

# Teplotní podmínky, spotřeba energie ventilátory a ekonomika výroby mléka

Ve velkokapacitní stáji pro 372 vysokoprodukčních dojnic holštýnského plemene byl sledován vliv teplotních podmínek v letních měsících na spotřebu elektrické energie nutné pro provoz technologie nuceného větrání, resp. na náklady větrání na vyrobený litr mléka. Ve sledované stáji byly v podélné ose nad středem sekcí dojnic umístěny dvě řady velkokapacitních ventilátorů. Byla měřena spotřeba elektrické energie na provoz obou větví ventilátorů a mikroklimatické podmínky uvnitř obou sekcí a venku. Systém nucené ventilace byl v provozu od dubna do října. Zjištěná denní spotřeba energie významně koreluje s průměrnou denní venkovní teplotou ( $r = 0,87088$ ). Průměrné měsíční náklady na elektrickou energii spotřebovanou na provoz nucené ventilace za dobu sledování odpovídají průběhu průměrných měsíčních teplot. Nejvyšší spotřeba byla v červenci, kdy náklady dosahovaly necelých 12 tis. Kč. V nákladech na litr nadojeného mléka to představuje částku 0,041 Kč, což je asi pouze 0,6 % celkových nákladů na výrobu jednoho litru mléka.

