), obsah vzduchu při nasycení na MVK a rychlost infiltrace vody (Kfmod) u vybraných střešních substrátů.

|     | OHS  | OHN  | MVK    | pórovitost | Vzduch při MVK | Kfmod  |
|-----|------|------|--------|------------|----------------|--------|
|     | g/l  | g/l  | % obj. | % obj.     | % obj.         | mm/min |
| S5  | 853  | 1428 | 57     | 64         | 6              | 8      |
| S6  | 482  | 941  | 46     | 78         | 32             | 99     |
| S7  | 445  | 794  | 35     | 81         | 46             | 42     |
| S8  | 528  | 1048 | 52     | 78         | 26             | 28     |
| S9  | 512  | 972  | 46     | 79         | 33             | 23     |
| B11 | 883  | 1373 | 49     | 64,2       | 15,2           | 44     |
| B12 | 777  | 1359 | 58,1   | 68,8       | 10,6           | 27     |
| ZP  | 1401 | 1864 | 46,3   | 46,3       | 0              | 3,1    |
| ZR  | 1241 | 1735 | 49     | 50,9       | 1,6            | 0,4    |

Složení substrátů, kromě B12, ZP a ZR, je uvedeno v Tab. 3. Substrát B12 obsahoval komponenty ve stejném poměru jako B11, byl však použit jemnější spongilit, ZP byl připraven ze zeminy a písku (70 : 30 % obj.), ZR by vyroben ze zeminy a stavebního recyklátu.

Graf 6: Porovnání slehnutí vzorků substrátu po zhuštění Proctorovým kladivem a přirozeného slehnutí vzorků exponovaných jeden rok na venkovní ploše.





### **Obsah vody, obsah vzduchu a drenážní schopnost**

Doporučené hodnoty pro maximální vodní kapacitu, obsah vzduchu při nasycení na MVK a rychlost infiltrace vody jsou uvedeny v Tab. 10.

Tab. 10: Doporučené hodnoty maximální vodní kapacity (MVK), obsahu vzduchu při MVK a rychlosti infiltrace vody (koeficient Kfmod) podle FLL (2008) a pokusů VÚKOZ.

| Střešní substrát       | MVK (% obj.) | Vzduch při MVK (% obj.) | Kfmod* (mm/min) | Kfmod** (mm/min) |
|------------------------|--------------|-------------------------|-----------------|------------------|
| extenzivní             | 35–65        | >10                     | 0,6–70          | 8–70             |
| intenzivní             | 45–65        | >10                     | 0,3–30          | 5–30             |
| jednovrstvý extenzivní | 20–65        | >10                     | 60–400          | –                |
| jednovrstvý intenzivní | 30–65        | >10                     | 60–400          | –                |

\* doporučení podle FLL, \*\*doporučená změna rozsahu podle VÚKOZ

Příklady fyzikálních vlastností několika vybraných substrátů jsou uvedeny v Tab. 9. U všech z nich maximální vodní kapacita dosahovala hodnot požadovaných pro extenzivní střešní substráty a u mnoha pak splňovala i vyšší limit pro intenzivní střešní substráty. Většina testovaných substrátů připravených z porézních anorganických materiálů měla dostatečný obsah vzduchu. Naproti tomu v substrátech s větším podílem zemin se obsah vzduchu blížil nule (jako příklad uvedeny substráty ZP a ZR). To potvrzuje obecné doporučení, že podíl zemin a jílu by měl být (především v extenzivních substrátech) co nejmenší.

Na základě laboratorních testů a zkušeností z vegetačních pokusů se domníváme, že požadavky na MVK a obsah vzduchu při MVK jsou správné. Jsme však přesvědčení, že spodní mez pro rychlost infiltrace vody je u extenzivních a intenzivních substrátů (při vícevrstvé skladbě) nastavena příliš nízkou, protože takovou podmínku splní i špatně propustné substráty s vyšším podílem zeminy nebo jílu (viz substrát ZP v Tab.9). Ty pak neodvádějí dostatečně rychle srážkovou vodu a kvůli špatnému provzdušnění nejsou ani vhodné pro rostliny. Proto doporučujeme, aby intenzivní střešní substráty měly Kfmod vyšší než 5 mm/min, extenzivní vyšší než 8 mm/min (Tab. 10).

