

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. Strnady  
Výzkumná stanice Opočno

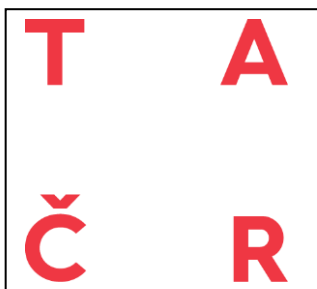
## **Použití hnojiv se zeolity v lesním školkařství**

Certifikovaná metodika

Autoři:

Jarmila Nárovcová  
Martin Dubský  
Václav Nárovec  
Jan Reich  
Jiří Valenta

Opočno, listopad 2022



Projekt na téma **Hnojiva se zeolity pro lesní hospodářství**  
(TH04030217) je spolufinancován se státní podporou  
Technologické agentury České republiky  
v rámci Programu EPSILON.

Program **Epsilon**

---

Ústřední koordinátorka projektu a adresa hlavního řešitelského pracoviště:

Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.  
Strnady čp. 136, 252 02 Jíloviště  
e-mail: narovcova@vulhm.cz

---

Tým spoluřešitelů projektu a adresy řešitelských pracovišť:

Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D.

Ing. Václav Nárovec, CSc.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. – Výzkumná stanice Opočno  
Na Olivě č. 550, 517 73 Opočno  
e-mail: narovcova@vulhmop.cz; narovec@vulhmop.cz

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

Ing. Věra Fadrhonsová

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.  
Strnady čp. 136, 252 02 Jíloviště  
e-mail: novotny@vulhm.cz; fadrhonsova@vulhm.cz

Ing. Martin Dubský, Ph.D.

Ing. Jan Reich

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.  
Květnové náměstí č. 391, 252 43 Průhonice  
e-mail: dubsky@vukoz.cz; reich@vukoz.cz

Ing. Petr Šlemenda, Ph.D.

Ing. Jiří Valenta

Ing. Daniel Tupec

Lovochemie, a. s.

Tereziánská č. 57, 410 02 Lovosice

e-mail: petr.slemenda@seznam.cz; daniel.tupec@lovochemie.cz; jiri.valenta@lovochemie.cz

# OBSAH

---

1. Cíl metodiky	str. 5
2. Vlastní popis metodiky	str. 5
2.1 Specifika pěstování sadebního materiálu lesních dřevin ve školkách	str. 5
2.1.1 Účelová kvalita sadebního materiálu	str. 5
2.1.2 Individualizované přístupy ke hnojení ve školkách	str. 6
2.1.3 Okruhy problémů při péči o půdu	str. 7
2.1.4 Perspektivní soustavy hospodaření na půdách	str. 7
2.2 Hlavní články navrhované soustavy hnojení v lesních školkách	str. 8
2.2.1 Pravidla a doporučení pro základní P, K a Mg hnojení	str. 8
2.2.2 Pravidla a příklady pro hodnocení kationtové výměnné kapacity	str. 10
2.2.3 Chemické analýzy a doporučené dávky živin vybraných pěst. ploch	str. 11
2.3 Metodické pokyny pro užití vývojových typů hnojiv z Lovochemie, a. s. Lovosice v lesních školkách	str. 14
2.3.1 Charakteristika zeolitu	str. 14
2.3.2 Hnojiva s podílem zeolitu pro lesní školky	str. 16
2.3.3 Aplikace hnojiv se zeolity v lesních školkách	str. 17
2.3.4 Modelové příklady hnojení jednotlivých kultur	str. 18
3. Srovnání „novosti postupů“	str. 22
4. Popis uplatnění certifikované metodiky	str. 22
5. Ekonomické aspekty	str. 22
6. Seznam použité související literatury	str. 23
7. Seznam publikací, které předcházely metodice (za období od roku 2016)	str. 25
8. Dedikace	str. 26
Seznam použitých zkratk	str. 27
PŘÍLOHA	str. 28

---

---

### **Jména oponentů, názvy a adresy jejich organizací:**

Posudek pracovníka příslušného odborného orgánu státní správy vypracovala: Ing. Michaela Budňáková; Ministerstvo zemědělství ČR, Odbor zemědělských komodit (18140); Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1

Posudek odborníka v daném oboru vypracoval: Ing. Pavel Burda, Ph.D.; Lesní školky Milevsko; Hajda č. 1455, 399 01 Milevsko

---

### **Podíly na vzniku předkládané metodiky:**

Roli, rozpočtovou účast a podíly řešitelských pracovišť na řešení výzkumného úkolu předurčovala přihláška projektu TH04030217. Na přípravě rukopisu a na finalizaci předkládaného projektového výstupu se členové řešitelského týmu s rolí spoluautorů certifikované metodiky podíleli následovně:

J. Nárovcová (25 %) – kapitoly (podkapitoly či statě): kap. 2.3 až 8 včetně seznamu zkratk

V. Nárovec (20 %) – kap. 2.1 až 2.2.1 včetně poznámek pod čarou

M. Dubský (25 %) – kap. 1, dále kap. 2.2.2 až 5 a přílohy

J. Reich (20 %) – kap. 2.3 až 5

J. Valenta (10 %) – kap. 2.3 až 5

---

Osvědčení o uznání metodiky s názvem „*Použití hnojiv se zeolity v lesním školkařství*“ vydal Odbor rostlinných komodit Ministerstva zemědělství České republiky dne 28. listopadu 2022 (Osvědčení č. MZE-68183/2022-13123) v souladu s podmínkami „*Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací*“, schválené usnesením vlády ČR dne 8. února 2017 číslo 107, a její samostatné přílohy č. 4, schválené usnesením vlády ČR dne 29. listopadu 2017 č. 837.

---

## 1. Cíl metodiky

Cílem metodiky je poskytnout tuzemským producentům sadebního materiálu lesních dřevin (zkr. SMLD) soubor metodických doporučení a aplikačních návodů pro efektivní užití nových typů granulovaných hnojiv se zeolity při hnojení půd v lesních školkách. Metodika vychází z 4letého řešení inovačního výzkumného projektu TH04030217 *Hnojiva se zeolity pro lesní hospodářství*, podporovaného Technologickou agenturou České republiky (TAČR). Optimalizace skladby, aplikačních možností a agrochemických účinků těchto průmyslových hnojiv probíhaly v letech 2019 až 2022 ve společnosti LOVOCHEMIE, a. s. Lovosice. Aplikační zkoušky se uskutečnily v lesních školkách společnosti WOTAN FOREST a. s. České Budějovice a vyhodnocení těchto zkoušek zajišťoval VÝZKUMNÝ ÚSTAV LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A MYSLIVOSTI, v. v. i. Strnady (VÚLHM) a VÝZKUMNÝ ÚSTAV SILVA TAROUČY PRO KRAJINU A OKRASNÉ ZAHRADNICTVÍ, v. v. i. Průhonice (VÚKOZ). Získané poznatky se staly podkladem pro zavádění nových typů hnojiv se zeolity do inovované soustavy hnojení půd v lesních školkách např. u společnosti UNILES, a. s. Rumburk. Metodika navazuje na výsledky projektu TH02030785 *Hnojiva pro lesní hospodářství*, který některá inovovaná metodická aplikační doporučení pro hnojení půd a kultur prostokořenného sadebního materiálu (PSM) lesních dřevin ve školkách novými typy směsných hnojiv již dříve podrobně specifikoval.

## 2. Vlastní popis metodiky

### 2.1 Specifika pěstování sadebního materiálu lesních dřevin ve školkách

#### 2.1.1 Účelová kvalita sadebního materiálu

Produkcí lesního školkařství jsou živé juvenilní víceleté dřeviny, které jako dlouhověké organismy mohou teprve až po výsadbě na trvalé stanoviště plnit své ústřední poslání, totiž být základem budoucích lesních porostů. V rámci segmentu pěstování a zakládání lesů proto lesní školkařství plní roli produktového mezičlánku, který je koncipován ve prospěch širších strategických cílů umělé obnovy lesů<sup>1</sup>. Jako takové musí lesní školkařství a jeho produkce SMLD co nejvíce naplňovat výhledové požadavky, které v dané etapě rozvoje lesního hospodářství (LH) společnost při obnově lesa preferuje a akcentuje.

Z tohoto zřetele musí být v lesních školkách navrhováno a realizováno rovněž hnojení půd školkařských produkčních polí, které si navíc přináší i aspekt spoluzodpovědnosti za rizika poškozování životního prostředí v místě výchozího pěstování SMLD (tj. v lesních školkách), ale také s ohledem na zdravý vývoj pěstovaných rostlin a na účelovost zajišťované produkce sadebního materiálu ve smyslu následující interpretace: „Kvalita SMLD je účelová. ... Je určována mírou, do jaké daný SMLD naplňuje individuální cíle hospodaření.“ (cit. GLERUM, CLEARY, WILLÉN & FRY 1980, s. 297)<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Pojmy *umělá obnova lesa* a *zalesňování* předkládaná metodika užívá jako synonyma (cf. MAUER 2018).

<sup>2</sup> Jde o pracovní definici pro *kvalitu sadebního materiálu lesních dřevin*, kterou přijalo jednání IUFRO konference „Techniques for Evaluating Planting Stock Quality“, uskutečněné ve dnech 13. až 24. srpna 1979 na Novém Zélandu (Rotorua, Palmerston North, Christchurch). Materiály z konference uvádějí: The session opened with an attempt to define planting stock quality, a term used constantly but not defined during the workshop until now. The following working definition was accepted: "The quality of planting stock is the degree to which that stock realises the objectives of management (to the end of the rotation or achievement of specified sought benefits) at minimum cost. Quality is fitness for purpose." [přepis ex GLERUM C., CLEARY B., WILLÉN P., FRY G. 1980. Evaluation of planting stock quality (proceedings of sessions). *New Zealand Journal of Forestry Science*, 10 (1): 294–300].

Obecně platí, že lesní školky mají produkovat kvalitní sadební materiál, který bude po výsadbě na trvalé stanoviště včas a s co nejmenšími ztrátami odrůstat do fáze zajištěné lesní kultury (SVOBODA et al. 2015). Pro dosažení takového cíle umělé obnovy lesa má mimořádný význam především **kvalita kořenových soustav** diferencovaně ve školkách pěstovaného a diferencovaně na trvalých stanovištích užitého SMLD. Důležité je produkovat SMLD v takové kvalitě, u které budou dosahované morfologické parametry kořenových soustav a nadzemních částí školkařských výpěstků cíleně harmonizovány s lokálně uplatňovanými technologiemi a podmínkami pro zalesňování (SAMEK, JANČAŘÍK et al. 1990). S rozdílnými požadavky na kvalitu kořenových soustav školkařských výpěstků (samozřejmě s nezbytným respektováním optimálních relací vůči ostatním morfologickým znakům SMLD, zejména vůči tloušťkám kořenových krčků a výškám nadzemní části) souvisí u vlastníků lesa a jejich odborných lesních hospodářů (OLH) i individualizovaná poptávka na trhu po výpěstcích SMLD s morfometrickými, exteriérovými a dalšími odlišnostmi od tzv. standardu. Platí to i pro diferencovanou výživu SMLD (cf. MAUER a MAUEROVÁ 2011), produkovaného ve školkách na podkladě tzv. *smluvního pěstitelství*, které ještě nedávno bylo pro obnovu lesa a pro samotný úsek lesní školkařství důležitou strategickou vizí (cf. MZE 2016, s. 76–77).