**Klíčová slova:** dojnice, nucené větrání, teplotní stres, welfare, mléko

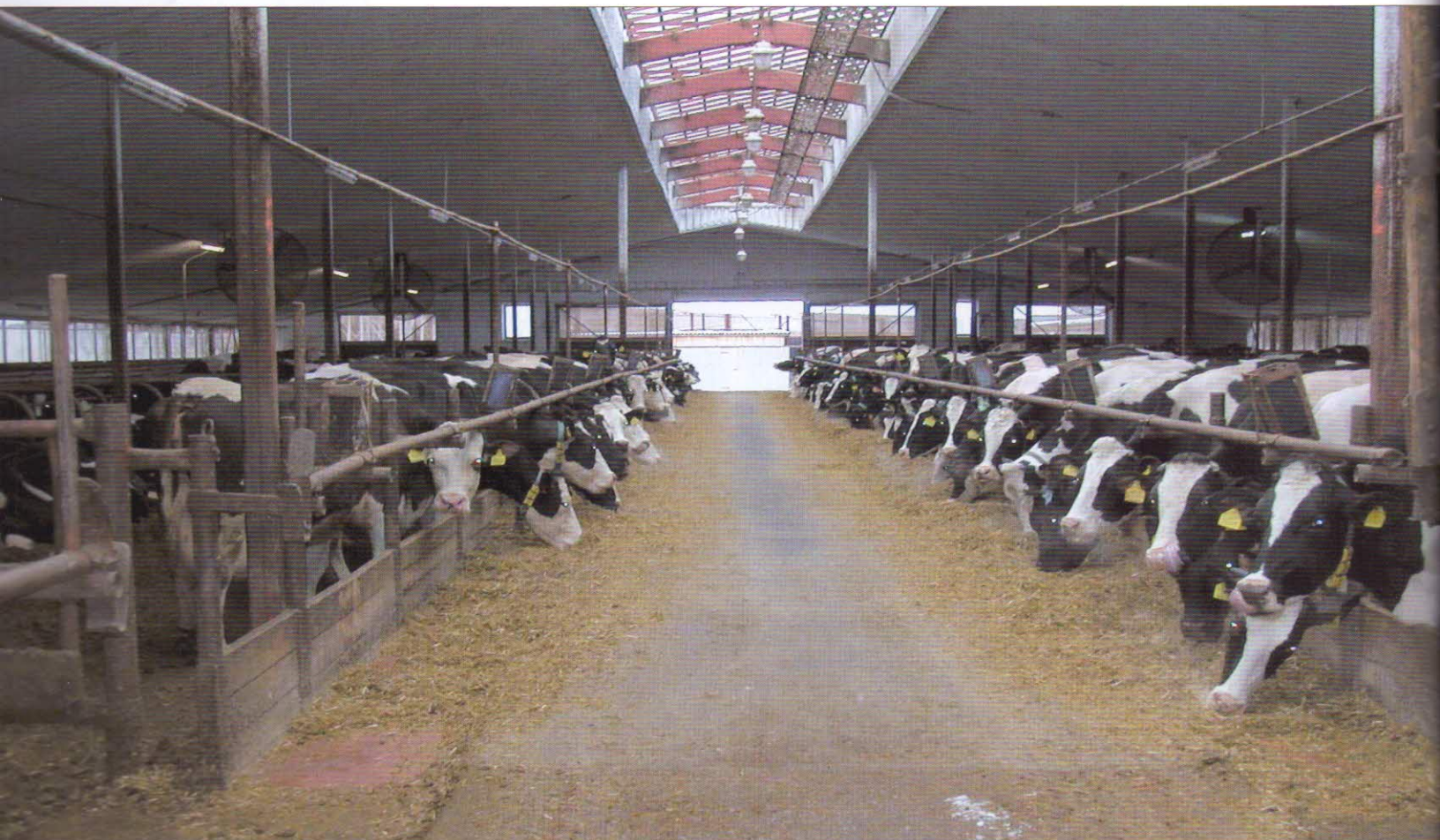
## Abstract

In a barn for 372 high-yielding Holstein cows, we observed the effect of temperature conditions in the summer on energy consumption

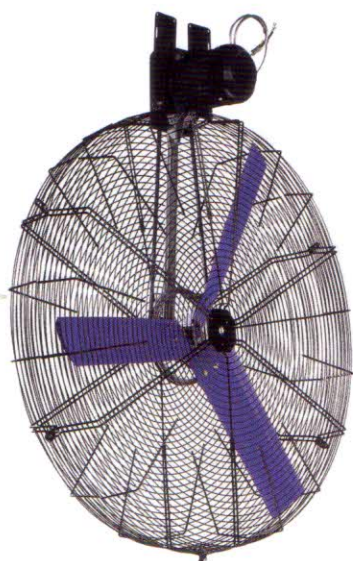
of forced ventilation, resp. ventilation costs per 1 liter of produced milk. In the barn, above the middle of sections of dairy cows in the longitudinal axis, there was placed two rows of high capacity fans. We measured energy consumption of both rows of fans and microclimatic conditions inside both sections and outdoors. Forced ventilation was operated from April to October. Daily energy consumption significantly correlated with average daily outdoor temperature ( $r = 0.87088$ ). The average monthly electricity costs of forced ventilation are corresponding to the average monthly temperatures. The highest energy consumption was observed in July, when costs were almost 12 thousand CZK. It was 0.041 CZK per 1 liter of milk, it represents only 0.6 % of total costs per 1 liter of produced milk.

**Keywords:** dairy cow, forced ventilation, heat stress, welfare, milk

Pro zlepšení efektivity výroby mléka v chovu dojnic je důležité vytvořit zvířatům optimální chovné podmínky a minimalizovat stresové faktory. Klimatické podmínky ve stáji, zejména teplotně-vlhkostní poměry a rychlost proudění vzduchu, jsou právě jedním z klíčových faktorů ovlivňujících užitkovost a zdravotní stav dojnic. V letních měsících jsou vlivem působení vysokých denních teplot spojených s velkou intenzitou sluneční radiace chovaná zvířata vystavena teplotnímu stresu. Ohrožena jsou zejména



Obr. 1 – Sledovaná stáj s holštýnskými dojnicemi



Obr. 2 – Sledovaný ventilátor

zvířata s vysokou užitkovostí, se kterou souvisí velká produkce metabolického tepla. Termoneutrální zóna vysokoužitkových dojnic s nádojem okolo 10 000 kg mléka/laktaci se pohybuje v rozsahu 0–16 °C. Vlivem teplotního stresu u těchto dojnic může docházet k významnému poklesu nádoje (Doležal, 2009; Cox, 2012; Koopmann, 2015). Mikroklimatické podmínky neovlivňují pouze užitkovost, ale negativně se promítají i do welfare, zdravotního stavu zvířat a kvality produkce. Vlivem teplotního stresu dochází k nárůstu počtu somatických buněk v mléce. K eliminaci těchto nežádoucích vlivů se do stájí umísťují ventilátory, které mohou při extrémních teplotních podmínkách zlepšit odvod metabolického tepla zvířat a snížit tak tepelný stres dojnic. Ventilátory nejenže zvýší proudění vzduchu ve stáji, ale také výměnu vlhkého a „vydýchaného“ vzduchu ve stáji za méně vlhký a čerstvý venkovní vzduch, čímž dojde ke snížení teplotně vlhkostního indexu stájového vzduchu. Použití ventilátorů pro úpravu mikroklimatických parametrů je spojeno vedle investičních nákladů na jejich pořízení a instalaci ve stáji také se značnými náklady na jejich provoz, především s náklady na elektrickou energii.