Pro zachování funkcí střešního substrátu je velmi důležitá jeho stabilita, která závisí na použitých komponentech. Typicky nestabilní jsou především organické složky (kompost, rašelina), které postupně degradují a pokud je jejich podíl velký, mocnost substrátu se postupně zmenšuje. Při použití hrubozrnného keramzitu zase dochází k separaci velkých zrn na povrchu (Obr. 1), čímž se snižuje tloušťka efektivní vrstvy a zmenšuje množství vody, které je substrát schopen zadržet. Lepší je použít ostrohranné komponenty s menším podílem velkých zrn jako třeba liadrain, drcený spongilit (Obr. 2).



Obr. 1: Hrubozrnný keramzit se často separuje na povrchu a tím se snižuje tloušťka efektivní vrstvy substrátu



Obr. 2: Lepší vlastnosti mají substráty s ostrohrannými zrnny, jako třeba tento vyrobený ze spongilitu, liadrainu a rašeliny.





## 2.4 Zrnitostní složení

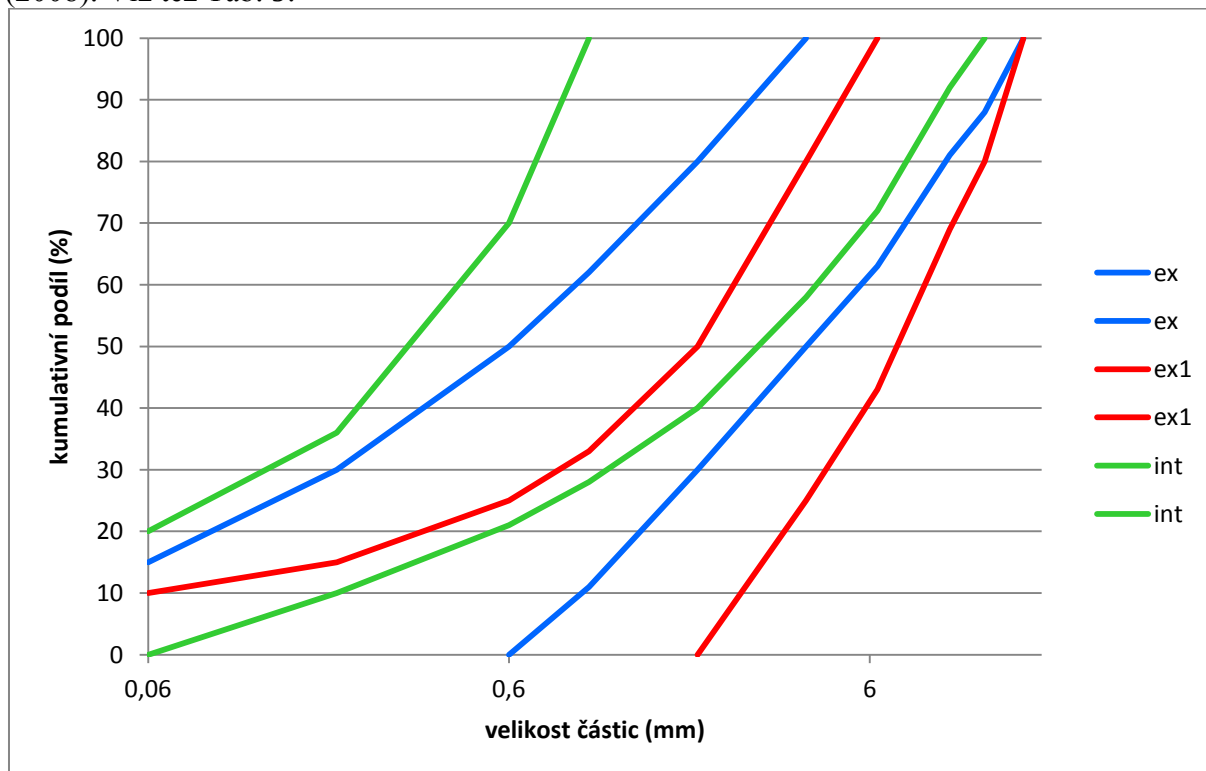
Na zrnitostním složení substrátu závisí zastoupení pórů různé velikosti a tudíž důležité vlastnosti jako je vododržnost, obsah vzduchu a drenážní schopnost. Nicméně zrnitostní složení se považuje za pomocné kritérium a pro posouzení kvality střešního substrátu jsou rozhodující stanovené hodnoty maximální vodní kapacity, vzdušné kapacity a rychlosti infiltrace vody (FLL, 2008).

Střešní substráty by měly obsahovat částice max. velikosti 12 mm, pokud je mocnost vrstvy do 10 cm, a částice max. velikosti 16 mm, pokud je mocnost vrstvy substrátu větší než 10 cm.