### 2.1.2 Individualizované přístupy ke hnojení ve školkách

Stejně jako v zemědělské rostlinné výrobě i v lesních školkách vedle sebe koexistují několikrát **individuální přístupy**, které diferencují pěstování SMLD do odlišných pěstebně-produktivních přístupů (směrů, konceptů, ideových proudů, teorií apod.). Souběžně vymezují i odlišnou roli pro hnojení, a to napříč celou oblastí zajišťování výživy rostlin a zvyšování produktivity stanoviště lesních školek (školkařských polí) hnojením. Rozlišovacím kritériem pro přiřazení konkrétní školky do některého z koncepčních a realizačních okruhů (skupin) je rovněž míra praktického zachování kontinuity a vzájemné propojenosti všech dílčích (pod)oborů pěstování lesa, tedy návaznost lesního semenářství a školkařství na zakládání a obnovu lesních porostů. V tomto ohledu se v rámci tuzemského lesního školkařství rozlišují především intenzivní, tradiční a alternativní modely realizací<sup>3</sup>.

Pro hnojení v lesních školkách se nadále užívá názvoslovná soustava, kterou prosazoval DUŠEK (1985). Jde o diferenciaci na *základní hnojení* (které se týká prvořadě půdy) a na *operativní hnojení* (podporující prvořadě výživu rostlin). REJŠEK (2018, s. 348) popsal a vystihl propojenost obou těchto intenzifikačních opatření v lesních školkách, když uvedl: „*Daná problematika je však natolik komplikovaná a současný stav poznání natolik komplexní, že nelze očekávat žádná šablonovitá doporučení: operativní i základní hnojení je úspěšné jen a pouze na základě porozumění dvěma skutečnostem: konkrétní aktuální situace na daném stanovišti a konkrétní aplikované hnojivé látky, resp. jejím konkrétním složením. Vždy je zapotřebí mít na paměti, že výživa rostlin musí být vyrovnaná. Máme-li vynikající zdroj mikrobiogenních prvků, nebude účinný, nedodáme-li i prvky makrobiogenní: velmi markantní je to zvláště stran dusíku. Platí tak, že volba hnojivého prostředku a jeho dávkování by měly být individuální: žádná univerzální řešení neexistují.*“

<sup>3</sup> Vývoji individualizovaných soustav hnojení v polovině 90. let minulého století vyšly vstříc i mnohé tehdy vydávané legislativní předpisy. Jmenovat lze např. zákon č. 289/1995 Sb., *o lesích a o změnách a doplnění některých zákonů (lesní zákon)* a jeho prováděcí předpisy (kde např. chyběla specifikace pojmu *lesní školka* a související komentáře k lesnímu školkařství), ale také zákon č. 252/1997 Sb., *o zemědělství* (kde naopak byla v § 3i, odst. f zmínka o *školkách lesních dřevin*, které se nacházejí na ZPF). Stejně tak lze uvést ustanovení zákona č. 156/1998 Sb., *o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení půd (zákon o hnojivech)*, ve znění pozdějších předpisů (ZoH), který svým § 11 kompetence pro zjišťování půdních vlastností lesních pozemků nasměroval na ÚKZÚZ.

Realitou současné tuzemské lesnické školkařské praxe při pěstování PSM je, že jednotlivé provozy používají **individualizované soustavy hnojení**. U některých z nich je míra (podíl) vnášení dávek hnojivých látek (hnojiv) na školkařská pole pomocí operativních hnojařských zásahů natolik dominantní, že nevycházejí při svém plánování ze závěrů pedologického průzkumu. Žádný rámec aktivního zjišťování a řízení úrovně podmínek a výživy rostlin hnojením, známý z tradiční agronomické praxe u polních plodin, takové školky neuplatňují. Jde u nich často jen o intuitivní aplikace hnojiv, motivované nutností dosažení potřebných morfologických parametrů, při kterých je expedovaný SMLD prodejný odběratelům, a to za splnění podmínky co nejkratšího pěstebního cyklu. V tomto přístupu se popsaná školkařská praxe přiklání k modelům, známým též ze soudobé zemědělské praxe (NĚMEC 2015), kde k dosažení potřebného výnosu plodin slouží jen vícesložková hnojiva s obsahem dusíku, aplikovaná několikrát ve vegetační době tzv. *na kulturu* (tj. v tradiční agronomii a jejím názvosloví tzv. *na list*). Není to ovšem systematická péče o základy půdní úrodnosti (tedy úsilí o dosahování tzv. *staré půdní síly*) ve výkladech tradičních i moderních, vědecky zdůvodněných agrárních soustav hnojení, které v minulosti předložili přední představitelé vědy, vývoje a inovací v oblasti environmentální chemie (cf. VANĚK et al. 2012 a další).

### 2.1.3 Okruhy problémů při péči o půdu

Úkoly při zajišťování fertility půd na školkařských polích se neliší od úkolů (chceme-li, pak *výzev*), před kterými stojí celý tuzemský agrokomples. Aktuálně v obou případech do popředí vystupují problémy s půdní erozí, tedy úkol **předcházet odnosu půdních částic** a transportu živin z produkčních polí. K odnosu půdních částic mimo pozemek dochází vodní a větrnou erozí, ve školkách navíc i prostřednictvím transportu ulpělých částic půdy na kořenech PSM během expedice SMLD na zalesňované plochy (odnos půdy na kořenech sazenic může představovat i 5 až 35 tun zeminy v přepočtu na 1 ha). Vážným problémem ve školkách i na ostatních hospodářských plochách, po kterých přejíždějí stroje a jejich tažné prostředky, zůstává **pedokompakce** (zhuťňování půdních profilů). Společným problémem je vleklá **acidifikace půd** (okyselování obhospodařovaných půd) a také **jejich** postupná **dekarbonizace** (snižování podílu humusotvorných organických látek ve svrchních půdních horizontech), což vede ke zhoršení řady návazných chemických a fyzikálních půdních vlastností včetně např. snížení schopnosti půdy zadržovat vodu atd. Proto jsou tak důležitá opatření péče o půdní strukturu (vč. ochrany půdy před zhuťňováním) a rovněž apelace na minimalizaci možné nežádoucí environmentální zátěže pozemků školek a polí v důsledku luxuriantního (nad)užívání průmyslových hnojiv a pesticidů. Pro soudobou školkařskou praxi význam těchto doporučení neztratil za posledních 30 let nic ze své naléhavosti (DUŠEK 1997).

### 2.1.4 Perspektivní soustavy hospodaření na půdách

Dnes již nelze oddělovat problematiku volby soustav hospodaření na půdách a systémů výživy a ochrany rostlin od úsilí přispět k řešení problémů s biodiverzitou agrárních a lesních stanovišť (cf. SŮVOVÁ 2018). Argumenty pro zachování a rozšíření biologické diverzity na všech přírodních i člověkem obhospodařovaných pozemcích nyní v souvislostech s hrozbami globální klimatické změny (zkr. GKZ) významně posilují (viz VÁLOVÁ 2022). A to jak na evropské úrovni (viz ambiciózní ekologické programy a doktríny, vycházející ze „*Zelené dohody pro Evropu*“), tak v aplikačních dokumentech národní úrovně (MŽP 2015, 2017 aj.).

Nevyhne se jim do budoucna ani tuzemské lesní školkařství<sup>4</sup>, neboť prosazované **ekologické zemědělství** (zkr. EZ)<sup>5</sup> spolu s agrolesnickými postupy obhospodařování zájmových pozemků je dnes uznávanou metodou zemědělské produkce, která perspektivně splňuje požadavky udržitelného rozvoje. V souvislosti s půdou a jejím obhospodařováním se proto hledají postupy, které by posuzovaly a zhodnotily *udržitelnost* (angl. *sustainability*) soustav hnojení a hospodaření na půdách. Některé tuzemské studie se o to pokoušejí pomocí metod termodynamické a informační teorie (NĚMEC 2015). Udržitelnost půdní úrodnosti v takových případech bývá definována (ibid.) jako **dlouhodobé setrvání** vybraných indikátorů půdní úrodnosti buď **v definovaných mezích**, nebo jako jejich setrvání v limitech, daných základními fyzikálními zákony (zákony termodynamiky). V tuzemské praxi mohou být za indikátory stavu půdní úrodnosti zcela pragmaticky brány výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd – AZZP (cf. SMATANOVÁ 2020, 2022).

## 2.2 Hlavní články navrhované soustavy hnojení v lesních školkách

V soustavách hospodaření na půdách je vždy nutné hledat **soulad všech agrotechnických a agrochemických opatření**, počínaje úrovní střídání cílové produkce juvenilních dřevin s plodinami kultur *zeleného hnojení* (zkr. ZH) jako přerušovači monokulturního hospodaření, přes systematickou péči o příznivé fyzikální půdní poměry na obhospodařovaných pozemcích až po intenzitu základního hnojení půd organickými a průmyslovými hnojivy.

### 2.2.1 Pravidla a doporučení pro základní fosforečné, draselné a hořečnaté hnojení

Předkládaná metodika navazuje na výsledky projektu TH02030785 *Hnojiva pro lesní hospodářství*, tj. obsahově doplňuje výchozí certifikovanou metodiku *Efektivní užití nových granulovaných směsných hnojiv typu NKMg v lesních školkách* (NÁROVCOVÁ et al. 2020\*). Obě tyto metodiky primárně specifikují některá nová aplikační doporučení pro hnojení půd a kultur při pěstování PSM lesních dřevin ve školkách.

Pro základní ohodnocení obsahu hlavních přijatelných živin (P, K, Ca, Mg) v půdách školek se využívají výsledky extrakcí metodou *Mehlich III*. Základní kritéria (včetně kritérií pro přijatelný vápník pro střední půdy a fosfor) jsou shrnuta v Tab. 1. Uvedené hodnocení půd bylo zobecněno a upraveno dle primárních doporučení, které pro draslík (K) a hořečík (Mg) v půdě publikovali NÁROVCOVÁ a NÁROVEC (2016\*), resp. NÁROVCOVÁ et al. (2016\*). Pro rostlinám přístupný vápník (Ca) a fosfor (P) byla v plném rozsahu použita kritéria AZZP podle metodického pokynu ÚKZÚZ, který zkompletovala SMATANOVÁ (2020, 1. vydání).

<sup>4</sup> Zejména ta část školek, která využívá modely finančních podpor typu jednotných plateb na plochu (SAPS).