V rámci výzkumných prací řešitelského týmu VÚZT byla v letech 2011 až 2015 sledována a vyhodnocována spotřeba elektrické energie ventilátorů v závislosti na teplotě uvnitř stáje

a venku a určení jejího podílu na nákladech na jeden litr mléka. Sledování probíhalo v modernizované produkční stáji, kde jsou chovány dojnice holštýnského plemene.

### Materiál a metody

Pro sledování vlivu teplotních podmínek na spotřebu elektrické energie spotřebované ventilátory v průběhu roku a vlivu této spotřeby na ekonomiku výroby mléka byla vybrána stáj na přední farmě ve Středočeském kraji. Ve stáji jsou umístěny vysoko-produkční dojnice holštýnského skotu s průměrným denním nádojem mléka 25 l/den. Stáj je rozdělena do šesti sekcí s celkovým počtem zvířat 372 kusů. Základní kapacitní a rozměrové parametry stáje jsou uvedeny v tabulce 1.

### Technické parametry ventilátorů

Ve stáji je umístěno 12 ventilátorů o průměru 1,3 m se jmenovitým příkonem 1,3 kW. Jmenovité otáčky ventilátorů jsou 550 ot/min a úroveň hluku 67 dB. Klíčovým parametrem co se týká výměny vzduchu je výkonost ventilátoru ve výši 48 500 m<sup>3</sup>/h. Udávaná specifická účinnost výměny 1000 m<sup>3</sup> vzduchu výrobcem je 26,2 W/h.

Ventilátory jsou rozmístěny ve dvou řadách podélně nad středem sekcí ve výšce 4 m nad roštem v rozestupech asi 14 m. V obou řadách je osazeno shodně šest ventilátorů. Schéma roz-

Tab. 1 – Základní parametry sledované stáje

Sestiřadé uspořádání se středovým krmným stolem		
Kapacitní údaje		
Ustajovací místa ve stáji	ks	372
Ustajovací místa ve skupině	ks	4 x 58 + 2 x 70
Počet skupin	ks	6
Základní rozměrové parametry		
Délka stáje	m	92
Rozpon stáje	m	29,0
Plocha stáje	m <sup>2</sup>	2653,5
Měrná plocha stáje	m <sup>2</sup> /ks	7,13
Podokapní výška	m	2,66
Hřebenová výška	m	5,4
Průměrná výška stáje	m	4
Vnitřní objem stáje	m <sup>3</sup>	10693,6
Měrný vnitřní objem stáje	m <sup>3</sup> /ks	28,7
Měrný vnitřní objem stáje (700 kg ž. hm.)	m <sup>3</sup> /100 kg ž. hm.	4,11
Převýšení střechy	m	2,7
Sklon střechy	° (%)	10

místění ventilátorů je uvedeno na obr. 3. Na příčném řezu je levá strana stáje orientována na východ a pravá strana stáje na západ.