Podíl částic různé velikosti se stanoví síťovou analýzou za sucha (DIN 18123), používají se síta o velikosti ok 16; 12,5; 10; 6,3; 4; 2; 1; 0,6 a 0,2 mm (FLL 2008). Požadavky na zrnitostní složení jednotlivých typů substrátů podle FLL (2008) jsou uvedeny v Grafu 7 a Tab. 11.

Měření provedená ve VÚKOZ ukázala, že velmi dobrou závislost mezi zrnitostním složením a hydrofyzikálními vlastnostmi lze nalézt především u substrátů, které jsou připraveny ze stejných komponentů a liší se poměrem těchto komponentů nebo použitím různých zrnitostních frakcí téhož komponentu. To dokládá příklad řady substrátů připravených ze spongilitu liadrainu a rašeliny (Graf 8, Tab. 12). Substráty, jejichž zrnitostní křivky se nacházely blíže ke středu vymezené oblasti grafu, měly vyšší maximální vodní kapacitu než substráty, jejichž zrnitostní křivky byly poblíž pravé hranice, současně měly nižší rychlost infiltrace vody ( $K_{fmod}$ ) a nižší obsah vzduchu, avšak stále dostatečně vysoké. Uvedené příklady dokládají, že zrnitostní analýza (síťová analýza za sucha) je užitečným nástrojem pro optimalizaci složení substrátových směsí.

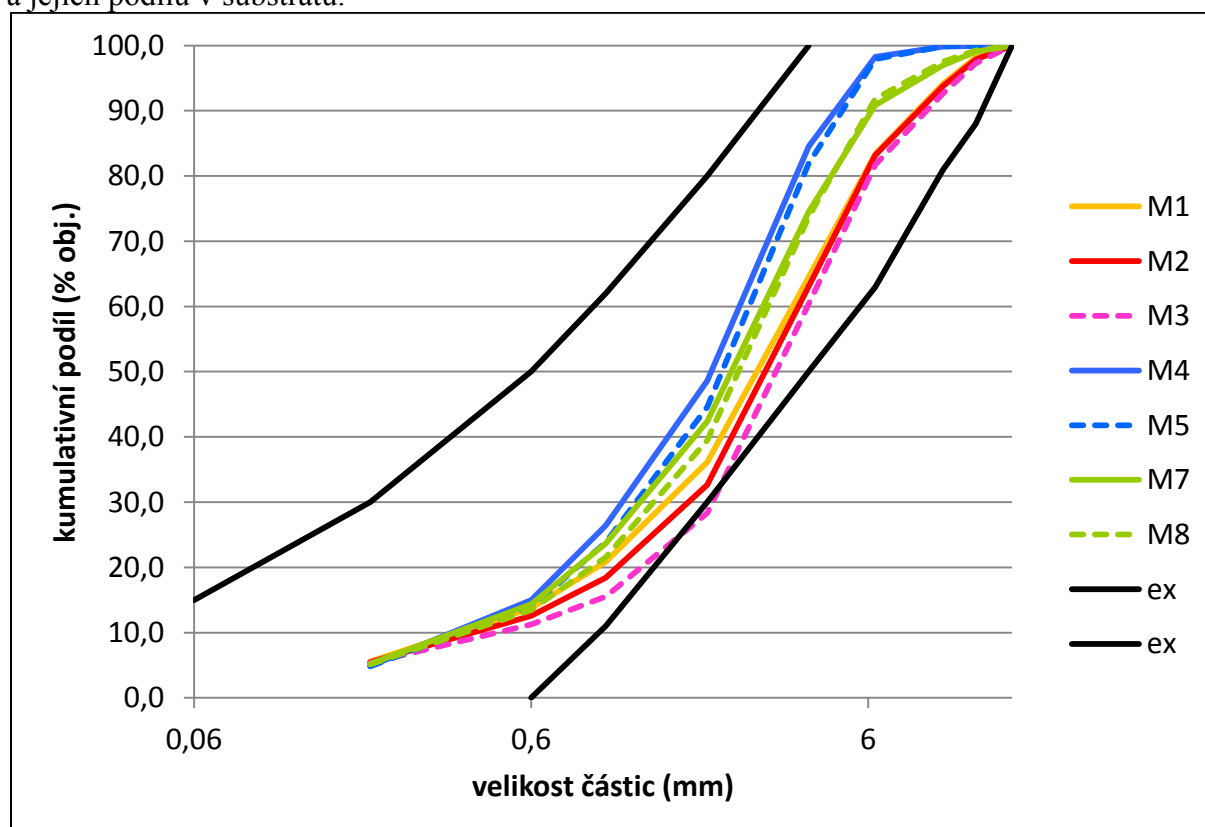
Graf. 7: Vymezení oblastí zrnitostních křivek pro extenzivní střešní substrát (ex), intenzivní střešní substrát (int) a jednovrstvý extenzivní nebo intenzivní substrát (ex1) podle FLL (2008). Viz též Tab. 9.