<sup>5</sup> **Ekologické zemědělství** (EZ) je definováno jako vyvážený agroekosystém stabilního charakteru, který se v maximální míře zakládá na lokálních a obnovitelných zdrojích a který využívá v co největší možné míře biologické procesy ekosystému. Ekologické zemědělství je uznávanou metodou zemědělské produkce, která splňuje (v porovnání s konvenčními přístupy) mnohem úspěšněji podmínky udržitelného rozvoje. V EZ je příroda brána jako jednotný celek se svojí vnitřní hodnotou. Člověk musí mít morální povinnost a závaznou odpovědnost hospodařit takovým způsobem, aby se kulturní krajina stala pozitivní a harmonickou součástí přírody. Biologické a ekologické ohledy pak jsou základem všech praktických aplikací a hospodářských opatření půd (včetně udržitelného hospodaření na půdách lesních školek). Cílem EZ je zachovat **přírozenou úrodnost půd**, vytvořit kulturní krajinu druhově bohatou, současně s genetikou rozmanitostí uvnitř druhu a se zajištěnými životními podmínkami pro všechny živé organismy (DVORSKÝ a URBAN 2014). EZ při hospodaření s přírodními zdroji ctí pravidlo, aby nedocházelo k negativnímu ovlivňování životního prostředí všech organismů (včetně půdního edafonu). Na úseku stabilizace půdní úrodnosti je záměrem dosáhnout maximální recyklace živin (právě pomocí činnosti edafonu, jakož i rozkladu a syntézy organické hmoty v půdě).



**Tab. 1:** Kritéria uplatněná v rámci projektů TH02030785 a TH04030217 při vyhodnocování koncentrací rostlinám přístupného draslíku (K), hořčíku (Mg), vápníku (Ca) a fosforu (P), stanovených extrakcí (metodou) *Mehlich III* v minerálních půdách zájmových lesních školek

Slovní označení kategorie obsahu rostlinám přístupných živin v půdách lesních školek	Obsah přístupných živin stanovený analytickou metodou <i>Mehlich III</i> (v mg/kg)			
	draslík (K) a hořčík (Mg)		vápník (Ca)	fosfor (P)
	seskupené kategorie půdních druhů			půdní druhy
	(p) a (hp) *	(ph) a (h) *	(ph) a (h) *	(p) až (h)*
nízký (N)	≤50	≤100	≤1100	≤50
vyhovující (VH)	51–100	101–150	1101–2000	51–80
dobrý (D)	101–200	151–300	2001–3300	81–115
vysoký (V)	201–350	301–400	3301–5400	116–185
velmi vysoký (VV)	>350	>400	>5400	>185

Pozn. \*: Označení půdního druhu symbolem (p) reprezentuje písčité půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi do 10 %; symbolem (hp) se označují hlinito-písčité půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi od 10,1 do 20,0 %; symbolem (ph) se označují písčito-hlinité půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi od 20,1 do 30,0 % a symbol (h) se užívá u hlinitých půd s podílem jílnatých částic v jemnozemi od 30,1 do 45,0 %

U „velmi vysokého“ (VV) a „vysokého“ (V) obsahu rostlinám přístupného fosforu v půdě se základní hnojení P vynechává až do doby, než obsah P v půdě poklesne na úroveň „dobrý“ (D). Při úrovni „dobrý“ (D) se doporučuje aplikovat **udržovací hnojení** fosforečnými hnojivy v dávce cca 15–20 kg P/ha vždy na začátku (zpravidla 2letého) pěstebního cyklu. U „vyhovujícího“ (VH) obsahu P v půdě činí doporučená dávka fosforečného základního hnojení kolem 25–30 kg P/ha/2 roky. Při úrovni „nízký“ je doporučeno **dosycovací hnojení** půdy v dávkách kolem 35–40 kg P/ha/2 roky (případně i vyšších) s tím, že realizace je možná teprve po předchozích agromelioračních úpravách (podmínkou je vyhovující  $pH_{CaCl_2}$ , a dobrý obsah humusu).

Podle hodnot obsahu rostlinám přístupných živin K a Mg v půdě, stanovených metodou *Mehlich III*, jsou doporučovány diferencované dávky těchto živin před zahájením 2letého pěstebního cyklu PSM. Při nízkém obsahu K, resp. Mg se doporučuje dosycovací hnojení v dávkách nad 140 kg K, resp. 50 kg Mg/ha/2 roky. Podmínkou je úroveň sorpční kapacity půdy nad 160  $mmol^+/kg$ , vyhovující hodnota  $pH_{CaCl_2}$  a dostatečný obsah humusu. Pokud tyto podmínky nejsou splněny, používají se nižší dávky 80–140 kg K. V případě nevhodného poměru K : Mg (zejména při číselném poměru obsahů prvků >3,2) se doporučuje hnojení draselnými hnojivy vyloučit), resp. aplikovat 30–50 kg Mg/ha/2 roky. Tyto dávky odpovídají režimu hnojení, které se používá při vyhovujícím obsahu živin v půdě. Část živin doporučených pro 2letý pěstební cyklus je možné dodat v rámci operativního hnojení dusíkem v průběhu vegetace vícesložkovými hnojivy. Při dobrém obsahu živin se doporučuje udržovací hnojení 40–80 kg K/ha/2 roky, resp. 20–30 kg Mg/ha/2 roky. Při velmi vysokém či vysokém obsahu se základní hnojení půdy draslíkem a hořčíkem na přechodnou dobu vynechává, a to až do doby, než dojde ke snížení koncentrace prvků na požadovanou úroveň.

Samotná informace o obsahu rostlinám přístupných živin K a Mg v půdě není vždy dostatečným podkladem pro komplexní agronomickou charakteristiku půd a optimalizaci základního hnojení půd živinami ve formě kationtů (K, Mg, Ca). Důležitou pedologickým indikátorem je souvztažnost s kationtovou výměnnou kapacitou (KVK). Půdní diagnostikou je nutné sledovat zastoupení K vůči Mg v KVK a základním minerálním hnojením udržovat vzájemný vyvážený poměr K : Mg = 1 : 2–(3), vypočítaný podle metodického pokynu

ÚKZÚZ pro AZZP (viz SMATANOVÁ 2020: tam tabulka 20 na str. 22). Tento ukazatel (při poměru  $K : Mg > 3,2$ ) odhaluje potenciální problémy s výživou rostlin hořčíkem vlivem antagonismu kationtů a nadměrného příjmu draslíku rostlinami (užití tohoto ukazatele se již aplikovalo ve školkách společnosti LESOŠKOLKY s. r. o. – viz NÁROVEC 2017\*: s. 61).

## 2.2.2 Pravidla a příklady pro hodnocení kationtové výměnné kapacity

Při komplexním hodnocení nasycení sorpčního komplexu kationty se posuzuje vzájemný poměr všech  $K : Mg : Ca$ . Na základě tohoto poměru je možné zvolit dosycovací hnojení půd vápenato-hořečnatými hnojivy s hořčíkem v uhličitanové vazbě. Vápněním s využitím dolomitického vápence je nutné upravit poměr  $K : Mg : Ca$  v kationtové výměnné formě. Detailní kritéria pro interpretaci analytických hodnot KVK jsou uvedena v Tab. 2.

**Tab. 2:** Kritéria uplatněná v rámci projektů TH02030785 a TH04030217 při vyhodnocování aktuální kationtové výměnné kapacity a zastoupení kationtů v sorpčním komplexu KVK.

Hodnocení stupně půdní zásobenosti	Hodnota KVK $\text{mmol}^+/\text{kg}$ půdy	Podíl kationtů v sorpčním komplexu, poměr kationtů v sorpčním komplexu			Zrnitost půdy a doporučené hnojení (typ aplikací hnojiv)
		$K^+$	$Mg^{2+}$	$Ca^{2+}$	
nízká - N	<120	(3)–5 %	15 %	65 %	lehké půdy, udržovací hnojení
		1 : 3 : 13			
střední - S	120–180	(3)–4 %	10 %	75 %	střední půdy, obohacovací hnojení
		1 : 2,5 : 19			
vysoká - V	>180	(2)–3 %	5 %	85 %	těžší půdy, dosycovací hnojení
		1 : 1,7 : 10			

Klasické metody stanovení KVK půdy a obsahu výměnných kationtů v půdě spočívají v extrakci půdy roztokem chloridu barnatého (ISO/DIN 11260) nebo roztokem octanu amonného. V rámci stanovení je vyhodnocen i obsah kationtů v sorpčním komplexu. Metody jsou detailně popsány v dokumentaci zkušebních laboratoří ÚKZÚZ (ZBÍRAL et al. 2016: *Jednotné pracovní postupy ÚKZÚZ – Analýza půd I*). Výše uvedené metody jsou ovšem pracné a časově i finančně náročné a provádějí je pouze specializované pedologické laboratoře. Stanovení KVK extrakcí roztokem chloridu barnatého (ISO/DIN 11260) provádí v ČR pouze pedologická laboratoř VÚMOP, v. v. i. Praha 5-Zbraslav nad Vltavou.

Součástí tradičního AZZP je metoda, která ke kvantifikaci KVK půdy (označované jako aktuální sorpční kapacita) využívá přímo výsledky stanovení rostlinám přístupných živin ve výluhu podle metody *Mehlich III*. Označuje se jako *součtová metoda*. Obsahy hlavních kationtů ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ) se vyjadřují v  $\text{mmol}$  chemického ekvivalentu ( $\text{mmol}^+$ ) na 1 kg zeminy a následně se sumární hodnota KVK vypočítá jako součet obsahů výše uvedených kationtů a výměnného vodíku. Výměnný vodík se stanovuje modifikovanou *metodou podle Adamse a Evanse* (SMATANOVÁ 2016). Na základě dotazů na laboratoře ÚKZÚZ ale bylo zjištěno, že tuto metodu již žádná laboratoř ÚKZÚZ v současnosti nepoužívá. Metoda stanovení KVK octanem amonným byla rovněž inovována a upravena (MATULA 2007). Je označována KVK-UF a v rámci analytických stanovení je pomocí ní možné odvodit i tzv. *přijatelný fosfor*. Jednotlivé metody mají i určitá omezení, např. stanovení KVK-UF je vhodné pouze pro půdy, které neobsahují více než 0,4 %  $CaCO_3$ . Jinak dochází k nadhodnocování obsahu vápníku jeho uvolňováním z uhličitanů. Kationtovou výměnnou kapacitu je tedy nutné posuzovat z hlediska použité metody i charakteru hodnocené půdy.

Po stanovení KVK se přijatelné živiny přepočítají z mg/kg na mmol chemického ekvivalentu na kg půdy (mmol<sup>+</sup>/kg). Hodnota 1 mmol chemického ekvivalentu v mg je pro jednotlivé kationty následující: K = 39,10; Mg = 12,15; Ca = 20,04 (u dvoumocných kationtů je to polovina jejich molekulové hmotnosti). Stanovený obsah v mg/kg se vydělí příslušnou hodnotou. Dále se vypočte % zastoupení jednotlivých kationtů v KVK. Podle doporučených hodnot (Tab. 2) se stanoví rozdíly mezi optimálním a skutečným nasycením. Ty rozdíly se na konci hodnocení vyjádří v mg na kg půdy a použijí na optimalizaci dávek jednotlivých živin.