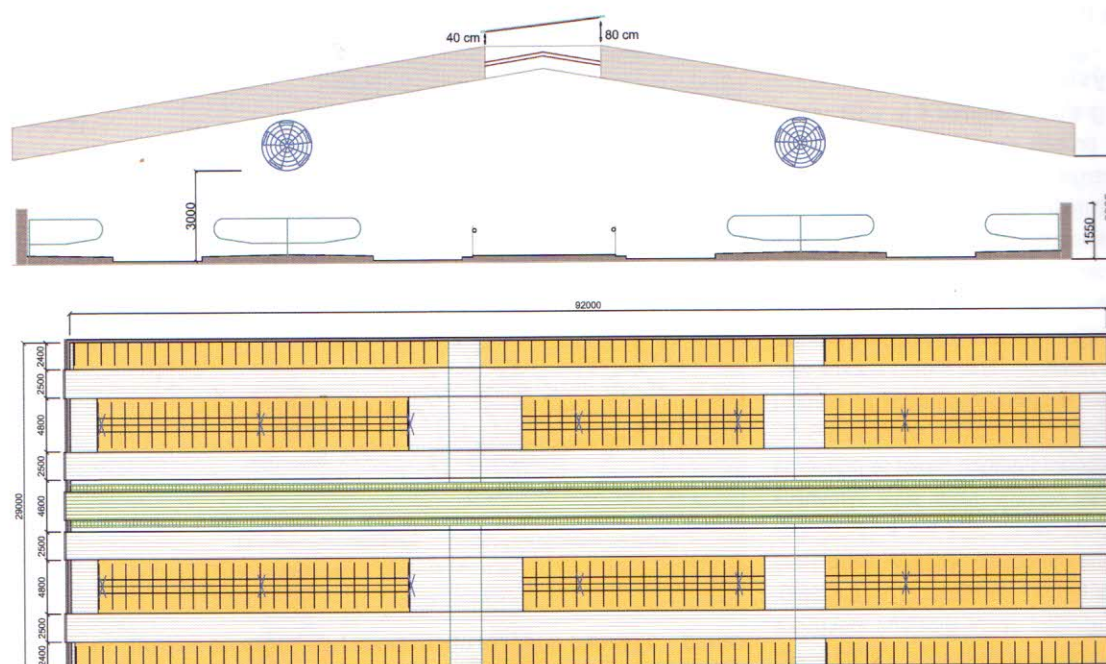
Spouštění ventilátorů je spínáno časovým spínačem. Systém ventilace má také teplotní/výkonovou regulaci:

1. rychlostní stupeň <22 °C, 350 ot/min (12 000 m<sup>3</sup>/h),
2. rychlostní stupeň 22–24 °C, 750 ot/min (26 000 m<sup>3</sup>/h),
3. rychlostní stupeň >24 °C, 1390 ot/min (48 500 m<sup>3</sup>/h).

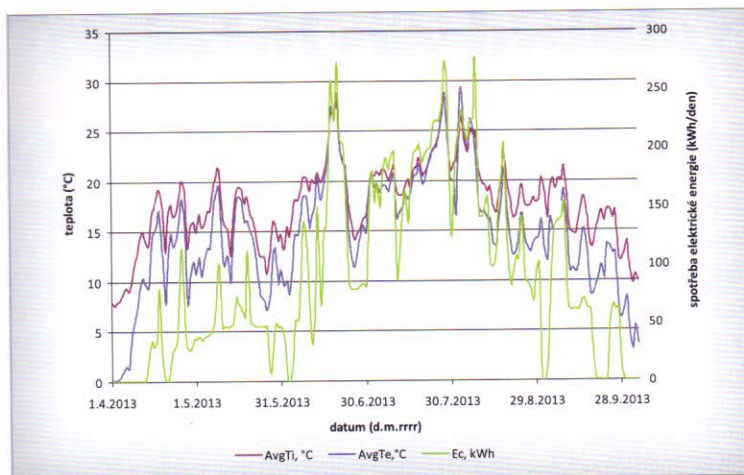
Program spínání systému ventilace je možné operativně nastavit podle mo-

mentální potřeby; v ranních a večerních hodinách byly ventilátory spínány střídavě, přes poledne byly ventilátory zapnuty nepřetržitě. V extrémních teplotních podmínkách byly spuštěny i přes noc.

Pro stanovení spotřeby elektrické energie byly sledovány obě větve (východní a západní) umístěných ventilátorů zvlášť, z obou spotřeb byla následně dopočítána celková spotřeba elektrické energie. Spotřeba elektrické energie byla sledována pomocí osazených elektroměrů s impulsním výstupem a záznamníky impulsů fir-



Obr. 3 – Půdorys a příčný řez sledované stáje s rozmístěním ventilátorů



Obr. 4 – Průběh denní spotřeby el. energie na nucené větrání a průměrných denních teplot uvnitř velkokapacitní stáje pro dojnice a venku

my Comet S7021. Interval odečítání impulsů byl nastaven na 15 minut.