Tab. 11: Koordináty vymežující oblasti zrnitostních křivek pro extenzivní střešní substrát (ex), intenzivní střešní substrát (int) a jednovrstvý extenzivní nebo intenzivní substrát (ex1) podle FLL (2008). Viz též Graf 7.

| osa x | osa y |     |     |     |     |     |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
|       | ex    | ex  | ex1 | ex1 | int | int |
| 0,063 | 15    |     | 10  |     | 20  | 0   |
| 0,2   | 30    |     | 15  |     | 36  | 10  |
| 0,6   | 50    | 0   | 25  |     | 70  | 21  |
| 1,0   | 62    | 11  | 33  |     | 100 | 28  |
| 2,0   | 80    | 30  | 50  | 0   |     | 40  |
| 4,0   | 100   | 50  | 80  | 25  |     | 58  |
| 6,3   |       | 63  | 100 | 43  |     | 72  |
| 10,0  |       | 81  |     | 69  |     | 92  |
| 12,5  |       | 88  |     | 80  |     | 100 |
| 16,0  |       | 100 |     | 100 |     |     |

Graf 8: Zrnitostní křivky modelově připravených substrátů ze spongilitu, liadrainu a rašeliny a hranice vymežující oblast grafu pro extenzivní střešní substráty (ex). V tomto případě bylo zrnitostní složení substrátů vypočteno na základě zrnitostního složení použitých komponentů a jejich podílu v substrátu.



Tab. 12: Maximální vodní kapacita (MVK), obsah vzduchu při nasycení na MVK a rychlost infiltrace vody ( $K_{fmod}$ ) modelově připravených substrátů ze spongilitu, liadrainu a rašeliny z Grafu 8.

| substrát            | M1   | M2   | M3   | M4   | M5   | M7   | M8   |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| MVK (% obj.)        | 49,6 | 49,6 | 50,7 | 58,5 | 58,0 | 57,9 | 54,6 |
| Vzduch (% obj.)     | 18,1 | 21,0 | 22,4 | 10,1 | 13,3 | 13,6 | 17,2 |
| $K_{fmod}$ (mm/min) | 28,2 | 32,0 | 33,7 | 16,0 | 22,3 | 20,3 | 23,9 |

## 2.5 Podíl částic menších než 0,063 mm

Podíl částic menších než 0,063 mm je jedno z kritérií, podle kterých se hodnotí střešní substráty. Limity jsou stanoveny z důvodu prevence ucpávání drenážních vrstev. Podle FLL (2008) má intenzivní střešní substrát obsahovat maximálně 20 % hmot. částic menších než 0,063 mm, extenzivní střešní substrát max. 15 % hmot. a substrát pro zelené střechy s jednoduchou skladbou (intenzivní i extenzivní) max. 10 % hmot. Podíl těchto částic se stanoví síťovou analýzou za mokra nebo sedimentační metodou (DIN 18 123), které se provádějí pouze ve specializovaných laboratořích. Hodnoty se uvádí v hmotnostních procentech.

Většinou však postačí síťová analýza. Pokud např. stanovíme, že intenzivní substrát obsahuje méně než 20 % hmot. částic menších než 0,2 mm, platí současně, že částic menších než 0,063 mm je méně než 20 % (podobně pro extenzivní střešní substrát a jednovrstvý substrát). Pokud se zjišťovalo zrnitostní složení síťovou analýzou (komerční střešní substráty, střešní substráty ve vegetačních pokusech, modelové střešní substráty), ve všech případech podíl částic menších než 0,2 mm nepřekročil limity doporučené pro podíl částic menších než 0,063 mm (Tab. 13).