Na základě hodnocení půd lesních školek v rámci projektu TH04030217 i na základě konzultací s agrochemickými laboratořemi, které rozборы provádějí, mají pěstitelé několik možností, jak hodnotit podmínky výživy rostlin na zájmových produkčních polích:

- A) Nejjednodušší, a v současné době nejvíce využívané, je hodnocení obsahu přijatelného obsahu živin v půdě metodou (extrakcí podle) *Mehlich III*.
- B) Kombinace stanovení obsahu přijatelných živin metodou Mehlich III a stanovení KVK součtovou metodou a určení optimálních dávek K, Mg případně Ca podle nasycení sorpčního komplexu kationty. Tato metoda se v současnosti nevyužívá, vzhledem k tomu, že agrochemické laboratoře součtovou metodou ke stanovení KVK nepoužívají.
- C) Kombinace stanovení obsahu přijatelných živin metodou Mehlich III a stanovení KVK podle ISO/DIN 11260 nebo podle KVK-UF a určení optimálních dávek K, Mg případně Ca podle nasycení sorpčního komplexu kationty. Stanovení KVK podle ISO/DIN 11260 provádí v ČR pouze pedologická laboratoř VÚMOP, v. v. i.; stanovení KVK-UF provádí více laboratoř (především laboratoř VÚRV, v. v. i. kde byla modifikovaná metoda vyvinuta, dále např. agrolaboratoř EKOAKVA (AGRO CS, a. s. Říkov u České Skalice). Tato metoda je jednodušší. Hodnotu KVK je možné stanovit u jednotlivých pěstebních ploch při založení školky a pracovat s ní v delším časovém horizontu při hodnocení agrochemických vlastností půd. Tento způsob byl modelově popsán již v metodice projektu TH02030785 (orig. DUBSKÝ 2020).
- D) Použít metodu KVK-UF pro stanovení KVK i pro vyhodnocení obsahu přijatelných živin. Tento způsob je modelově popsán v aktuálně předkládané metodice (výstupu) za projekt TH04030217 *Hnojiva se zeolity pro lesní hospodářství*.

### 2.2.3 Chemické analýzy a doporučené dávky živin vybraných pěstebních ploch

V rámci projektu byly detailně vyhodnoceny agrochemické vlastnosti půd na třiceti vybraných pěstebních plochách v osmi školkařských střediscích (viz. Příloha). Byly stanoveny obsahy přijatelných živin metodou *Mehlich III* a KVK-UF (MATULA 2007). U třinácti vzorků byla pro porovnání stanovena i KVK podle metody ISO/DIN 11260. Pro modelové vyhodnocení pro doplnění jednotlivých živin byly vybrány čtyři pěstební plochy (Tab. 3). Dvě plochy (Planá nad Lužnicí, Hostinné) měly nízký obsah přijatelného fosforu a zároveň relativně vysoký obsah draslíku a hořčíku. Jednalo se ale o atypické vzorky v rámci hodnocených školek. Plocha Vlčí Luka je typický vzorek pro hodnocené školky: vysoký obsah fosforu a nízký obsah přijatelného draslíku a hořčíku. Dále byl do modelového vyhodnocení zařazen vzorek Česká Lípa s vysokým obsahem fosforu, draslíku i hořčíku.

**Tab. 3:** Chemické vlastnosti modelových půd lesních školek, obsah přijatelných živin stanovený metodou *Mehlich III* (M) a KVK-UF (K), kationtová výměnná kapacita (KVK) stanovena metodou KVK-UF a ISO/DIN 11260.

Vzorek	pH <sub>CaCl2</sub>	Obsah přijatelné živiny v mg/kg zeminy								KVK	
		P		K		Mg		Ca		mmol/kg	
		M	K	M	K	M	K	M	K	KVK-UF	ISO
Planá n/L.	4,7	29	7,0	125	95	92	67	779	445	83	94
Hostinné	5,2	54	10,3	124	91	219	162	1 960	1 085	117	152
Vlčí Luka	4,5	165	45,5	44	37	19	14	399	147	89	-
Česká Lípa	5,8	159	30,6	211	175	207	154	2 152	1 198	115	148

Obsahy jednotlivých přijatelných živin byly statisticky porovnávány pomocí regresní funkce a koeficientu determinace, vypočítaných programem (tabulkovým kalkulátorem) *Excel 2013* z programového balíku *Microsoft Office 2013* (Tab. 4). Největší shoda mezi oběma metodami byla ve stanovení přijatelného draslíku a hořčíku. Nejmenší shoda pak ve stanovení přijatelného fosforu, neboť metoda KVK-UF stanovuje pouze fosfor v „labilních“ formách.

**Tab. 4:** Statistické porovnání metod stanovení obsahu přijatelných živin a KVK

Živina	Porovnání obsahu přijatelných živin metodou <i>Mehlich III</i> (x) a KVK-UF (y)	
	regresní rovnice	korelační koeficient
P	<b>y = 0,2358x</b>	<b>R<sup>2</sup> = 0,9302</b>
K	y = 0,8716x	R <sup>2</sup> = 0,9833
Mg	<b>y = 0,7643x</b>	<b>R<sup>2</sup> = 0,995</b>
Ca	<b>y = 0,5599x</b>	<b>R<sup>2</sup> = 0,9932</b>
porovnání KVK podle ISO/DIN 11260 (x) a KVK-UF (y)		
	regresní rovnice	korelační koeficient
KVK	<b>y = 0,7248x</b>	<b>R<sup>2</sup> = 0,9835</b>

V Tab. 5 je vyhodnocen obsah přijatelných živin stanovený metodou *Mehlich III*. Se zřetelem na zrnitostní skladbu půd a na jejich hodnotu  $pH_{CaCl_2}$ , stejně jako i s ohledem na KVK, která byla stanovena podle ISO/DIN 11260 na počátku dlouhodobého hodnocení půd lesních školek, a rovněž vycházejí z předpokladů paralel a možného napodobení hnojařských doporučení pro lesní školky u společnosti LESOŠKOLKY s. r. o., které publikovali NÁROVCOVÁ et al. (2016), byly navrženy dávky minerálních živin na 2letý pěstební cyklus (Tab. 6).

**Tab. 5:** Základní fyzikální a chemické vlastnosti půd hodnocených lesních školek:  $pH_{CaCl_2}$  (ISO 10390), obsah přijatelných živin podle metody *Mehlich III*, SL – obsah spalitelných látek (ČSN EN 12879), půdní typ dle klasifikace Nováka.

Školka	Půdní typ	pH	P	K	Mg	K/Mg	Ca	SL
(název)	(kategorie)	$CaCl_2$	mg/kg suchého vzorku			-	mg/kg	%
Planá n/L	<i>lehká - hp</i>	4,7 <i>N</i>	29 <i>N</i>	125 <i>D</i>	92 <i>VH</i>	1,36	779	3,2
Hostinné	<i>střední - ph</i>	5,2 <i>O</i>	54 <i>VH</i>	124 <i>D</i>	219 <i>V</i>	0,57	1 960	5,7
Vlčí Luka	<i>lehká - p</i>	4,5 <i>N</i>	165 <i>V</i>	44 <i>N</i>	19 <i>N</i>	2,32	399	4,7
Česká Lípa	<i>lehká - hp</i>	5,5 <i>O</i>	159 <i>V</i>	211 <i>V</i>	207 <i>V</i>	1,02	2 152	4,5

Pozn.: Slovní označení kategorie obsahu dílčích chemických vlastností jsou uvedeny spolu s číselnými hodnotami ve sloupcích a označeny těmito písmeny: pro  $pH_{CaCl_2}$ : *N* (velmi nízká), *O* (optimální), *V* (vysoká), pro Mg, K, P: *N* (nízký), *VH* (vyhovující), *D* (dobrý), *V* (vysoký), *VV* (velmi vysoký).

**Tab. 6:** Doporučené dávky živin na základě rozboru *Mehlich III* a půdního typu dané plochy ve formě minerálních, případně organických hnojiv \* a ve formě vápenatých hnojiv \*\* (příklad pro dolomitický vápenec: 85 %  $CaCO_3 = 34$  % Ca; 5 %  $MgCO_3 = 1,4$  % Mg).

Školka	P	K	Mg	vápenec	Ca	Mg
plocha	kg/ha*			t/ha	kg/ha**	
Planá n/L	40	60	50	1,0	340	14
Hostinné	25	60	-	-		
Vlčí Luka	-	40	50	1,5	510	21
Česká Lípa	-	-	-	-		

V Tab. 7 a 8 jsou detailně vyhodnoceny základní půdní charakteristiky:  $pH_{CaCl_2}$  (ISO 10390)<sup>6</sup>, obsah přijatelných živin a KVK podle metody KVK-UF (MATULA 2007). Je stanovena a potřeba kationtů K, Mg a Ca pro optimální dosycení KVK. Na základě těchto parametrů, s přihlédnutím k celkové KVK, jsou navrženy dávky K, Mg a Ca pro dvouletý pěstební cyklus. Dávky fosforu jsou navrženy na základě konzultace s agrochemickou laboratoří VÚRV, v. v. i., kdy obsah labilních forem fosforu  $\leq 10$  mg/kg představuje nízkou hodnotu, vyhovující obsah je 10–20 mg/kg.

Doporučené dávky živin na základě hodnocení půd podle metody *Mehlich III* a KVK-UF se výrazně neliší. Vyluhovací činidlo *Mehlich III* je silnější než činidlo používané v rámci metody KVK-UF. Byly stanoveny vyšší obsahy přijatelných živin (viz Tab. 3 a Tab. 4) a doporučené dávky základních živin P, K, Mg a Ca jsou tedy při vyhodnocení metodou

<sup>6</sup> ČSN ISO 10390 (2011) *Kvalita půdy - Stanovení pH*. 12 s. [Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha].

*Mehlich III* mírně nižší než u metody KVK-UF. Potřeba kationtů K, Mg a Ca pro optimální dosycení KVK je v některých případech poměrně vysoká. Dávky jednotlivých živin jsou upraveny podle výše KVK, zrnitostního složení půd i zásad hnojení půd lesních školek tak, aby postupně vedly k optimálnímu nasycení sorpčního komplexu v delším časovém horizontu.

Metoda KVK-UF je perspektivní z pohledu stanovení KVK a obsahu přijatelných živin v rámci jednoho stanovení. Její použití je delší dobu používáno při hodnocení zemědělských půd. V rámci hodnocení půd lesních školek se (při řešení projektu TH04030217) jednalo o její první modelové použití v segmentu LH. Pro její rozšíření by bylo účelné (podmínkou) specifikovat směrná čísla, především pro obsah přijatelného fosforu v labilních formách.

**Tab. 7:** Vyjádření obsahu přijatelného draslíku, hořčíku a vápníku (viz Tab. 5) v mmol<sup>+</sup>/kg půdy a poměr K : Mg : Ca v sorpčním komplexu, relativní zastoupení dílčích kationtů v KVK (%), jejich optimální zastoupení v KVK (mmol<sup>+</sup>/kg) a potřeba dosycení půdy (mg/kg).