V současné době je na farmě v provozu bioplynová stanice, z toho důvodu by bylo stanovení provozních nákladů na spotřebu ventilátorů složité, proto byla modelově použita průměrná cena za dodávky elektřiny v předchozích letech 3 Kč/kWh.

Pro sledování mikroklimatických podmínek uvnitř stáje a venku (teplota, relativní vlhkost vzduchu a rosý bod) byly použity opět záznamníky firmy Comet R3120. Vnitřní záznamníky byly umístěny ve výšce 4 m nad roštem v ose umístěných ventilátorů poblíž teplotních čidel výkonové regulace obou větví ventilátorů. Venkovní čidlo bylo umístěno v těsné blízkosti stáje pod přístřeškem ve výšce 2 m. Interval záznamu měřených dat byl nastaven na 15 minut.

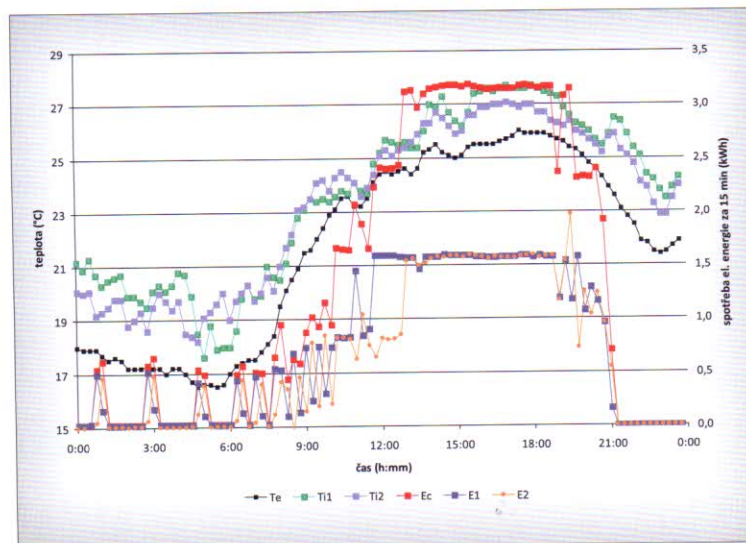
### Výsledky

V grafu na obrázku 4 je vidět sezónní průběh denní spotřeby elektrické energie na nucené větrání ( $E_c$ ) a průměrných denních teplot uvnitř velkokapacitní stáje ( $avgT_i$ ) pro dojnice a venku ( $avgT_e$ ) za rok 2013. Nucené větrání stáje bylo ve sledovaném roce zahájeno na začátku dubna a ukončeno začátkem října. Provoz nucené ventilace byl zahájen přibližně při nárůstu průměrných denních teplot nad 5 °C. V období vysokých teplot se průměrná denní teplota uvnitř stáje vyrovnává teplotě venkovní, s tím koreluje spotřeba elektrické energie ventilátory (koeficient korelace  $r = 0,87088$ ). Maximální denní spotřeba elektrické energie se pohybovala v extrémních případech, kdy ventilátory běžely

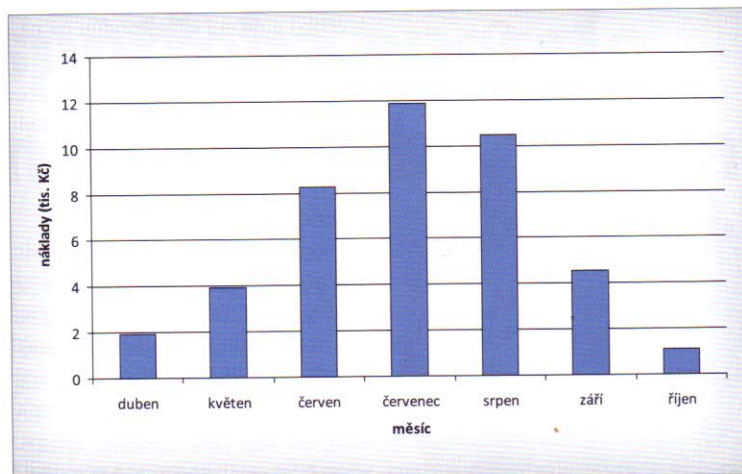
i přes noc, okolo 275 kWh. Při poklesu průměrných denních teplot venku pod 5 °C začátkem října byl provoz nucené ventilace ukončen. Poklesy v denní spotřebě nekorelují s vyšší průměrné denní teploty byly způsobeny technologickými odstávkami.