Tab. 13: Podíl částic menších než 0,063 mm ve vybraných substrátech.

| substrát              | S5   | S6  | S7  | S8 | B11  |
|-----------------------|------|-----|-----|----|------|
| částice <0,063 mm (%) | 13,9 | 6,5 | 7,3 | 8  | 10,5 |

## 2.6 Závěr

Zavedení typových substrátů, které umožňuje výrobcům popř. dovozcům jednodušší uvádění substrátů do oběhu, se dotýká i oblasti výroby a prodeje střešních substrátů. Pro zařazení substrátu do odpovídající skupiny typových substrátů stačí výrobci vyhodnotit tři základní vlastnosti: hodnotu pH, hodnotu EC a obsah spalitelných látek. Podle našich měření většina střešních substrátů splňuje požadavky pro zařazení alespoň do jedné ze skupin typových substrátů.

Dobře fungující střešní substrát musí splňovat řadu dalších požadavků. Z hydrofyzikálních vlastností to jsou především: dostatečná schopnost zadržovat vodu, dostatečné provzdušnění i při plném nasycení vodou a dobrá drenážní schopnost. Podle měření uskutečněných ve VÚKOZ v Průhonicích většina střešních substrátů s převažujícím podílem porézních

minerálních komponentů tyto požadavky splňovala. Naopak substráty s větším podílem zemin byly nevyhovující, měly špatné drenážní schopnosti a nebyly dostatečně provzdušněny.

Při prodeji by výrobce (prodejce) měl deklarovat vlastnosti střešního substrátu, aby bylo jasné, že se jedná o kvalitní střešní substrát popř., že se vůbec jedná o střešní substrát. Z fyzikálních vlastností doporučujeme uvádět hodnoty maximální vodní kapacity, obsahu vzduchu a rychlosti infiltrace vody. Z chemických vlastností by bylo vhodné uvádět obsah přijatelných živin podle normy ČSN EN 13651. Pokud jde o hodnotu pH, hodnotu EC a obsah spalitelných látek, které jsou pro ohlášení povinné, mělo by být uvedeno užší rozmezí pro konkrétní substrát a nejenom to, že splňuje podmínky pro zařazení do některé ze skupin typových substrátů. Uvádění těchto údajů nemůže ÚKZÚZ nařídít a je tedy na kupujících (realizačních firmách, investorech), aby to ve vlastním zájmu vyžadovali.

Stejně jako u registrovaných výrobků bude i u ohlášených typových substrátů ÚKZÚZ provádět odborný dozor, tj. bude odebírat kontrolní vzorky u výrobců i v distribuční a obchodní síti a dozírat, zda jsou tyto výrobky správně baleny, označovány, ale také skladovány a používány v souladu s požadavky zákona č. 156/1998 Sb. (zákon o hnojivech). V rámci tohoto dozoru bude v substrátech kromě ověřování deklarovaných jakostních parametrů sledovat i obsah rizikových prvků (stanovených ve Vyhlášce č. 131/2014 Sb).

## **2.7 Ekonomické vyhodnocení**

Předpokládané ekonomické přínosy vycházejí ze skutečnosti skutečností, že uvádění střešních substrátů do oběhu je podle Vyhlášky č. 131/2014 Sb možné v režimu ohlášení. Tím se podstatně snižuje administrativní zátěž a výrazně se sníží i náklady, protože ohlášení je zdarma.

## **3 Srovnání novosti postupů**

Předložená metodika poskytuje komplexní návod pro hodnocení střešních substrátů. Poznatky pro sepsání metodiky byly čerpány z literatury a především pak z výsledků získaných při laboratorním hodnocení komerčně vyráběných střešních substrátů a střešních substrátů připravených ve VÚKOZ v Průhoncích v rámci řešení projektu TA01020252.

## **4 Popis uplatnění metodiky**

Metodika upozorňuje na možnost uvádění střešních substrátů na trh formou ohlášení na základě jejich zařazení do systému typových substrátů definovaných vyhláškou 131/2014 Sb. Metodika popisuje způsoby měření základních parametrů, jejichž splnění je nutné pro přiřazení k jednotlivým typům substrátů. Definuje další požadavky, které musí splňovat kvalitní střešní substráty a přehledně zpracovává metody měření.

Metodika je určena výrobcům střešních substrátů na jedné straně a uživatelům (realizátorům, investorům) na straně druhé. Výrobcům napomůže zlepšit kvalitu střešních substrátů, realizátorům a investorům pak umožní vyvarovat se nákupu produktů, které svými vlastnostmi neodpovídají kvalitním střešním substrátům.