Vzorek	Charakteristika KVK					Nasycení KVK			Potřeba živiny					
	celk	K	Mg	Ca	K:Mg:Ca	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca
	mmol <sup>+</sup> /kg					%			mmol <sup>+</sup> /kg			mg/kg půdy		
Planá n/L	83	2,4	5,5	22,2	1:2,3:9,1	2,9	6,6	26,7	1,7	7,0	32	67,4	84,5	637
Hostinné	117	2,3	13,3	54,2	1:5,7:23,3	2,0	11,4	46,5	3,5	4,2	22	136,9	50,4	431
Vlčí Luka	89	0,9	1,2	7,4	1:1,3:7,8	1,1	1,3	8,2	3,5	12,2	51	137,6	148,3	1013
Česká Lípa	116	4,5	12,7	59,9	1:2,8:13,4	3,9	10,9	51,6	1,3	4,7	16	52,0	57,1	310

**Tab. 8:** Charakteristika půd pro stanovení potřeby hnojení, potřeba dodání živin na základě rozboru, doporučené dávky živin ve formě minerálních případně organických hnojiv \* a ve formě vápenatých hnojiv \*\* (příklad: mletý dolomitický vápenec 85 % CaCO<sub>3</sub> = 34 % Ca; 5 % MgCO<sub>3</sub> = 1,4 % Mg).

Vzorek	Půdní kategorie a druh	Vým. pH	KVK	Potřeba			Doporučená dávka 2letý cyklus					
			mmol <sup>+</sup> /kg	K	Mg	Ca	K	Mg	P	Váp.	Ca	Mg
			v CaCl <sub>2</sub>	kg/ha			kg/ha*			t/ha	kg/ha**	
Planá	<i>lehká - hp</i>	4,7	83	135	169	1274	40–80	30–50	50	1,5	510	21
Hostinné	<i>střední - ph</i>	5,2	117	274	101	862	80–140	30–50	30	0,75	255	10,5
Vlčí Luka	<i>lehká - p</i>	4,5	89	275	297	2026	40–80	30–50	-	2,00	680	28
Česká Lípa	<i>lehká - hp</i>	5,5	116	104	114	620	80	30–50	-	0,75	255	10,5

## 2.3 Metodické pokyny pro užití vývojových typů hnojiv se zeolitem z LOVOCHEMIE, a. s. Lovosice v lesních školách

### 2.3.1 Charakteristika zeolitu

Pro použití zeolitu do granulovaných hnojiv byl vybrán jemný zeolit na bázi klinoptilolitu, získávaný (a v ČR dostupný) ze slovenských těžebních lokalit. Tento zeolit má specifické fyzikální vlastnosti, které jsou dány prostorovým uspořádáním vnitřních pórů konstantních rozměrů, ve kterých se mohou sorbovat látky tuhého, kapalného a plynného skupenství. Celkový objem těchto vnitřních pórů je udáván v rozsahu 24–32 % objemu.

Zeolity na bázi klinoptilolitu mají vysokou kationtovou výměnnou kapacitu, která se pohybuje v rozmezí 60–120 mmol<sup>+</sup>/100 g (600–1200 mmol<sup>+</sup>/kg). Tato vlastnost v kombinaci s minerálními hnojivy napomáhá k sorpci kationtů a vede ke snížení ztrát živin vyplavením. V Tab. 9 jsou uvedeny hodnoty KVK u zeolitu a dalších minerálních materiálů, které byly v rámci projektu TH04030217 testovány podle metody KVK-UF (orig. MATULA 2007).

Pro hodnocení zeolitů není vhodná metoda ISO/DIS 13636 tedy stanovení KVK sycením baryem (BaCl<sub>2</sub>) a následným vytěsněním (vysrážením) barya hořčíkem (BaSO<sub>4</sub>). Vhodná je interní metoda Ústavu pevných látek VŠCHT v Praze (metoda přímého vytěsnění sytících kationtů K<sup>+</sup> kationty Na<sup>+</sup>), nebo metoda KVK-UF (ibid.), při které se používá octan amonný (viz kapitola 2.2.2). Kromě obsahu bazických kationtů byl stanoven i obsah labilních forem fosforu v půdě. Obsah živin v mg/kg půdy byl přepočítán na hodnoty 1 mmol chemického ekvivalentu pro jednotlivé kationty.

**Tab. 9:** Kationtová výměnná kapacita (KVK) vzorku zeolitu a dalších minerálních komponentů, obsah výměnných kationtů (K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>) a labilních forem fosforu (P), hodnota V – stupeň nasycení sorpčního komplexu bazickými kationty.

Vzorek	P mg/kg	KVK mmol <sup>+</sup> / kg	Obsah v mg/kg			Obsah v mmol <sup>+</sup> / kg				V %
			K	Mg	Ca	K	Mg	Ca	suma	
zeolit	0,002	1178,0	10 482	508	7 759	268,1	41,8	378,5	688,4	58,4
bentonit	2,589	387,1	763	1 558	1 663	19,5	128,2	81,1	228,9	59,1
spraš	12,381	166,6	150	200	1 116	3,8	16,5	54,4	74,7	44,9
cyprisový jíl	0,060	149,2	297	738	1 059	7,6	60,7	51,6	120,0	80,4
spongilit	0,336	136,5	275	55	4 101	7,0	4,5	200,1	211,6	155,0
tuf	0,288	109,0	266	150	245	6,8	12,3	11,9	31,1	28,5
čedič	1,773	27,9	79	83	244	2,0	6,8	11,9	20,7	74,3
amfibolit	0,603	17,0	143	99,6	565	3,7	8,2	27,6	39,4	231,7

Z hodnocených minerálních komponentů mají zeolity nejvyšší KVK i nejvyšší obsah draslíku v sorpčním komplexu. Mají výrazně vyšší KVK než druhý v pořadí bentonit, který se těží v severních Čechách. Nízká KVK byly stanoveny u cyprisového jílu, který se rovněž dobývá v severozápadních Čechách a který se používá pro výrobu lehkého keramického expandovaného kameniva. Velmi nízká KVK byla stanovena u horninových mouček (čedič, amfibolit), které jsou dnes v ekologicky orientovaném školkařství potenciálně použitelné pro doplnění minerální složky půdy jako věcné náhrady za transport půdních částic, ulpělých na kořenech školkařských výpěstků po vyzvednutí z půdy, a za jejich odvoz mimo plochu školek (bývají to při expedici SMLD i nižší desítky tun půdy z 1 ha produkčních pozemků).

Zeolity mají i vysokou nasákavost zrna, která se pohybuje v rozmezí 35–38 % objemu. Tato vlastnost zeolitů může při dlouhodobém používání hnojiv s podílem zeolitů zvýšit vodní kapacitu půdy a zlepšit hydraulickou vodivost půdy. Z technologického hlediska výroby granulovaných hnojiv byl upřednostněn produkt Zeosand 0–0,2, což je jemný prosévaný zeolit frakce 0–0,2 mm (dodavatel je slovenská firma Zeocem, a. s.). Tento produkt je možné alternovat produktem Zeocem ECO Dust Extra frakce do 0,2 mm. Technologické zkoušky potvrdily možnost použít podíl zeolitu Zeosand 0–0,2, případně Zeocem ECO Dust Extra v granulovaném minerálním hnojivu až do 30 %. Na základě těchto zkoušek byl v rámci projektu TH04030217 preferován podíl zeolitu ve hnojivu v rozsahu 25–30 %.

### 2.3.2 Hnojiva s podílem zeolitu pro lesní školky

V návaznosti na výzkumný projekt TH02030785 *Hnojiva pro lesní hospodářství* byla skladba granulovaných hnojiv s podílem zeolitu navržena na podkladě pedologických šetření v lesních školkách firmy WOTAN FOREST a. s. České Budějovice. V řadě jejích provozů byl v minulosti dlouhodobě používán nevhodný sortiment vícesložkových NPK-hnojiv, tedy hnojiva s nadbytečným obsahem fosforu a naopak bez žádoucího podílu hořčíku. Obsah hořčíku proto je ve většině hodnocených půd ve výrazném deficitu. Hořčík je nutné dodávat nejen *základním hnojením* půd, ale i hnojením během vegetace (tj. *operativním hnojením* rostlin, resp. hnojením *na list*).

Pro systémy hnojení v lesních školkách byly navrženy tři typy granulovaných směsných hnojiv (GSH) se specifickým poměrem živin a s podílem zeolitu (Tab. 10). Tato hnojiva jsou vhodná především pro aplikaci na půdy lesních školek s nízkým obsahem hořčíku, nízkým až dobrým obsahem přijatelného draslíku a vysokým obsahem fosforu. Obsah živin v hnojivech je uveden v oxidech i prvcích, hodnocení obsahu přijatelných živin v půdách a dávky živin v systémech hnojení jsou uváděny výhradně v prvcích.

**Tab. 10:** Přehled navržených hnojiv s přidavkem zeolitu (Z – podíl zeolitu v hnojivu).

Hnojivo	Z %	Obsah živin v procentech									Poměr prvků	
		N <sub>celk.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	K <sub>2</sub> O	K	MgO	Mg	SO <sub>3</sub>	S	K <sub>2</sub> O/MgO	K/Mg
ZENFERT (NS 13-29)	30	13							29	12		
GSH Z NK Mg 9,5-5-6	25	9,5	0	0	5	4,2	6	3,6	32	13	0,8	1,2
GSH Z NPK 9-3,5-4+3 MgO	25	9*	3,5	1,5	4	3,3	3	1,8	5	2	1,3	1,8
GSH Z K Mg 15-11 podzimní	25	0	0	0	15,5	12,9	11	6,6	34	14	1,4	1,9
GSH Z NK Mg 9,5-5-3	30	10			5	4,2	3	1,8	32	13	1,7	2,3
GSH Z NPK 10,5-3,8-9 +2 MgO	25	10,5	3,8	1,7	9	7,5	2	1,2	38	11,5	4,5	6,3
GSH Z NPK 9,5-3,7-3,7+10,5 MgO	30	9,5*	3,7	1,6	3,7	3,1	10,5	6,3	6	2,5	0,4	0,5

\* *pomalupůsobící dusík ve formě ureaformu - 25 % z celkového N<sub>celk.</sub>*

Dále bylo navrženo dusíkaté hnojivo se zeolitem ZENFERT (NS 13-29); jedná se o dusíkaté hnojivo na bázi síranu amonného s přidavkem 30 % zeolitu. Obsah dusíku 13 % je obdobný jako u dusíkatého hnojiva ledek vápenatý. Hnojivo bylo popsáno v užitném vzoru a již v posledním roce řešení projektu bylo registrováno podle ZoH (tj. v *Registru hnojiv* vedeném ÚKZÚZ) a zařazeno do výrobního programu firmy LOVOCHEMIE, a. s. Lovosice.

Složení hnojiv GSH Z NK Mg 9,5-5-6 (hnojivo s krátkodobým dusíkem a s podílem K a Mg i zeolitu); GSH Z NPK Mg 9-3,5-4+3 MgO (hnojivo s dlouhodobým dusíkem, podílem fosforu, draslíku, hořčíku a zeolitu) pro lesní školky a GSH Z K Mg 15-11 (draselnohořečnaté hnojivo s podílem zeolitu) podzimního hnojiva vycházelo z výsledků projektu TH02030785 *Hnojiva pro lesní hospodářství*, doplněných o zeolitovou frakci. U těchto hnojiv je předpoklad zařazení do výrobního programu LOVOCHEMIE, a. s. Lovosice.