V grafu na obr. 5 je vidět typický denní průběh spotřeby el. energie na nucené větrání za 15 minut a teploty vzduchu velkokapacitní stáje pro dojnice a venku, kde:

- $E_c$  je celková spotřeba el. energie na ventilátory,
- $E_1$  je spotřeba el. energie na ventilátory umístěné ve východní větvi,
- $E_2$  je spotřeba el. energie na ventilátory umístěné v západní větvi,
- $T_e$  je venkovní teplota,
- $T_{i1}$  je vnitřní teplota na východní straně stáje,
- $T_{i2}$  je vnitřní teplota na západní straně stáje.



Obr. 5 – Typický denní průběh spotřeby elektrické energie na nucené větrání a průběh teploty vzduchu uvnitř velkokapacitní stáje pro dojnice a venku



Obr. 6 – Průměrné měsíční náklady na elektrickou energii provozu ventilátorů ve velkokapacitní stáji pro dojnice

Na průběhu grafu je vidět funkce časové a výkonové regulace ventilátorů, kdy je v nočních a ranních hodinách provoz ventilátorů spouštěn střídavě a v odpoledních hodinách, kdy při nárůstu teploty běží ventilátory nepřetržitě na maximální výkon. Maximální spotřeba elektrické energie za 15 minut provozu nucené ventilace v odpoledních hodinách je 3,188 kWh, teplotní maximum venku je 26 °C a uvnitř 27,5 °C.

Průměrné měsíční náklady na energii spotřebovanou na provoz systému nucené ventilace za dobu sledování odpovídají průběhu průměrných měsíčních teplot. Nejvyšší spotřeba byla v červenci, kdy náklady dosahovaly necelých 12 tis. Kč. V nákladech na litr nadojeného mléka to představuje částku 0,041 Kč, což je pouze asi 0,6 % celkových nákladů na výrobu jednoho litru mléka.

### Závěr

S ohledem na zjištěné poznatky lze považovat použití ventilátorů ve velkokapacitních stájích pro dojnice jako vhodné opatření vedoucí k eliminaci teplotního stresu v letních měsících. Jejich použití lze doporučit zvláště ve stájích, které jsou nevyhovující z důvodu nedostatečné tepelné izolace a prostupu tepla z venkovního prostředí střechou pláštěm a obvodovými zdmi dovnitř stáje. Spotřeba elektrické energie na provoz ventilátorů zatěžuje celkové náklady na výrobu mléka zanedbatelně ve srovnání s cenou ostatních vstupů. Vezmeme-li v úvahu, že vlivem teplotního stresu v letních měsících může dojít k poklesu nadoje až o několik desítek procent, pak jsou náklady na provoz ventilátorů ve stáji velmi efektivně vynaloženými prostředky. Technologie nucené ventilace ve stájích lze doplnit i o systém evaporačního ochlazování, který ochlazovací účinek nucené ventilace zvyšuje. Při návrhu novostaveb stájí je účelné použít z důvodu omezení hlavní příčiny teplotního stresu, a to prostupu tepla střechou pláštěm, tepelnou izolaci. U takto navržené stáje je daleko snazší použitím nucené ventilace zajistit dostatečnou výměnu vzduchu a odvod metabolického tepla z prostoru stáje.

Tento článek vznikl v rámci institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj VÚZT, v. v. i., RO0615 a byl recenzován.

Ing. Josef Šimon, Ph.D.,  
doc. Ing. Jiří Vegrícht, CSc.  
Výzkumný ústav zemědělské  
techniky, v. v. i., Praha 6 – Ruzyně