## 5 Seznam použité související literatury

- Vyhláška č. 131/2014 Sb, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv.
- Carlile, W. R. (2008): The use of composted materials in growing media. *Acta Horticulturae* 779, 321–327.
- ČSN EN 13037 (2012) Pomocné půdní látky a substráty - Stanovení pH. 12 s., ÚNMZ, Praha
- ČSN EN 13038 (2012) Pomocné půdní látky a substráty - Stanovení elektrické konduktivity. 12s., ÚNMZ, Praha
- ČSN EN 13039 (2012) Pomocné půdní látky a substráty - Stanovení organických látek a popela. 12 s., ÚNMZ, Praha
- 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. 16s., ÚNMZ, Praha
- ČSN EN 13651 (2002) Půdní melioranty a stimulanty růstu - Extrakce živin rozpustných v chloridu vápenatém / DTPA (CAD). 20 s., ÚNMZ, Praha
- ČSN ISO 10390 (2011) Kvalita půdy - Stanovení pH. 12 s., ÚNMZ, Praha
- DIN 18123 (2011): Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung.
- Dunnett N., Kingsbury N. (2005): *Planting Green Roofs and Living Walls*. Timber Press, Portland, Oregon, USA. 254 pp.
- Fischer P., Jauch M. (2003a): Nährstoffversorgung von Extensivbegrünungen, in W. Ernst, P.Fischer, M. Jauch H.-J. Liesecke *Dachabdichtung Dachbegrünung Teil III Grundlagen und Erkenntnisse zur Konstruktion, Abdichtung und extensiven Dachbegrünung*, str. 67–74, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- Fischer P., Jauch M. (2003b): Eignungsuntersuchung – 23 Substrate für einschichtige Extensivbegrünungen in W. Ernst, P. Fischer, M. Jauch H.-J. Liesecke *Dachabdichtung Dachbegrünung Teil III Grundlagen und Erkenntnisse zur Konstruktion, Abdichtung und extensiven Dachbegrünung*, str. 88–94, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- FLL (2008): *Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing*, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn.
- Vaněk V. (2001): Doporučení pro vyjadřování výsledků agrochemických rozborů rostlin, půd, hnojiv a potřeby hnojení. *Rostlinná výroba*, 47 (12): 506.

## 6 Seznam publikací, které předcházely metodice

- Dubský M., (2006): Metody EU pro hodnocení organických substrátů. *Zahradnictví* 98/2: 51–53.
- Dubský, M. (2014): Charakteristika typových substrátů pro ohlášení. *Zahradnictví* 13 (2), 58–61.

- Dubský, M., Kaplan, L. (2012): Substráty a zeminy s komposty a separovaným digestátem. *Zahradnictví* 11 (8), 62–65.
- Dubský, M., Severa, M. (2011): Substráty a systémy výživy pro pěstování rododendronů. *Zahradnictví*, 10 (8), 32–34.
- Dubský M., Šrámek F. (2006): Pěstování dřevin v minerálních substrátech. *Zahradnictví* 98/9, 52–54
- Dubský M., Šrámek F (2007): Pěstební substráty z vrchovištních rašelin. *Zahradnictví* 99/2: 47–49.
- Dubský M., Šrámek F (2008): Vliv pH substrátu a výživy stopovými prvky na výskyt chlorózu u petúnií. *Zahradnictví* 100/5: 59–61.
- Dubský, M., Šrámek, F. (2010): Minerální komponenty pro přípravu školkařských substrátů. *Zahradnictví*, 9 (6), 36–38.
- Šrámek F., Dubský M. (2011): Jednovrstvý extenzivní střešní substrát s podílem spongilitu. Užitný vzor č. 22941, VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 2 s.
- Šrámek F., Dubský M. (2011): Lehký extenzivní střešní substrát s podílem spongilitu. Užitný vzor č. 22942, VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 2 s.
- Šrámek F., Dubský M. (2011): Intenzivní střešní substrát s podílem spongilitu. Užitný vzor č. 22943, VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 2 s.
- Šrámek F., Dubský M. (2011): Extenzivní střešní substrát s podílem spongilitu. Užitný vzor č. 22944, VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 2 s.
- Šrámek F., Dubský M. (2012): Laboratorní hodnocení střešních substrátů. *Zahradnictví* 11 (2), 56–58.

## 7 Dedikace

Metodika byla zpracována ve Výzkumném ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. v rámci řešení projektu TAČR TA01020252 Nové komponenty pro střešní substráty.

## 8 Oponenti

Odborný oponent z oboru: Ing. Jaroslav Houček, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Oddělení registrace hnojiv, Za Opravnou 4, Praha 5 – Motol.

Oponent ze státní správy: Ing. Michaela Budňáková, Ministerstvo zemědělství ČR, odbor rostlinných komodit.