Dále bylo navrženo hnojivo GSH Z NK Mg 9,5-5-3 (hnojivo s krátkodobým dusíkem, draslíkem, sníženým obsahem hořčíku a se zeolitem). Obsah hořčíku u tohoto typu je snížen na přibližně polovinu obsahu GSH Z NK Mg 9,5-5-6 a byl zvýšen obsah zeolitu na 30 %. Toto hnojivo je určeno na aplikaci půd, které nemají výrazný deficit hořčíku. Do technologických výrobních zkoušek bylo zařazeno hnojivo s krátkodobým dusíkem, s podílem fosforu, draslíku, hořčíku a zeolitu GSH Z NPK 10,5-3,8-9 +2 MgO a dále hnojivo s dlouhodobým dusíkem, s podílem fosforu, draslíku, hořčíku a zeolitu GSH Z NPK 9,5-3,7-3,7+10,5 MgO, které je testováno v lesních porostech, V případě zařazení do výrobního programu je použitelné i v rámci systému hnojení v lesních školcích.

### 2.3.3 Aplikace hnojiv se zeolity v lesních školcích

Hnojení dusíkem v lesních školcích je nastaveno dle požadavku dané kultury tak, aby celková dávka 60–120 kg N/ha byla rozdělena do dvou a více přihnojení v jarním období. Do tohoto způsobu přihnojování lze na základě výsledků vegetačních pokusů zařadit granulovaná hnojiva se zeolity ZENFERT (NS 13-29, dusíkaté hnojivo s přidavkem zeolitu) a GSH Z NK Mg 9,5-5-6 (dusíkato-draselno-hořečnaté hnojivo se zeolitem; které obsahuje tzv. *krátkodobý dusík*). Doporučené aplikační dávky hnojiv, vztahené k dávkování dusíku, jsou uvedeny v Tab. 11, při použití tří aplikačních dávek se za vegetaci dodá odpovídající množství dusíku. Při použití hnojiva GSH Z NK Mg 9,5-5-6 se zajistí optimální hnojení dusíkem a průběžně se doplňuje i draslík a hořčík.

**Tab. 11:** Základní aplikační dávky hnojiv se zeolitem ZENFERT a GSH Z NK Mg 9,5-5-6 vztahené k dávkování dusíku pro pěstování sadebního materiálu lesních dřevin, celkový dusík – celková dávka za vegetaci.

Kultura lesních dřevin	Základní dávka hnojiva (kg/ha)		Dávka dusíku kg/ha	Celkový dusík kg/ha
	ZENFERT (NS 13-29)	Z NK Mg 9,5-5-6		
Smrk ztepilý	150	210	20	60
Borovice lesní	150–230	210–320	20–30	60–90
Listnaté dřeviny	230	320	30	90

Aplikační dávky vícesložkových hnojiv se zeolity a odpovídající dávky živin jsou uvedeny v Tab. 12. U hnojiva GSH Z NPK 9-3,5-4+3 MgO (hnojivo s dlouhodobým dusíkem, s podílem fosforu, draslíku, hořčíku a zeolitu) byla pro všechny kultury zvolena základní dávka 20 kg N/ha (jehličnany) a zvýšená dávka 40 kg N/ha (listnáče). Toto hnojivo je určeno především pro jarní přihnojení výsevů, kdy se pozitivně projeví podíl zásobního dusíku a dlouhodobým účinkem i startovací dávka přístupného fosforu pro počáteční růst pěstovaných semenáčků.

Pro doplnění draslíku a hořčíku při podzimní aplikaci hnojiv je navrženo draselno-hořečnaté hnojivo s podílem zeolitu GSH Z K Mg 15-11, při jeho použití se dodá draslík a hořčík v rámci jedné aplikace. Hnojivo má vyrovnaný poměr K/Mg, je určeno pro podzimní aplikaci do půd s nízkým obsahem rostlinám přístupného hořčíku. V dlouhodobém systému řízení výživy je tedy perspektivní i pro možné kombinace s aplikací kompostů, které do půdy dodávají ve zvýšené míře draslík. U podzimního hnojiva jsou dávky hnojiva charakterizovány dávkou draslíku snížená cca. 45 kg K/ha, zvýšená cca 70 kg K/ha.

**Tab. 12:** Dávkování vícesložkových hnojiv se zeolity, aplikační dávky hnojiva a odpovídající dávky živin.

Hnojivo	Dávka hnojiva		Dávka živiny v kg/ha						
	charakteristika	kg/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	K <sub>2</sub> O	K	MgO	Mg
GSH Z NK Mg 9,5-5-6	základní	210	20,0	0	0	10,5	8,8	12,6	7,6
	zvýšená	320	30,4	0	0	16	13,4	19,2	11,5
GSH Z NPK Mg 9-3,5-4+3	základní	220	19,8	7,7	3,3	8,8	7,3	6,6	4,0
	zvýšená	440	39,6	15,4	6,6	17,6	14,5	13,2	7,9
GSH Z K Mg 15-11 (podzimní hnojivo)	základní	360	0,0	0	0	55,8	46,4	39,6	23,8
	zvýšená	540	0,0	0	0	83,7	69,7	59,4	35,6

Pro podzimní aplikaci se v současnosti standardně se používají jednosložková hnojiva (Tab. 13) pro doplnění draslíku (např. síran draselný), hořčík (např. Kieserit), případně i fosforu (Fosmag, superfosfáty), jejichž dávkování by mělo vycházet z agrochemických rozporů půd. Optimální je výše uvedené makroživiny doplňovat i pravidelnou aplikací organických hnojiv, zejména kompostů. Preferují se aplikace kůrových kompostů. Do půdy dodávají především draslík a je účelné je kombinovat s hořečnatými hnojivy nebo s hnojivy se zvýšeným obsahem hořčíku (např. i GSH Z NK Mg 9,5-5-6, hnojivo s *krátkodobým dusíkem*), a to s ohledem na žádoucí zajištění vhodného poměru K/Mg v půdě.

**Tab. 13:** Standardní minerální hnojiva a příklad kompostu pro podzimní hnojení.

Hnojivo	Složení hnojiva (%)				Dávka	Dodané živiny v kg/ha			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	kg/ha	N	P	K	Mg
Síran draselný			50		110			45,7	
Kieserit				25	150				22,5
Fosmag		25			250		27,5		
Superfosfát		18			350		27,7		
Kompost**	2,3	1,0	4,0	1,0	24,4 t	561	247	992	249

\*\* Kvalitativní charakteristiky kompostu: obsah sušiny 62 %, SL 50,2 %, poměr C/N = 10,8; obsah celkových živin v sušině: 2,3 % N, 1,0 % P, 4,0 % K, 1,0 % Mg, 4,2 % Ca.

### 2.3.4 Modelové příklady hnojení jednotlivých kultur

V Tab. 14–17 jsou uvedena modelová schémata hnojení jednotlivých kultur s využitím nově vyvinutých hnojiv se zeolity ZENFERT (NS 13-29), GSH Z K Mg 15-11, GSH Z NK Mg 9,5-5-6, GSH Z NPK Mg 9-3,5-4+3 MgO. V rámci schématu je uvedena suma dodaných živin za dvě vegetační období. V rámci každého systému hnojení jsou dodané živiny modelově přepočteny na mg/kg suché půdy (kalkuluje se přitom, že 1 m<sup>2</sup> představuje hmotnost cca 200 kg ornice).

Hnojivo **ZENFERT (NS 13-29)** je určeno pro přihnojování lesních kultur dusíkem během vegetace, kdy hnojení draslíkem, hořčíkem a případně fosforem je realizováno při podzimní přípravě pozemku (Tab. 14).

Hnojivo **GSH Z NK Mg 9,5-5-6** je určeno pro hnojení lesních kultur během vegetace na půdách s nízkým obsahem hořčíku, nízkým až dobrým obsahem přijatelného draslíku a vyhovujícím až vysokým obsahem fosforu (tuto živinu hnojivo neobsahuje). Při dvouletém pěstebním cyklu se předpokládají 1–3 aplikace v prvním vegetačním období a max. 3 aplikace ve druhém vegetačním období. Při použití tří základních aplikačních dávek se za vegetaci dodá odpovídající množství dusíku pro danou kulturu. Při použití těchto hnojiv se zajistí optimální hnojení dusíkem a průběžně se doplňuje draslík a hořčík (Tab. 15 a 16).

Hnojiva **GSH Z NPK Mg 9-3,5-4+3 MgO** a **GSH Z NPK Mg 9,5-3,7-3,1+10,5 MgO** obsahují část dusíku v dlouhodobé formě (ve formě ureaformu) a startovací dávku fosforu, jsou určena pro časnou jarní, případně předseťovou aplikaci. Pro první jarní přihnojení u výsevů borovice je modelově použito hnojivo **GSH Z NPK Mg 9-3,5-4+3 MgO** s pomalupůsobícím dusíkem. Tuto aplikaci je možno nahradit hnojivem **GSH Z NK Mg 9,5-5-6**, v nízké základní dávce odpovídající dávce 20 kg N/ha. V druhém vegetačním období je již příklad použití zvýšené dávky dusíku (30 kg/ha) ve třech aplikacích hnojiva **GSH Z NK Mg 9,5-5-6**.

Pro hnojení výsevu borovice je uvedena modelová aplikace použitá ve vegetačních pokusech, s jedním přihnojením v prvním vegetačním období. Výsev borovice byl realizován v pozdních termínech (květen). Při dřívějším výsevu je možné použít 2 přihnojení dusíkatými hnojivy již v prvním roce vegetace, obdobně jako při hnojení porostu smrku (Tab. 16).

Hnojení draslíkem a hořčíkem, je v rámci modelových systémů výrazně ovlivněno dávkou podzimní aplikace hnojiva **GSH Z K Mg 15-11**, Při základním hnojení těmito živinami je nutné vycházet z půdních rozborů.

Na základě půdních rozborů je možné při podzimní aplikaci doplnit při jednorázové aplikaci draslík a hořčík podzimním hnojivem **GSH Z K Mg 15-11** (podzimní hnojivo). Při modelových systémech hnojení je za dvě vegetační období dodáno 93–125 kg K/ha a 36–95 kg Mg/ha, což jsou dávky, které odpovídají dosycovacímu hnojení (80–140 kg K, 30–50 kg Mg/ha/2 roky) a byly navrženy pro aplikaci na modelových lehkých půdách lesních školek při nižší KVK pod 160 mmol<sup>+</sup>/kg (viz kapitola 2.2.1., Tab. 6 a 8).

Při dlouhodobém používání hnojiv se zeolity je předpokládána aplikace zeolitu za 2letý pěstební cyklus 185–570 kg/ha (Tab. 14–17). Při desetileté aplikaci je to 1,9–2,8 tuny zeolitu/ha. Zeolity na bázi klinoptilolitu mají vysokou kationtovou výměnnou kapacitu, která se pohybuje v rozmezí 600–1200 mmol<sup>+</sup>/kg. Tato vlastnost v kombinaci s minerálními hnojivy napomáhá k sorpci kationtů a vede ke snížení ztrát živin vyplavením.

**Tab. 14:** Schéma hnojení listnatých dřevin, dvouletý systém hnojení, použití hnojiv GSH Z KMg při podzimní přípravě pozemku a ZENFERT pro přihnojování během vegetace.

Aplikace Rok/měsíc	Hnojivo	Dávka v kg/ha				
		hnojivo	N	P	K	Mg
Podzimní příprava	GSH Z K Mg 15-11	540	0	0	70	36
1/3×4.-5.	ZENFERT	3×230	90	0	0	0
2/3×4.-5.	ZENFERT	3×230	90	0	0	0
Suma 1. vegetace		1200	90	0	70	36
Suma za 2 vegetační období		1860*	180	0	70	36
přepočítání dávky živin na mg/kg půdy					101	51

\* v rámci dvouletého systému hnojení se dodá 530 kg zeolitu na ha

**Tab. 15:** Schéma hnojení listnatých dřevin, dvouletý systém hnojení, použití hnojiva GSH Z K Mg při podzimní přípravě pozemku a hnojiva GSH Z NK Mg 9,5-5-6 pro přihnojování během vegetace.

Aplikace Rok/měsíc	Hnojivo	Dávka v kg/ha				
		hnojivo	N	P	K	Mg
Podzimní příprava	GSH Z K Mg 15-11	360	0	0	47	24
1/3×4.-5.	GSH Z NK Mg 9,5-5-6	3×320	91	0	39	33
2/3×4.-5.	GSH Z NK Mg 9,5-5-6	3×320	91	0	39	33
Suma 1. vegetace		1320	91	0	86	57
Suma za 2 vegetační období		2280*	182	0	125	90
přepočítání dávky živin na mg/kg půdy					63	45

\* v rámci dvouletého systému hnojení se dodá 570 kg zeolitu na ha

**Tab. 16:** Schéma hnojení smrku, 2letý systém hnojení, použití hnojiva GSH Z K Mg 15-11 při podzimní přípravě pozemku a hnojiva GSH Z NK Mg 9,5-5-6 pro přihnojování během vegetace.

Aplikace Rok/měsíc	Hnojivo	Dávka v kg/ha				
		hnojivo	N	P	K	Mg
Podzimní příprava	GSH Z K Mg 15-11	360	0	0	47	24
1/3×4.-5.	GSH Z NK Mg 9,5-5-6	3×210	60	0	26	23
2/3×4.-5.	GSH Z NK Mg 9,5-5-6	3×210	60	0	26	23
Suma 1. vegetace		990	60	0	73	47
Suma za 2 vegetační období		1620*	120	0	100	70
přepočítání dávky živin na mg/kg půdy					50	35

\* v rámci dvouletého systému hnojení se dodá 405 kg zeolitu na ha

**Tab. 17:** Schéma hnojení borovice, dvouletý systém hnojení, použití GSH Z K Mg 15-11 při podzimní přípravě pozemku, GSH Z NPK Mg 9-3,5-4+3 MgO s dlouhodobým dusíkem pro přihnojení v prvním roce a GSH Z NK Mg 9,5-5-6 pro přihnojování během vegetace ve druhém vegetačním období pěstebního cyklu.

Aplikace Rok/měsíc	Hnojivo	Dávka v kg/ha				
		hnojivo	N	P	K	Mg
Podzimní příprava	GSH Z K Mg 15-11	360	0	0	47	24
1/5.	GSH Z NPK Mg 9-3,5-4+3 MgO	220	20	3,3	7	4
2/3×4.-5.	GSH Z NK Mg 9,5-5-6	3×320	91	0	39	33
Suma 1. vegetace		580	20	3,3	54	28
Suma za 2 vegetační období		1540*	111	3,3	93	61
přepoččet dávky živin na mg/kg půdy				1,7	91	47

\* v rámci dvouletého systém hnojení se dodá 385 kg zeolitu na 1 ha

\* \* \*

### 3. Srovnání novosti postupů

V metodice, určené lesnické školkařské výrobní praxi, jsou nově interpretovány hlavní zásady hnojení půd lesních školek na základě vyhodnocení půdních rozborů. Vedle použití standardních interpretačních postupů AZZP s metodami zjišťování obsahu přijatelných živin v půdě extrakcí *Mehlich III* byla pro vyhodnocení použita i metoda KVK-UF. Z těchto zásad, navržených a vyvinutých v rámci projektu TAČR „*Hnojiva se zeolity pro lesní hospodářství*“ (TH04030217), vychází inovativní a nově v pěstební praxi odzkoušený systém hnojení prostokořenných sazenic lesních dřevin, založený na uplatnění hnojiv se zeolity. Inovované aplikační postupy pro efektivní využití nových hnojiv se zeolity přispějí k minimalizaci ekologické zátěže, spojené s pěstováním prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin.

### 4. Popis uplatnění certifikované metodiky

Hlavním uživatelem certifikované metodiky budou tuzemští pěstitelé prostokořenného sadebního materiálu, tj. lesní školky, které budou od výrobce hnojiv LOVOCHEMIE, a. s. nově vyvinutá hnojiva odebírat a používat v rámci pěstování PSM lesních dřevin v dlouhodobě udržitelných systémech hospodaření na půdách lesních školek. Postupy pro užití nových hnojiv jsou zpracovány s ohledem na minimalizaci ekologické zátěže i ekonomických nákladů na hnojení SMLD, pěstovaného tradičními postupy na minerálních půdách.

Publikační uplatnění předložený text certifikované metodiky nalezne na webových stránkách řešitelských pracovišť, kde bude metodika všem zájemcům a nejširší laické i odborné veřejnosti dostupná v elektronickém formátu.

### 5. Ekonomické aspekty

Ekonomický přínos předkládané metodiky pro výrobce hnojiv (LOVOCHEMIE, a. s.) souvisí s rozšířením sortimentu granulovaných minerálních hnojiv pro pěstování prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin a dále např. v oblasti okrasného a ovocného školkařství. Pro pěstování prostokořenného SMLD v lesních školkách je předpoklad zvýšené pozornosti při použití navrhovaných hnojiv, a to především z pohledu předpokládané nižší ceny (v porovnání s NPK-hnojivy s vysokým obsahem fosforu). Produkční plocha pro pěstování prostokořenného SMLD se v ČR (dle údajů tzv. *Zelené zprávy* za rok 2020: tam str. 22)<sup>7</sup> pohybuje na úrovni 1 400 až 1 850 ha, ekonomický přínos lze odhadovat v jednotkách tisíců Kč/ha. Roční souhrnný ekonomický přínos pro pěstitele prostokořenného SMLD v ČR by mohl být kvantifikován až na úrovni kolem 10 mil. Kč. Použití ekologicky (obrazně) *přátelštějších* komponent hnojiv zohledňuje požadavek na minimalizaci ekologické zátěže při praktickém hnojení semenáčků a sazenic lesních dřevin.

---

<sup>7</sup> MZe 2021. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020*. 1. vydání. Praha, Ministerstvo zemědělství 2021: - ISBN 978-80-7434-625-5. In: *Eagri.cz* [on-line]. Dostupné na World Wide Web: [https://www.uhul.cz/wp-content/uploads/ZZ\\_2020.pdf](https://www.uhul.cz/wp-content/uploads/ZZ_2020.pdf) [cit. 2022-10-16].

## 6. Seznam použité související literatury (vypracovala J. Nárovcová)

ČSN ISO 10390 (2011) *Kvalita půdy - Stanovení pH*. 12 s. [Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha].

DUBSKÝ M. 2020. Příklady usměrňování hnojení půd v lesních školkách dle dat KVK. In: Nárovcová J. et al. (eds.) 2020: *Efektivní užití nových granulovaných směsných hnojiv typu NKMg v lesních školkách*. Certifikovaná metodika. [Osvědčení č. 60405/2020-MZE-18145]. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice: 12–16.

DUŠEK V. 1985. *Metodický pokyn pro rozborů půd v lesních školkách*. 1. vydání. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 5 s. – Bulletin TEI, série Pěstování, č. 1/85. [ISSN: 0862-7665].

DUŠEK V. 1997. *Lesní školkařství – základní údaje*. 1. vydání. Písek, Matice lesnická: 139 s.

DUŠEK V., KOTYZA F. a kol. 1970. *Moderní lesní školkařství*. 1. vydání. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 480 s.

DVORSKÝ J., URBAN J. 2014. *Základy ekologického zemědělství*. 2. aktualizované vydání. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 109 s.

GLERUM C., CLEARY B., WILLÉN P., FRY G. 1980. Evaluation of planting stock quality (proceedings of sessions). *New Zealand Journal of Forestry Science*, 10 (1): 294–300.

MATULA, J. 2007: *Optimalizace výživného stavu půd pomocí diagnostiky KVK-UF*. Metodika pro praxi. 1. vydání. Praha-Ruzyně, Výzkumný ústav rostlinné výroby: 52 s.

MAUER O. 2018. Zalesňovat, nebo ponechat sukcesí? *Lesnická práce*, 97 (11): 824–826.

MAUER O., MAUEROVÁ P. 2011. Půdy v lesních školkách a jejich vliv na kvalitu produkce sadebního materiálu lesních dřevin. In: Foltánek V. (ed.): *Péče o půdu v lesních školkách*. Sborník referátů. Česká Skalice, 6. září 2011. Brno, Tribun EU: 22–32.

MZE 2016. *Strategie resortu Ministerstva zemědělství České republiky s výhledem do roku 2030*. (Č. j.: 66699/2015-MZE-10051). 1. vydání. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 136 s.

MŽP 2015. *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. Praha, Ministerstvo životního prostředí: 130 s.

MŽP 2017. Národní akční plán adaptace na změnu klimatu 2017. 60 s. In: *Mzp.cz* [online]. Dostupné na World Wide Web: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news\\_170116\\_NAP/\\$FILE/NAP\\_material.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_170116_NAP/$FILE/NAP_material.pdf) [cit. 2021-03-20].

NĚMEC P. 2015. *Kvantifikace udržitelnosti půdní úrodnosti pomocí metod termodynamické a informační teorie*. [Studie]. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 54 s.

REJŠEK K. 2018. Výživa rostlin a hnojení půd. In: REJŠEK K., VÁCHA R. 2018. *Nauka o půdě*. 1. vydání. Olomouc, Agriprint: 344–350.

SAMEK V., JANČAŘÍK V., MICHALEC M., ČVANČARA R. 1990. *Příprava zalesňovacího materiálu pro imisní oblasti*. (Problematika). 1. vydání. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 56 s. – Lesnický průvodce 4/1990.

SMATANOVÁ M. 2016. *Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022*. [Metodický pokyn č. 9/SZV; Č j.: 9/SZV/3vyd]. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 26 s.

SMATANOVÁ M. 2020. *Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022*. [Metodický pokyn č. 01/AZZP]. 1. vydání. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 26 s.

SMATANOVÁ M. 2022. *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2016–2021*. [Č. j.: UKZUZ 145096/2022]. 1. vydání. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Sekce zemědělských vstupů: 216 s. – ISBN 978-80-7401-216-7.

SŮVOVÁ Z. 2018. Budoucí evropská příroda. In: Cílek V., Sokol J., Sůvová Z.: *Evropa, náš domov. Hledání evropské duše ve skalách, mezi stromy a lidmi*. 1. vydání. Praha, Albatros: 133–134.

SVOBODA J., DOHNANSKÝ T., KOTEK K., LIDICKÝ V., MORÁVEK F., NOVÁK J., PŮLPÁN L., ŠIMERDA L., TESAŘ V. 2015. *Program trvale udržitelného hospodaření v lesích*. 1. vydání. Hradec Králové, Lesy České republiky: 71 s.

VANĚK V., BALÍK J., ČERNÝ J., PAVLÍK M., PAVLÍKOVÁ D., TLUSTOŠ P., VALTERA J. 2012. *Výživa zahradních rostlin*. 1. vydání. Praha, Nakladatelství Academia: 579 s.

VAVŘÍČEK D., KUČERA A. 2017. *Základy lesnického půdoznalství a výživy lesních dřevin*. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: 353 s.

VÁLOVÁ I. 2022. EU končí s dobrovolností, cíle obnovy biologické rozmanitosti budou kompletní a nařízením právně závazné. In: *Ceska-justice.cz*. [on-line]. Publ. 12. 10. 2022. [cit. 2022-10-14]. Dostupné na World Wide Web: <https://www.ceska-justice.cz/2022/10/eu-konci-s-dobrovolnosti-cile-obnovy-biologicke-rozmanitosti-budou-komplexni-a-narizenim-pravne-zavazne/>

ZBÍRAL J., ČIŽMÁROVÁ E., OBDRŽÁLKOVÁ E., RYCHLÝ M., VILAMOVÁ V., SRNKOVÁ J., ŽALMANOVÁ A. 2016. *Jednotné pracovní postupy ÚKZÚZ – Analýza půd I*. 4. vydání. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 5 s. In: *Eagri.cz* [online]. Dostupné na World Wide Web: [http://eagri.cz/public/web/file/218716/Obsah\\_JPP\\_AP\\_I\\_2016.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/218716/Obsah_JPP_AP_I_2016.pdf) [citováno 2020-10-13].

\* \* \*



## 7. Seznam publikací, které předcházely metodice (za období od roku 2016)

DUBSKÝ M., REICH J., NÁROVCOVÁ J., ŠLEMENDA, P., VALENTA J. 2022. Granulovaná směšná hnojiva pro lesní školky. *Zahradnictví*, 21 (10): 44–46. (Výstup za TH02030785)

NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V. 2016. Zjišťování parametrů půdní úrodnosti v lesním školkařství České republiky. In: Sušková M. (ed.): *Lesné semenárstvo, škôlkarstvo a umelá obnova lesa 2016*. Zborník príspevkov. Liptovský Ján, 22. a 23. júna 2016. Snina, Združenie lesných škôlkarov Slovenskej republiky 2016: [nestr.]. (Výstup za TA04021467)

NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V. 2022. Vybrané aktivity Výzkumné stanice Opočno na úseku inovací systémů hnojení půd v lesních školkách. In: Kostelníková J. (ed.): *Aktuální problematika lesního školkařství ČR v roce 2022*. Sborník příspěvků ze semináře. [Kutná Hora, 7. 9. 2022]. Čáslav, Sdružení lesních školkařů ČR: 46–51. (Výstup za TH02030785 a MZE-RO0118)

NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., NĚMEC P. 2016. *Optimalizace hnojení a hospodaření na půdách lesních školek*. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 60 s. – Lesnický průvodce 7/2016. (Výstup za TA04021467)

NÁROVCOVÁ J., NĚMEC P. 2017. Kultury zeleného hnojení v soustavách hospodaření na půdách lesních školek. In: Martinec P. (ed.): *Hospodaření s půdou ve školkařských provozech*. Sborník příspěvků. Třebíč a Čikov, 14. a 15. června 2017. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR: 41–48. (Výstup za TA04021467)

NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., DUBSKÝ M., REICH J., VALENTA J. 2020. *Efektivní užití nových granulovaných směšných hnojiv typu NKMg v lesních školkách*. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice 2020. 30 s. (Výstup za TH02030785)

NÁROVEC V. 2016. Využívání agrochemické půdní kontroly v lesním školkařství České republiky. In: Martinec P. (ed.): *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. II. Intenzifikační opatření v lesních školkách*. Sborník příspěvků. Řečany nad Labem, 6. 9. 2016. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR: 43–50. (Výstup za TA04021467)

NÁROVEC V. 2017. *Východiska pro návrhy soustav hnojení a hospodaření na půdách lesních školek*. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 80 s. (Výstup za TA04021467)

NÁROVEC V. 2022. *Kapitoly o sazenicích a půdách v lesních školkách*. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: (in press). (Výstup za TH04030346 a MZE-RO0118)

NÁROVEC V., NĚMEC P., NÁROVCOVÁ J. 2017. *Metodická doporučení pro diagnostiku půd v lesních školkách*. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice 2017. 28 s. (Výstup za TA04021467)

VALENTA J., ŠLEMENDA P., TUPEC D., NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., DUBSKÝ M., REICH J. 2020. *Granulované hnojivo typu NKMg pro lesní školky*. Zapsaný užitný vzor č. CZ 34690. Datum zápisu užitného vzoru 22. 12. 2020. Praha, Úřad průmyslového vlastnictví: 6 s. (Výstup za TH02030785)

## 8. Dedikace

Metodika „*Použití hnojiv se zeolity v lesním školkařství*“ je výsledkem řešení výzkumného projektu **TH04030217 „Hnojiva se zeolity pro lesní hospodářství“**, který v letech 2019 až 2022 v rámci *Programu na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje EPSILON* (Podprogram 3 – Životní prostředí) podpořila Technologická agentura České republiky. Naplňuje závazek řešitelského týmu na vypracování aplikovaného výstupu kategorie Nmet, schváleného příslušným orgánem státní správy (termín dosažení výsledku TH04030217-V3: listopad 2022).

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

a. s.	akciová společnost
AZZP	agrochemické zkoušení zemědělských půd
cf.	lat. <i>confer</i> (ve významu <i>srovněj</i> )
cit.	citováno
Č. j. (č. j.)	číslo jednací
č. ž.	čisté živiny
ČR	Česká republika
ČSN	česká technická norma (dříve označení pro československé státní normy)
ed. (eds.)	editor (sestavovatel/é sborníku)
et al.	lat. <i>et alii</i> , odpovídající českému „a jiní“
EU	Evropská unie
EZ	ekologické zemědělství
GSH	granulovaná směsná hnojiva (nebo někde též granulárna směsných hnojiv)
ibid.	lat. <i>ibidem</i> (ve významu <i>tamtéž</i> )
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IUFRO	Mezinárodní svaz lesnických výzkumných organizací
chem. ekv.	chemický ekvivalent
kol.	kolektiv
KVK	kationtová výměnná kapacita
lat.	latinsky
LH	lesní hospodářství
MZe	Ministerstvo zemědělství
OLH	odborný lesní hospodář
orig.	originální (ve smyslu <i>původní bibliografický pramen</i> )
PSM	prostokořenný sadební materiál
SAPS	jednotná platba na plochu zemědělské půdy ( <i>Single Area Payment Scheme</i> )
SMLD	sadební materiál lesních dřevin
TAČR	Technologická agentura České republiky
TEI	technicko-ekonomická informace
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem
VS	výzkumná stanice
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
VÚKOZ	Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví
VÚLHM	Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti
v. v. i.	veřejná výzkumná instituce
ZH	zelené hnojení (tj. zaorávání zelených rostlin do půdy)
ZoH	zákon o hnojivech
zkr.	zkratka

---

## Příloha (vypracoval M. Dubský)

Detailní vyhodnocení agrochemických vlastností půd na třiceti vybraných pěstebních plochách v osmi školkařských střediscích (Česká Lípa, Česká Lípa – Borek, Tišice, Tišice – Jezero, Hostinné, Vlčí Luka, Planá nad Lužnicí, Planá nad Lužnicí – Soukeník). Porovnání obsahu přijatelných živin stanovených metodou *Mehlich III* a KVK-UF (dle MATULA 2007). U třinácti vzorků byla pro porovnání stanovena i KVK podle metody ISO/DIN 11260.

**Tabulka 18:** Chemické vlastnosti modelových půd lesních školek, výměnná reakce pH (výluh CaCl<sub>2</sub>, ISO 10390), obsah přijatelných živin stanovený metodou *Mehlich III* (M) a KVK-UF (K), kationtová výměnná kapacita (KVK) stanovena metodou KVK-UF a ISO/DIN 11260.

vzorek	pH <sub>CaCl2</sub>	Obsah přijatelné živiny v mg/kg zeminy								KVK	
		P		K		Mg		Ca		mmol/kg	
		M	K	M	K	M	K	M	K	KVK-UF	ISO
Č. Lípa	5,8	159	30,6	211	175	207	154	2 152	1 198	115	148
Borek	5,5	132	36,8	156	129	76	56	1 351	804	74	112
Triangl	5,9	336	53,8	222	217	141	98	2 157	1 115	103	176
Jezero	6,8	181	46,9	74	55	51	33	1 406	721	42	74
Hostinné	5,2	54	10,3	124	91	219	162	1 960	1 085	117	152
Vlčí Luka 1	3,8	138	54,4	53	50	16	12	210	83	85	123
VL2	4,5	200	52,1	99	91	68	54	963	474	115	165
VL3	4,5	83	17,0	58	56	68	49	827	440	105	
VL4	4,2	189	60,5	84	74	23	17	505	191	92	131
VL5	4,5	165	45,5	44	37	19	14	399	147	89	
VL6	3,7	124	51,0	55	54	18	15	225	65	119	129
VL7	3,7	174	63,9	32	31	21	15	332	120	91	142
VL9	4	154	47,4	58	51	39	30	703	306	121	174
VL2 var. K	4,3	189	45,5	35	35	30	21	150	62	71	
VL2 var. Z	4,3	197	50,0	88	124	35	27	211	112	86	
VL2 var. V	4,2	208	45,6	125	156	34	39	226	210	56	
Planá 2	4,9	146	28,9	108	91	150	112	1 422	777	116	
PL3	5,4	97	17,6	209	168	218	166	1 791	1 068	125	171
PL4	5,2	80	12,5	190	139	205	153	1 499	902	121	162
PL4	5,5	110	15,4	152	130	287	235	2 060	1 266	151	
PL5	5,1	120	19,5	143	117	185	144	1 728	1 021	137	
PL7	5,6	133	15,4	193	156	295	236	2 427	1 376	147	
PL8	4,8	121	19,8	96	85	113	80	992	527	99	
PL9	4,7	29	7,0	125	95	92	67	779	445	83	94
Soukeník-PL10	5	184	32,0	212	179	73	54	1 220	683	94	98
PL10b	4,9	205	49,9	249	210	140	112	859	542	96	
PL10c	5,2	134	23,1	91	73	34	17	610	268	56	
PL10 var. K	4,6	233	57,0	160	145	80	38	342	159	60	
PL10- var. Z	4,5	231	58,0	158	156	64	40	383	174	63	
PL10-var. V	4,6	214	53,4	179	168	62	44	406	256	72	

**Vysvětlující poznámka:** Podbarvené výsledky uvádí rovněž Tab. 3 a data blíže rozvádí též kap. 2.2.3 (s. 12–14).